

# CLB

*Chemie in Labor und Biotechnik*

Analytik

Biotechnik

Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung



- Mobile SCR-Technologie
- Lavendel

- Gewürzpflanzen
- Gefährliche Substanzen

## Die chemische Industrie in den USA

### I Kunststoffe - Fasern - Agrarchemie

Von Dr. Richard L. Kenyon

Der Verfasser, Hauptschriftleiter für Publikationen der *American Chemical Society* aus dem Gebiet der angewandten Chemie, behandelt in einer Artikelserie wichtige Neuschöpfungen der amerikanischen chemischen Industrie.

Die Forschung und die technische Auswertung wissenschaftlicher Forschungsergebnisse sind auch in den Vereinigten Staaten die Grundpfeiler der chemischen Industrie, die zu den größten Sektoren der Wirtschaft des Landes zählt. Ihr Umsatz betrug im Jahr 1960 etwa 28 Mrd. Dollar, wobei die jährliche Wachstumsrate erfahrungsgemäß mit 5 bis 8 Prozent veranschlagt werden kann.

Im Interesse eines kontinuierlichen Wachstums der chemischen Produktion, die jedes Jahr 400 bis 500 neue Erzeugnisse herausbringt, werden durchschnittlich 3% des Umsatzes in die Forschung gesteckt. Das sind nach dem gegenwärtigen Stand etwa 800 Millionen Dollar. Allerdings variiert dieser Anteil. So wendet die pharmazeutische Industrie heute bis zu 6 und 7% für Forschungszwecke auf, einzelne Unternehmen anderer Sparten womöglich noch mehr.

Entgegen der Tendenz in der übrigen amerikanischen Industrie, bei Neuinvestitionen Zurückhaltung zu üben, werden die Neuinvestitionen der chemischen Industrie 1960 und 61 etwa 3,55 Mrd. Dollar ausmachen. Kunststoffen, synthetischen Fasern und Synthesegummi gilt dabei die größte Aufmerksamkeit.

#### Kunststoffe

Eines der vielseitigsten Erzeugnisse ist Polyäthyl. Die Polyäthylproduktion nahm im letzten Jahrzehnt um gut 25% pro Jahr zu. Die Vielfalt der daraus hergestellten Materialien ist so groß, daß sich nur noch der Fachmann darin zurechtzufinden vermag. Folien und Filme für die Verpackungsindustrie sowie für die Bau- und Agrarwirtschaft machen den Hauptanteil aus. Es folgen gepreßte Produkte wie Röhren und Drahtummantelungen. Polyäthyl kann als Schutzmaterial auf die verschiedensten Stoffe aufgebracht und beispielsweise auch direkt auf Papier gespritzt werden. Nicht minder bedeutsam ist die Kategorie der Erzeugnisse, die als Haushaltswaren und Spielzeug Verwendung finden, und der geblasenen Hohlkörper wie Flaschen und andere Gefäße.

Dem Polyäthyl chemisch verwandt ist das ebenfalls aus einem Erdölderivat gewonnene Polypropylen. Auf Grund seiner besonderen Eigenschaften ist es sowohl für die Erzeugung von Folien, Spritzguß- und Hohlformteilen, als auch für die Faserherstellung (z. B. Teppichindustrie) geeignet.

Fluorhaltige Kunstharze sind zwar schon länger bekannt, jedoch wurden erst in den letzten Jahren Methoden entwickelt, um sie zu Fertigwaren weiter-

verarbeiten zu können. 1960 belief sich die Produktion fluorhaltiger Kunststoffe auf etwa 5400 t; man schätzt, daß sie sich bis 1965 auf 18000 bis 20000 t erhöhen wird. 75% davon werden zu Strangpreß- und Spritzgußteilen, 20% zu Formpreßteilen verarbeitet. Gegenüber chemischen Angriffen sind diese schwer entflammbar, aus denen auch Folien und Fasern hergestellt werden, außerordentlich widerstandsfähig.

Großes Interesse finden ferner Formaldehyd-Massen. Seit vor fünf Jahren erstmals Polyformaldehyde in der Kunststoffproduktion verwendet wurden, hat man 600 verschiedene Anwendungsmöglichkeiten ausfindig gemacht. Sie werden vermutlich einige der bisher gebräuchlichen Kunstharze und in gewissen Fällen sogar Stahl, Messing und Gußmetalle verdrängen.

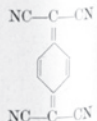
Polycarbonate haben in USA erst im vergangenen Jahr auf dem Markt Eingang gefunden. Dieses harte, zähe Material wird gegenwärtig meist für Preßteile, beispielsweise Telefonapparate, Gehäuse für kleine elektrische Ausrüstungen und ähnliches verwendet; es eignet sich überdies zur Verarbeitung nach dem Spritzgußverfahren und wahrscheinlich auch für Fasern.

Polyurethane setzen sich in den Vereinigten Staaten immer mehr durch. Sie spielen nicht nur für die Herstellung von Schaumstoffen und Schwämmen, sondern auch als Material für die Anwendung des Preßspritzverfahrens eine immer wichtigere Rolle.

Trotz dieser Neuentwicklungen haben die bewährten Materialien aus der Gruppe der Vinyl- und Acrylharze keineswegs an Bedeutung eingebüßt. In der Kunststoffforschung auf dem Gebiet hitzebeständiger Polymere bahnen sich aussichtsreiche Entwicklungen an. Polybenzimidazole beispielsweise können in Stickstoffatmosphäre einer Temperatur von 600 °C ausgezeichnet widerstehen und zerfallen erst völlig bei 900 °C. Nach Angaben der *Minnesota Mining & Manufacturing Co.* ist es sogar möglich, organische Polymere herzustellen, die bis 10000 °C beständig sind.

Forschungsarbeiten an der *Harvard-Universität* führten u. a. zur Entwicklung von vernetzenden Polymerisationsharzen, deren Moleküle ein Gerüst aus Silicium- und Stickstoffatomen besitzen. Es ist anzunehmen, daß aus solchen Materialien nicht nur elastische Massen, sondern auch eine Vielzahl anderer Stoffe mit interessanten Eigenschaften hergestellt werden können. Am *Southern Research Institute* in Birmingham (Alabama) versucht man, unter Verwendung des gleichen oder eines sehr ähnlichen chemischen Aufbaus Polymerisationsmassen mit hoher Warmfestigkeit zu entwickeln.

Große Bedeutung erhofft man von organischen polymeren Stoffen, die elektrisch leitend sind, — Bedeutung vor allem deshalb, weil sie unempfindlich gegen Korrosion und von geringem Gewicht sind, und weil man leicht mit ihnen umgehen kann. Die ersten organischen Feststoffleiter bestehen aus Salzen von Tetracyanochinodimethan, einem Erzeugnis der *Du Pont-Company*.



Die Chemie ist in den letzten 50 Jahren in eine Vielzahl von Bereichen eingedrungen. Nach dem 2. Weltkrieg war Deutschland zwar das Wirtschaftswunderland, aber aufgeschaut hat man zu den USA. Wie es damals dort um die Chemie bestellt war zeigt dieser und ein weiterer Artikel aus CLB-Ausgaben von 1962. Heute beträgt der Chemieumsatz der USA zwar 522 Milliarden Euro (2007; Quelle: Eurostat, Feri, ACC, VCI). Damit haben die Vereinigten Staaten einen Anteil am Weltchemieumsatz von 21,7 Prozent (Weltchemieumsatz 2007: 2,4 Billionen Euro). Deutschland hat einen Chemieumsatz von 178 Milliarden Euro (7,4 Prozent Weltmarktanteil). Die Stärke der deutschen Chemie zeigt sich jedoch im Export: Er hat für Deutschland mit 128 Milliarden Euro einen Weltmarktanteil von 12,4 Prozent. Die USA exportieren Chemieprodukte für 112 Milliarden Euro und haben damit einen Weltmarktanteil von 10,9 Prozent (weiter auf Umschlagseite 3).

#### Synthetischer Kautschuk

Butylkautschuk, dessen Anwendung bisher infolge seiner schlechten Wärmeableitung bestimmte Grenzen gesetzt waren, kann nun auch zu Autoreifen und Luftschläuchen verarbeitet werden. Die meistversprechende Entwicklung ist allerdings die Synthese von Naturgummi. Nach langjähriger Arbeit ist es jetzt gelungen, Isoprenmoleküle in der geometrischen Anordnung zu vernetzen, die für die Struktur von Naturgummi charakteristisch ist.

Ein Gebiet, auf dem synthetischer Kautschuk lange Zeit nicht konkurrieren konnte, war die Herstellung von Schaumgummi. Seit jedoch bei der *U. S. Rubber Co.* herausgefunden wurde, daß Polyvinylmethyläther für den Agglomerierprozeß bei Latexmassen benutzt werden kann, wird auch Schaumgummi aus synthetischen Stoffen in einem billigen, schnellen Verfahren erzeugt.

Die Naturkautschuk verarbeitende Industrie versucht, dieser Konkurrenz durch weitere Verbesserung ihrer Produkte zu begegnen. Sie bietet beispielsweise Naturgummisorten mit erhöhter Elastizität und hoher Zugfestigkeit an (*Goodyear Tire & Rubber Co.*), deren besondere Eigenschaften durch Bestrahlung von Naturlatex mit Gammastrahlen erzielt werden. Man hofft auch, mittels ionisierender Strahlung die Verarbeitungseigenschaften und die Lagerfähigkeit von Naturlatex sowie die Kompressionswerte von Naturlatex-Schaumgummi verbessern zu können.

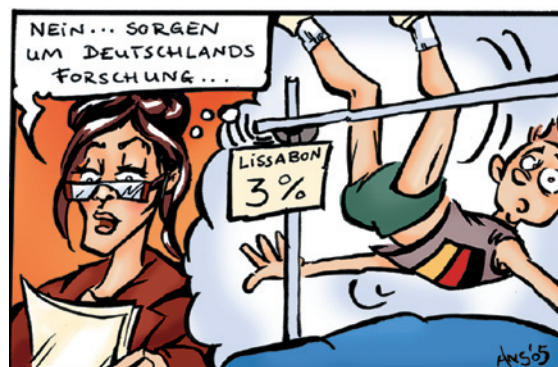
#### Synthetische Fasern

Obleich der Bedarf an Naturfasern noch immer mehr als doppelt so hoch wie der an synthetischen Fasern ist, wachsen deren Produktionsvolumen wie auch ihre Bedeutung von Jahr zu Jahr. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, daß ständig neue Polymerisationsstoffe mit günstigen Eigenschaften und neue Verfahren entwickelt werden, die es ermöglichen, sie zu Fasern zu verspinnen. Noch stehen Kunstseide und andere Fasern auf Cellulosebasis an der Spitze, jedoch drängen die Erzeugnisse aus anderen Ausgangsstoffen immer weiter nach vorn.

Nylon behauptet nach wie vor seine überragende Stellung unter den Polyamiden; an zweiter Stelle folgen die Acrylfasern samt ihren zahlreichen Abkömmlingen (Orlon u.a.m.), an dritter Stelle die Fasern auf Polyesterbasis (Dacron und neuere Produkte). Bei Polypropylen, dem jüngsten Erzeugnis auf dem Markt der Synthefasern, bleibt noch abzuwarten, welche Rolle es dort spielen wird. Die Schwierigkeiten beim Färben und bei anderen Veredelungsprozessen werden allmählich überwunden. Die zunehmende Beseitigung verarbeitungstechnischer Schwierigkeiten gilt auch für die feinen Glasfasern, die jetzt zu Fäden versponnen und zu sehr dauerhaften Geweben verarbeitet werden können. Inzwischen haben einige Firmen sogar die Herstellung von Metallfäden für feine Gewebe aus diesen Materialien in ihr Produktionsprogramm aufgenommen.

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

die Gesamtaufwendungen der Wirtschaft für Forschung und Entwicklung (F&E) sind 2007 um 2,8 Prozent auf 53,5 Milliarden Euro gestiegen. 2008 belaufen sich die F&E-Ausgaben nach den Planungen der Unternehmen auf 56,8 Milliarden Euro, ein deutlicher Anstieg um 6,2 Prozent. Für 2009 rechnen die Unternehmen bisher mit einer weiteren Anhebung um mehr als 5 Prozent auf 59,3 Milliarden Euro. Die Angaben beruhen auf einer Erhebung des Stifterverbandes bei 30 000 Unternehmen aus der ersten Jahreshälfte.



Das klingt ja alles ganz gut (siehe zu F&E-Ausgaben bei Bayer den Artikel ab Seite 471). Was 2009 und die Wirtschaftsflaute angeht muss ich jetzt aber wohl mit Goethes Faust sagen: Die Botschaft hör' ich wohl, allein mir fehlt der Glaube. Das sieht offenbar auch der Vizepräsident des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft und BASF-Vorstandsvorsitzende Jürgen Hambrecht so. Er richtete einen Appell an die deutsche Wirtschaft: „Boom wie Baisse haben in der Vergangenheit in den Forschungslabors der Wirtschaft ihre Spuren hinterlassen. Angesichts der sich abzeichnenden Konjunkturkrise müssen wir alles tun, um diesen Zusammenhang abzumildern.“ Die Unternehmen dürften nun trotz schrumpfender Märkte und sich leerender Auftragsbücher nicht an Forschung und Entwicklung sparen. Deutschland benötige mehr Investitionen in Wissenschaft, Bildung, Schulen, Universitäten und Infrastruktur. Diese Investitionen seien das beste Konjunkturprogramm.

Tatsache ist: Neue Märkte erschließt man sich insbesondere mit innovativen Produkten, die natürlich einen hohen Forschungsaufwand haben. Der Anteil der Unternehmens-F&E-Aufwendungen lag aber 2007 unverändert bei 1,77 Prozent des Bruttoinlandsprodukts. Die anderen Sektoren Staat und Hochschulen hatten in jenem Jahr ihre F&E-Aktivitäten auch nicht bedeutend ausgebaut. Damit setzte Deutschland unverändert insgesamt 2,54 Prozent des Bruttoinlandsprodukts (BIP) für Forschung und Entwicklung ein.

So wird wiederum die Lissabon-Messlatte gerissen, wohl auch 2009 und 2010. Dabei sollte Europa in zwei Jahren zum dynamischsten wissensbasierten Wirtschaftsraum der Welt werden. So hatten es die Staats- und Regierungschefs der EU-Mitgliedstaaten im Jahr 2000 in Lissabon beschlossen. Bis 2010 sollte der Anteil der F&E-Ausgaben auf 3 Prozent des Bruttoinlandsprodukts steigen, 2/3 als Leistung der Wirtschaft, 1/3 durch den Staat.

Erreicht hat dies Japan. Die asiatische Wirtschaftsmacht leistete 2006 F&E-Aufwendungen in Höhe von 3,39 Prozent des BIP, die USA schafften immerhin 2,61 Prozent.

Bei uns sollte also noch einiges geforscht werden, insbesondere auch, wo wir die Forscher für die Forschung herbekommen. Vielleicht helfen die trüben Wintertage, in denen man am liebsten im Bett bleiben würde, ja auch, um die Geburtenrate ein bisschen anzuheben...

Ich wünsche Ihnen frohe Festtage und trotz aller negativen Annahmen, die sich in einigen Fällen auch einfach nur als self-fulfilling prophecies darstellen könnten, ein glückliches und erfolgreiches Neues Jahr!

Ihr

### Hinweis in eigener Sache

Die Ausgaben der CLB erschienen bislang immer zum Ende eines Monats. Dies stellen wir mit einer Doppelausgabe CLB 01/02-2009 um. Sie erscheint am 30. Januar. In dieser Doppelausgabe wird auch das Jahresinhaltsverzeichnis 2008 erscheinen.

# INHALT

## Aufsätze

Mobile SCR-Technologie zur NO <sub>x</sub> -Reduktion modelliert mit einfachen Mitteln AdBlue, Dieselkat und Euro 4 bis 5 _____	448
Lavandula angustifolia: Heilpflanze des Jahres 2008 Die Chemie des Lavendelduftes _____	462
Pflanzenchemie im Experiment, Teil 2: Gewürzpflanzen Appetit-anregend und antibakteriell _____	468

## Rubriken

Editorial _____	441
Impressum _____	443
F & E im Bild _____	443
Unternehmen _____	444
Personalia _____	446
Förderungen / Preise _____	447
Aktuelles Ereignis _____	471
Forschung und Technik _____	473
Umfeld Wissenschaft _____	475
Literatur _____	477
Neue Produkte _____	478
Bezugsquellenverzeichnis _____	479

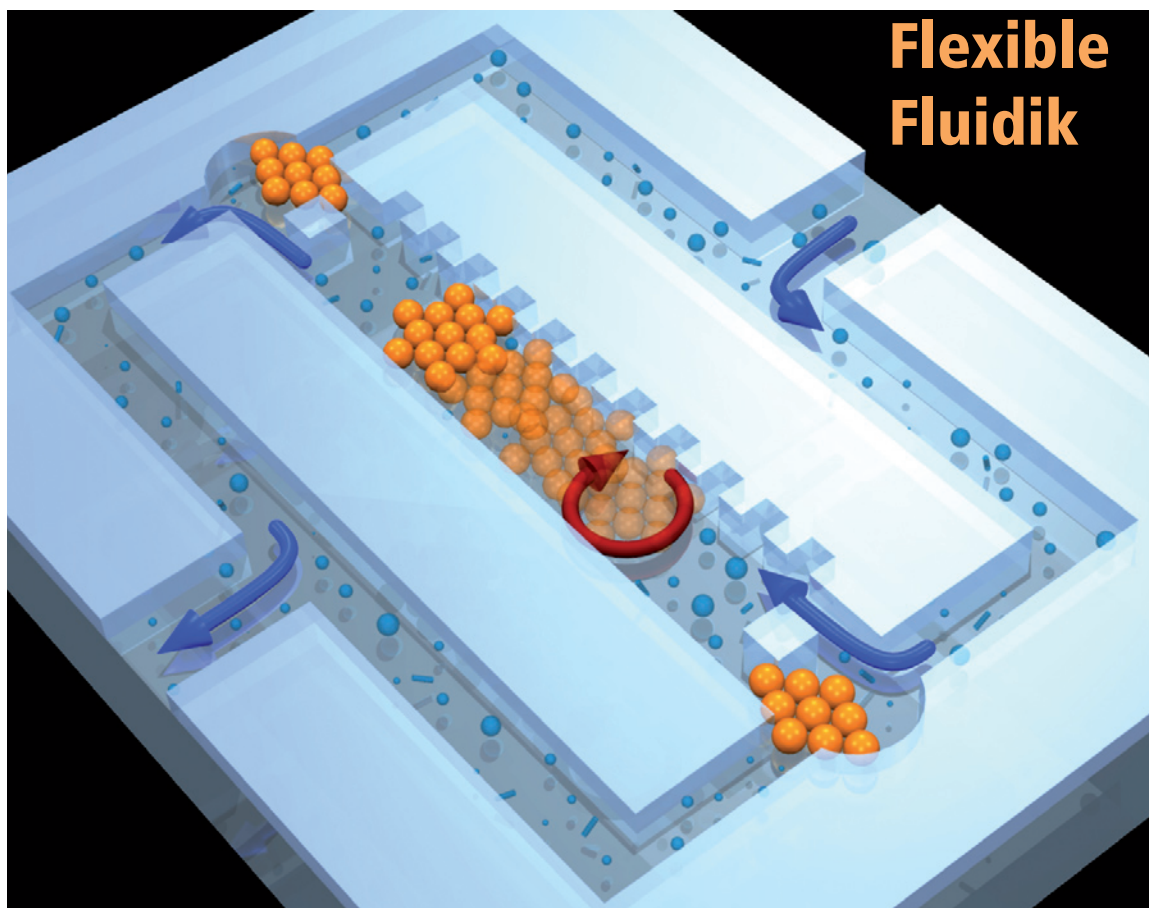


**Zum Titelbild:**  
Mit AdBlue in Kombination mit SCR-Katalysatoren erreichen Nutzfahrzeuge Euro 5 (siehe den Artikel ab Seite 448; Foto: Obendrauf).

## CLB-Memory

Nützliche Ratgeber 140 Von Imprägniersprays und Tattoorentfernern – Dokumentation der Vergiftungen 2007 _____	M89
Europaweite Trainings vermitteln Potenziale geschlossener Abwasserkreisläufe für die regionale Wertschöpfung Biomasseproduktion mit Abwässern löst Wasser- und Düngerengpässe _____	M90
Sicherheit im Umgang mit gefährlichen Substanzen Vorausschauend und mit Sachkenntnis arbeiten _____	M92
Polymere: Überblick Mehrere richtige Antworten sind möglich _____	M96

Wissenschaftler der Universität Stuttgart sowie der Colorado School of Mines haben jetzt eine neue Mikrofluidik-Technik entwickelt. Sie schleusen Plastikkügelchen von knapp fünf Mikrometern Durchmesser in die Kanäle und Hohlräume auf einem Siliciumchip. Da die Partikel Eisenoxid enthalten, lagern sie sich zusammen, wenn sie durch ein äußeres Magnetfeld magnetisiert werden. Mit vier Spulen formen die Wissenschaftler das Magnetfeld so, dass sich die Mikropartikel buchstäblich ferngesteuert zu Rauten oder Zahnrädern gruppieren. Welche Form sie annehmen – die



## Flexible Fluidik

bis zum Abschalten des Magnetfeldes erhalten bleibt, hängt entscheidend von der jeweiligen Geometrie der Kanäle ab. Mit dem neuen Verfahren lassen sich bis zu 5.000 Pumpen auf einem Quadratzentimeter unterbringen. Ein weiterer Vorteil: Chip und Steuerelektronik lassen sich mit Verfahren der vertrauten Siliciumtechnik herstellen (Abbildung: Uni Stuttgart/Sabri Rahmouni).

## 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, Düsseldorf  
Prof. Dr. K. Kleinermanns, Düsseldorf  
Prof. Dr. Heinz-Martin Kuß, Duisburg,  
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:**  
Dr. Maren Bulmahn, Bensheim;  
Ans de Bruin (Grafik), Heidelberg;  
Prof. Dr. Wolfgang Hasenpusch, Hanau;  
Dr. Mechthild Kässer, Diekholzen;  
PD 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.

**Bezugspreise:**  
CLB Chemie in Labor und Biotechnik mit  
der Beilage „CLB-MEMORY“. Einzelheft  
– außerhalb des Abonnements – 10,00  
Euro, im persönlichen Abonnement jäh-  
rlich 98,35 Euro zuzüglich Versandkosten;  
ermäßigter Preis für Schüler, Studenten  
und Auszubildende (nur gegen Vorla-  
ge der Bescheinigung) jährlich 76,45  
Euro zuzüglich Versandkosten, inkl. 7%  
MWSt. Ausland sowie Firmenabonne-  
ments (Staffelpreisliste nach Anzahl) auf  
Anfrage. Bezug durch den Buchhandel  
und den Verlag. Das Abonnement ver-  
längert sich jeweils um ein weiteres Jahr,  
falls nicht 8 Wochen vor Ende des Be-  
zugsjahres Kündigung erfolgt.

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

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

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

ISSN 0943-6677



## NACHRICHTEN & NOTIZEN

**Roche** übernimmt Memory Pharmaceuticals (Montvale, New Jersey, USA) in einer Bartransaktion für etwa 50 Millionen US-Dollar. Memory entwickelt Arzneimittel für die Behandlung von Erkrankungen des zentralen Nervensystems. Zwei Nikotin-Alpha-7-Agonisten wurden bereits gemeinsam mit Roche entwickelt.

**Das Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf** und das forschende Arzneimittelunternehmen Wyeth Pharma aus Münster haben eine Kooperation bezüglich eines Early Clinical Development Center (ECDC) geschlossen. ECDCs sind von Wyeth initiierte Forschungsstandorte, an denen frühe klinische Studien durchgeführt werden. Ziel ist es, Studien zur Entwicklung neuer Arzneimittel zu bündeln, um sie zügiger und kosteneffektiver durchführen zu können.

**Die febit Gruppe** in Heidelberg, Spezialist im Bereich genomischer Analysen, hat mit In-Q-Tel (Lexington, MA, USA) eine Vereinbarung über ein strategisches Investment in Verbindung mit einer Entwicklungszusammenarbeit getroffen. In-Q-Tel ist eine unabhängige Gesellschaft für strategische Investments, die der Vereinigung der U.S. Nachrichtendienste, U.S. Intelligence Community, Technologielösungen zur Unterstützung ihrer Aufgaben erschließt. Im Rahmen der Vereinbarung wird febits Geniom Technik für die Detektion von Pathogenen weiterentwickelt.

**Symrise** (Holzminden) ist weltweit einer der führenden Hersteller von Duft- und Geschmacksstoffen sowie kosmetischen Inhaltsstoffen. Das Unternehmen hat im Rahmen eines gemeinsamen Entwicklungsprojektes mit dem Biotech-Spezialisten Brain (Zwingenberg) und dem Naturstoffunternehmen AnalytiCon Discovery (Potsdam) zwei neue Kosmetikwirkstoffklassen einlizenziert und sich damit die weltweiten Vermarktungsrechte gesichert. Markteinführung ist in 2009.

**Die BASF** nimmt 2009 an ihrem Verbundstandort Antwerpen eine neue Anlage zur Herstellung von bis zu 3500 Tonnen Piperazin Chips pro Jahr in Betrieb. Die BASF ist als einziger Hersteller von Piperazin Chips vollständig rückwärts integriert und hält eine weltweit führende Marktposition. Piperazin wird im BASF-Werk Antwerpen aus Monoethanolamin und Ammoniak hergestellt, und wird zur Herstellung von Pharmazeutika, in Flammschutzmitteln und Klebstoffen eingesetzt.

**Die Pharmacelsus GmbH**, eine Auftragsforschungsfirma aus Saarbrücken, erhielt im November 2008 als zweite saarländische Firma die behördliche GLP-Zertifizierung. Das Unternehmen kann somit Studien mit höchsten Qualitätsanforderungen im Bereich der Arzneimittelentwicklung durchführen.

**Die MeVis Research GmbH** mit dem Arbeitsschwerpunkt Medizintechnik wird ab Januar 2009 in die Fraunhofer-Gesellschaft eingegliedert. Das Unternehmen aus Bremen hat die Spezialsoftware MeVis LiverAnalyzer entwickelt, das die Mediziner bei der Operationsplanung unterstützt.

## Erste Ausgründung aus dem IPB

### Im April endet die Starthilfe

**NH DyeAGNOSTICS heißt die in der Gründung befindliche Biotechfirma, die seit April 2008 in den Räumlichkeiten des Leibniz-Institutes für Pflanzenbiochemie (IPB) in Halle angesiedelt ist. Ihr im Juli 2008 zum Patent angemeldetes Verfahren erlaubt den qualitativen und quantitativen Nachweis von Proteinen.**

Damit sollen sich künftig schneller und besser als bisher komplexe Proteinmuster miteinander vergleichen und neue Proteine identifizieren lassen, die durch Stress oder als Reaktion von Erkrankungen gebildet werden. „Nach umfangreichen Tests und der erfolgreichen Erprobung durch unabhängige Laboratorien sind wir jetzt in der Vorbereitung der Markteinführung, die im Frühjahr 2009 stattfinden soll“, so die Unternehmensgründer Dr. Jan Heise und Dr. Kai Naumann.

Für die finanzielle Absicherung einer zwölfmonatigen Aufbauphase haben sich die beiden Unternehmer erfolgreich ein vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie finanziertes EXIST-Gründerstipendium als Starthilfe in Höhe von ca. 90 000 Euro eingeworben. Das IPB unterstützt seine erste Ausgründung, indem es Räumlichkeiten, Geräte und Arbeitsmittel für die Aufbauphase zur Verfügung stellt. Mit der Stellung eines Interimsmanagers, der sich befristet mit den anstehenden Fragen zu Marketing und Vertrieb beschäftigt wird, leistet auch die Leibniz-Gemeinschaft wertvolle Dienste. Mittlerweile wird das kleine Team der Gründer durch einen Biochemiker und einen Wirtschaftsinformatiker komplettiert. Im April 2009 endet die EXIST-Förderung.

## Dionex

### Mit AutoTrace

**Die Dionex Corporation hat von Caliper Life Science die AutoTrace-Produktlinie übernommen. Diese erzielte 2007 einen Umsatz von 3,1 Millionen US-Dollar.**

Die AutoTrace SPE Workstation automatisiert die Extraktion großvolumiger wässriger Proben vor der Analyse. Diese Plattform ist weltweit etabliert und wird für zugelassene Methoden und Applikationen eingesetzt, wie beispielsweise die US EPA 500er und 600er-Serien zur Untersuchung von Umweltschadstoffen in Trinkwasser.

Die Ergänzung durch die AutoTrace-Produktlinie sieht Dionex als einen wichtigen Schritt, seinen Fokus auf die Probenvorbereitung in der Wasserindustrie zu legen.

## Schott

### Pharmaglas

**Der Technologiekonzern Schott siedelt am Standort Mainz erstmals eine Fertigung für pharmazeutisches Glasrohr an.**

Mit dem Bau von zwei Schmelzwannen schafft der Konzern mindestens 135 neue Arbeitsplätze, sowohl in der Produktion als auch in den begleitenden Funktionen wie Logistik oder Technische Dienste. Die Investitionssumme bewegt sich im deutlichen zweistelligen Millionenbereich. Die erste Schmelzwanne soll bis September 2009 ihren Betrieb aufnehmen. Dann werden jährlich bis zu 10 000 Tonnen Spezialglasröhren hergestellt. Daraus entstehen Verpackungen für die pharmazeutische Industrie wie Spritzen, Ampullen oder Fläschchen.

## Anerkennung für Ultra-Mikro-Messzelle

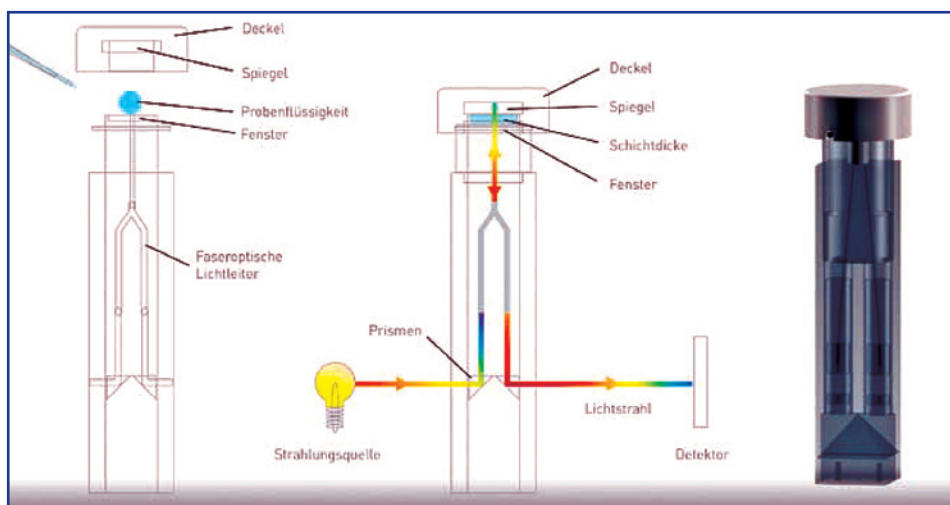
# Kleinste Probenmengen unverdünnt messen

**D**urch eine neu entwickelte Spezialküvette ist es nunmehr möglich, kleinste Probenmengen von  $0,3 \mu\text{l}$  bis  $0,7 \mu\text{l}$  unverdünnt zu vermessen. Es entstehen keine Verdünnungsfehler mehr und das Probenmaterial kann wieder zurück gewonnen werden. Für diese Entwicklung erhielt die Hellma GmbH & Co. KG jetzt beim Innovationspreis Baden Württemberg 2008 eine Anerkennung.

In der Bioanalytik wird die Konzentration von DNA-Proben durch Messung der Absorption in Spektralphotometern bestimmt. Hierfür werden Küvetten aus Quarzglas oder Kunststoff als Probenbehälter eingesetzt. Selbst Mikro-Quarzglasküvetten, benötigen mindestens  $10 \mu\text{l}$  Probenvolumen. Dies macht eine Verdünnung der Probe notwendig, wodurch Verdünnungsfehler entstehen können und die kostbare Probe verloren geht.

Bei der UV/Vis-basierten Spektralphotometrie, die anhand von Transmissions- und Absorptionswerten von Licht Rückschlüsse auf die qualitativen und quantitativen Eigenschaften von Substanzen (DNA, RNA und Proteine) gibt, besteht das teure Probenmaterial häufig nur aus einem Tropfen. Genauigkeit und Reproduzierbarkeit spielen eine große Rolle, beispielsweise für die Forensik.

Die neu entwickelte Messzelle mit den Abmessungen einer Standardküvette kann mit allen gängigen Spektralphotometern eingesetzt werden. Die technologische Herausforderung lag darin, die Funktionsweise eines klassischen Spektralphotometers in eine fehlerfreie und für den Anwender einfache Verbindung mit einer sehr kleinen Probenmenge zu bringen. In dem kompakten Format der Neuentwicklung ist auf kleinstem Raum eine patentierte Optik aus totalreflektierenden Prismen, Kollimatoren und faseroptischen Lichtleitern ver-



baut, die das Messlicht des Photometers in die Vertikale umlenken und zu einem Messfenster führen, auf das die Proben aufpipettiert werden können.

Mit Hilfe eines präzise gefertigten Deckels mit Spiegel wird die Messkammer geschlossen und eine exakte Schichtdicke eingestellt. Das Messlicht durchläuft die Probe, wird am Spiegel reflektiert und zurück in das optische System der

Messzelle, der TrayCell, geführt. Diese koppelt wiederum das Messlicht in das optische System des Photometers ein, und die Analyse kann durchgeführt werden.

Die familiengeführte Hellma GmbH & Co. KG wurde 1922 gegründet und beschäftigt heute 290 Mitarbeiter. Das Unternehmen ist Anbieter von Präzisions-Küvetten aus optischem Glas und Quarzglas.

Ausgezeichnet mit einer Anerkennung beim Innovationspreis Baden Württemberg – die TrayCell von Hellma.

## Deutsch-österreichische PPM-Gruppe

# Biofuels Technology Award 2008

**Die deutsch-österreichische PPM-Gruppe hat jetzt den „Biofuels Technology Award 2008“ erhalten.**

Seit 2005 liefert das Unternehmen mit Sitz in Asperhofen (Österreich) und Sohland (Deutschland) Anlagen aus. Weltweit produzieren heute 16 Anlagen in Deutschland, Österreich, Australien, auf Mallorca und in Ungarn jährlich mehr als 500 000 Tonnen Biodiesel.

Die eingesetzte Technologie gestattet, Anlagen mit Jahresleistungen von 50 000 bis 100 000 Tonnen auf einer Grundfläche von etwa 150-300 Quadratmetern und mit einer Bauhöhe normaler Einfamilienhäuser zu erstellen.

Laut Firmenangaben sind die Anlagen sehr energieeffizient. Ein Beispiel sei die Umesterung mit niedriger Temperatur und die Verwendung des rückgewonnenen Methanols aus Seifenwasser und Glycerinpahse als Brennstoff für Blockheizkraftwerke

Über Online-Ferndiagnose können die Spezialisten von PPM direkt auf die Parameter jeder Anlage zugreifen und ggf. die Prozesse unter Rückgriff auf das eigene Chemielabor optimieren. Die Technologie erlaube es, jede Anlage mit verschiedenen Rohstoffen wie etwa Gebrauchtes Pflanzenöl (UCO), Rapsöl, Sonnenblumenöl, Sojaöl u.a. zu betreiben..

**BASF** **Markus Heldt** (50) wird ab Februar 2009 neuer Leiter des Unternehmensbereichs Crop Protection. Er löst Michael Heinz ab, der das globale Integrationsteam Ciba leiten wird. Weiterhin führt die BASF ihre beiden Abteilungen Communications BASF Group sowie Corporate & Government Relations ab 2009 zu einer Einheit zusammen. Leiterin der neuen Abteilung Communications & Government Relations BASF Group wird **Elisabeth Schick** (42). Der bisherige Leiter der BASF-Kommunikation, **Dr. Felix Gress** (48), wird zum Jahresanfang Geschäftsführer der Metropolregion Rhein-Neckar. Gress folgt Wolf-Rainer Lowack, der neue Aufgaben innerhalb der BASF-Zentralabteilung Obere Führungskräfte übernimmt.

**FEBIT** Die febit holding GmbH gab die Ernennung von **Dr. Jack Leonard** für die neu geschaffene Position des Vizepräsidenten Technology Commercialization bekannt. Dr. Leonard wird seine 15-jährige Erfahrung in der Produktentwicklung im Bereich Life Science einsetzen, um die Kommerzialisierung von febits Geniom Platform und ihren Anwendungen voranzutreiben. Er wird außerdem die Leitung der Analytical Service Gruppe bei febit in den USA übernehmen.

**HRK** Die Mitgliederversammlung der Hochschulrektorenkonferenz (HRK) hat Herrn **Prof. Dr. Hans Jürgen Prömel** zum Vizepräsidenten für Governance, Personalstrukturen und Organisation gewählt. Der Mathematiker ist seit 2007 Präsident der TU Darmstadt. Der bisherige Vizepräsident für Planung und Organisation, Prof. Dr. Klaus Dicke, wurde zum Sprecher der HRK-Mitgliedergruppe Universitäten gewählt. Prof. Prömel übernimmt das Amt daher sofort für den Rest der Amtszeit bis zum 31. Juli 2010.

**KRAFT** Die geschäftsführende Gesellschafterin der Bernd Kraft GmbH in Duisburg, Frau **Sabine Kraft**, seit 1994 im Unternehmen



Schoen



Nimmerjahn



Schmid



Leonard



Kraft



Heldt



Parkin



tätig, wird zum Ende des Jahres aus der Geschäftsführung ausscheiden, um neue private und berufliche Wege zu gehen. Ihre Ressorts werden zukünftig von ihrem Bruder und ebenfalls geschäftsführender Gesellschafter, Herrn Dr. Jochen Kraft, mit übernommen.

**SENCKENBERG** Der Verwaltungsrat der Senckenberg Gesellschaft hat **Dietmar Schmid** zum neuen Präsidenten gewählt. Schmid löst Prof. h.c. Wolfgang Strutz ab, der das Amt 10 Jahre ausübte. Der Diplomkaufmann Dietmar Schmid gehörte als Vize-Präsident und Schatzmeister bereits seit vier Jahren dem Senckenberg-Präsidium an.

## EHRUNGEN

Den mit 20 000 Euro dotierten **Dechema-Preis 2008** der Max-Buchner-Forschungsstiftung erhielt **Prof. Dr. Wolfgang Wiechert** für seine Arbeiten auf dem Gebiet der Modellierung von Stoffwechsellvorgängen, die zu einer quantitativen und experimentell gesicherten Beschreibung biologischer Systeme und ihrer industriellen Nutzung führen. Wolfgang Wiechert und sein Team können Stoff-Flussanalysen einzelner Zellen innerhalb von 15 Sekunden erstellen. Auf Basis dieser Daten ist eine rechnerische Simulation von Zellen möglich.

Für seine Forschungsarbeit über die Genetik des Bakteriums *Neisseria meningitidis* hat **Dr. Christoph Schoen** (38) vom Institut für Hygiene und Mikrobiologie der Universität Würzburg den mit 5000 Euro dotierten **Postdoktorandenpreis für Mikrobiologie** erhalten, verliehen von der Robert-Koch-Stiftung (Berlin). Prof. Schoen fand heraus, wie sich die meist harmlosen Neisserien in Nase und Rachen des Menschen in aggressive Stämme verwandeln, die lebensbedrohliche Blutvergiftungen und Hirnhautentzündungen auslösen.

Für die Entwicklung neuer Methoden zur Anwendung von Röntgenstrahlen in der Mikrostrukturanalytik wird **Prof. Dr. Birgit Kanngießer**, Institut für Optik und Atomare Physik der TU Berlin, mit dem **Röntgenpreis der Justus-Liebig-Universität Gießen** ausgezeichnet. Der mit 10 000 Euro dotierte Preis wird jährlich für wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiet der strahlenphysikalischen oder strahlenbiologischen Grundlagenforschung vergeben. Birgit Kanngießer hat die dreidimensionale Röntgenfluoreszenzanalyse unter Anwendung von Synchrotronstrahlung (3D-Mikro-RFA-Methode) so modifiziert, dass man bessere und umfangreichere Informationen über die Zusammensetzung von Stoffen erhält, die die bisherige Röntgenfluoreszenzanalyse nicht erbringen kann. Interessant ist diese Methode auch bei der Untersuchung von Kunst- und Kulturgütern, da sie schonend und zerstörungsfrei ist. So ist Birgit Kanngießer auch an der Erforschung der 2000 Jahre alten Qumranrollen beteiligt.

Die Graduiertenschule der Exzellenz „Materials Science in Mainz (MAINZ)“ zeichnet **Prof. Dr. Stuart Parkin** vom IBM Almaden Research Center in San Jose, Kalifornien, mit dem **Gutenberg Research Award** aus. Der Preis ist mit 20 000 Euro dotiert. Stuart Parkin hat zum Verständnis des Riesenmagnetwiderstand-Effekts wichtige Beiträge geleistet und war später an der Entwicklung von Leseköpfen für Computerfestplatten auf Basis dieses Effekts wesentlich beteiligt. Die Graduiertenschule MAINZ ist eine im Rahmen des Bundesexzellenzwettbewerbs ausgewählte Initiative von Arbeitsgruppen der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, der Technischen Universität Kaiserslautern und des Max-Planck-Instituts für Polymerforschung in Mainz. Sie bietet Studierenden aus dem In- und Ausland eine herausragende Ausbildung auf dem Gebiet der Materialwissenschaft.



Für seine Arbeiten in der Hochtemperatur-Plasmaphysik und Fusionsforschung erhält **Prof. Dr. Friedrich Wagner** (65) vom Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP), Teilinstitut Greifswald, die **Stern-Gerlach-Medaille 2009** der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG). Die Auszeichnung der DPG für Leistungen in der experimentellen Physik würdigt insbesondere die zur Herstellung von Fusionsplasmen wegweisende Entdeckung selbstorganisierender Transportbarrieren. Friedrich Wagner legte damit den Grund für die weiteren Erfolge der Forschung bei Fusionsreaktionen. Er geht Ende dieses Jahres in den Ruhestand.

Der Biologe **Prof. Dr. Falk Nimmerjahn** (36), Medizinische Klinik der Universität Erlangen-Nürnberg, wird mit dem diesjährigen **Paul Ehrlich- und Ludwig Darmstadter-Nachwuchspreis** ausgezeichnet. Der Preis ist mit 60 000 Euro dotiert. Falk Nimmerjahn fand heraus, dass die An- oder Abwesenheit bestimmter Zuckerseitenketten über die zerstörerische Aktivität von Autoantikörpern entscheiden. Insbesondere Sialinsäurereste, aber auch Galaktose besitzen eine Schlüsselfunktion: Fehlen diese Zuckerreste an den Antikörpern, verstärkt dies deren krankmachendes Potenzial.

Eine Methode zur Diagnose von paroxysmalem (anfallsartigem) Vorhofflimmern wurde mit dem **Fresenius Erfinderpreis 2008** ausgezeichnet. Die Ingenieurin **Dr. Nicole Kikillus** aus Karlsruhe erhielt den mit 5000 Euro dotierten Preis auf der 10. Fresenius Erfindermesse im Rahmen der Medizinmesse Medica in Düsseldorf. Nicole Kikillus hat eine Untersuchungsmethode entwickelt, mit der Vorhofflimmer-Patienten zuverlässig erkannt werden können. Dazu analysiert eine Software ein 30-bis 60-minütiges Einkanal-EKG. Eine frühzeitige Diagnose von Vorhofflimmer-Patienten ermöglicht eine Reduzierung des Schlaganfallrisikos.

## Clusterpreis Chemie/Kunststoffe

Studenten, Wissenschaftler, Gründer und Unternehmer sind gleichermaßen angesprochen, sich am IQ Innovationspreis Chemie/Kunststoffe zu beteiligen. Er geht aus von einer Wirtschaftsinitiative für Mitteldeutschland. Die Bewerbung für den IQ Innovationspreis ist bis zum **15. März 2009** online unter [www.iq-mitteldeutschland.de](http://www.iq-mitteldeutschland.de) möglich. Insgesamt werden sieben Preise im Wert von insgesamt 60 000 Euro ausgeschrieben. Die Städte Leipzig, Halle, Jena,

Dessau-Roßlau, Gera und die Region Ostthüringen loben unter der Dachmarke „IQ“ gesondert dotierte Innovationswettbewerbe aus. Die Preisverleihung findet am 10. Juni 2009 in Sachsen-Anhalt statt. Der Clusterpreis Chemie/Kunststoffe wird gesponsert durch die Dow Olefinverbund GmbH. Die fachliche Begleitung des Wettbewerbs übernehmen Vertreter der Wirtschaftsprüfungsunternehmen Deloitte, Ernst & Young, KPMG und PricewaterhouseCoopers.

## Modernisieren mit und Recyceln von PVC

Jetzt fiel der Startschuss für den deutschlandweiten Wettbewerb „Umweltgerechte Modernisierung“. Die an Wohnungsunternehmen gerichtete Aktion widmet sich neben aktuellen ökologischen Themen wie Energieeinsparung und Klimaschutz erstmals auch den Aspekten Recycling und Materialkreislauf bei Modernisierungen. Ziel ist es, die Unternehmen für diese Themen zu sensibilisieren und nachhaltige Projekte öffentlich zu unterstützen. Ausgelobt wurde der Wettbewerb von der Rewindo Fenster-Recycling-Service GmbH sowie der Arbeitsgemeinschaft PVC und Umwelt e.V. (AgPU), beide Bonn. Die Schirmherrschaft übernahm Ingeborg Esser, Mitglied der Geschäftsführung des GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen, Berlin. Der Wettbewerb läuft bis **15. November 2009**.

Teilnahmeberechtigt am Wettbewerb „Umweltgerechte Modernisierung“ sind alle öffentlichen wie privaten Wohnungsunternehmen, die in Deutschland Wohnungsbestände verwalten und modernisieren. Dabei gelten folgende Bedingungen:

- Das eingereichte Projekt sollte eine Größenordnung haben, die ihm in der lokalen / regionalen Öffentlichkeit Aufmerksamkeit sichert.
- Die Modernisierung muss den Austausch von Fenstern beinhalten, bei dem ausgediente PVC-Altfenster über das Recyclingsystem von Rewindo in den geschlossenen Materialkreislauf gelangen.
- Das eingereichte Projekt sollte in Wort und Bild dokumentiert sein. Interessenten sollten sich möglichst frühzeitig per Mail oder Fax bei Rewindo bzw. der AgPU melden und mitteilen, wo und in welchem Zeitraum im Jahr 2009 das betreffende Modernisierungsprojekt durchgeführt wird und welche Größenordnung es hat. Noch während das betreffende Bauvorhaben läuft, erfolgt eine erste Vorab-Begutachtung vor Ort durch einen Beauftragten der Jury, auch die Lokalpresse wird zum Ortstermin eingeladen. Danach wird entschieden, ob das Projekt in die Endauswahl für die Jury-Sitzung Ende November 2009 kommt. Der Preis besteht aus einem Gutschein zur kostenfreien Entsorgung von 50 Tonnen PVC-Altfenster; das entspricht ca. 1500 Altfenstern.

## AdBlue, Dieselkat und Euro 4 bis 5

Viktor Obendrauf, Graz

Bei der Konstruktion und beim Betrieb eines Dieselmotors sorgt vor allem die Ruß- $\text{NO}_x$ -Schere für dicke Luft: Wenn man die Motoreinstellungen so wählt, dass weniger Stickoxide gebildet werden, erhöht sich im Gegenzug der Ausstoß an Ruß (PM = Particulate Matter) – und umgekehrt. Dazu kommt, dass der energetische Vorteil eines Dieselmotors mit seinem im Vergleich zum Ottomotor geringeren Verbrauch (bzw. höheren Wirkungsgrad) nur dann effizient genutzt werden kann, wenn nicht wie beim Vergaser-Konzept eine (fast) stöchiometrische Portion Luft ( $\lambda = 1$ ), sondern Sauerstoff im Überschuss ( $\lambda > 1$ ) in die Zylinder gezaubert wird. Das verschärft jedoch das Problem bei der Emission von Stickoxiden noch. Nur wenn nachmotorisch für eine effiziente Minimierung der Stickoxide gesorgt wird, braucht man innermotorisch auf diesen kritischen Schadstoff-Parameter keine Rücksicht mehr zu nehmen und kann sich dort ganz auf die Reduktion der Partikel konzentrieren. Einmal mehr ist es die reine Chemie als Wissenschaft, die einer wachsenden Weltbevölkerung bei Erhalt unserer westlichen Mobilität zu besseren Lebens- und Umweltbedingungen verhelfen soll.

### $\text{NO}_x$ und Dieselruß als Hauptproblem

Moderne Partikel-Filter haben eine Porengröße im Substrat von  $10\,000\text{ nm} = 10\text{ }\mu\text{m}$ . Die Filtration erfolgt also hauptsächlich durch Adhäsion und nicht durch „Sieben“.

Das Bildungspotenzial von  $\text{NO}_x$  in Dieselmotor hängt primär vom Sauerstoffangebot, von den erreich-

ten Temperaturen und von den herrschenden Drücken im Verbrennungsraum ab, wobei der Großteil der Stickoxide (überwiegend  $\text{NO}$ ) aus überschüssiger Luft durch die Reaktion von atomarem Sauerstoff mit molekularem Stickstoff entsteht („thermisches  $\text{NO}^*$ “). Ein geringer Prozentsatz an Stickoxiden (ca. 10%) wird auch über primär gebildete Treibstofffragmente (Kohlenwasserstoffradikale wie  $\text{CH}_2$  und  $\text{CH}$ ) erzeugt. Die  $\text{CH}_2$ - bzw.  $\text{CH}$ -Radikale können mit Stickstoff u.a. zu instabilem Stickstoffmonohydrid ( $\text{NH}$ ) und  $\text{HCN}$ -Molekülen reagieren, die von Sauerstoff leicht oxidiert werden („prompt  $\text{NO}^*$ “).

Da im Dieselmotorkraftstoff kaum Stickstoffverbindungen enthalten sind, aus denen bei der Verbrennung ebenfalls  $\text{NO}_x$  entstehen könnte, ist der Prozentsatz an  $\text{fuel-NO}_x$  vernachlässigbar.

Stickstoffmonoxid ist bei den herrschenden Temperaturen in den Zylindern im Vergleich zu den beiden anderen möglichen Stickoxiden ( $\text{NO}_2$  und  $\text{N}_2\text{O}$ ) thermodynamisch am stabilsten. Durch die rasche Abkühlung bei der Expansionsphase nach der Zündung des komprimierten Diesel/Luftgemisches bleibt das  $\text{NO}$  im Abgas vorerst „eingefroren“ und bildet ca. 90% der  $\text{NO}_x$ . Erst nach entsprechender Verweilzeit in der Atmosphäre wird  $\text{NO}$  fast vollständig zu  $\text{NO}_2$  oxidiert. [1]. Stickoxide gelten vor allem in Verbindung mit unverbrannten Kohlenwasserstoffen als Vorläufersubstanzen für (bodennahes) „Sommer-Ozon“ und sind deshalb umweltgefährdend.

Die genauen Mechanismen bei der Rußpartikelbildung im Dieselmotor sind noch nicht vollständig aufgeklärt. Es gibt dazu zwei Hypothesen, wobei die „Acetylen-Hypothese“ (auch „Polycyclenhypothese nach Siegmann“) davon ausgeht, dass sich im Zuge der Verbrennungsprozesse intermediär u.a. Ethin-Moleküle bilden, die durch klassische Cyclisierung einen ersten Benzenring bilden. Durch Polymerisation und unter Abspaltung von H-Atomen entstehen schließlich größere Gebilde aus polycyclischen Kohlenwasserstoffen, die zu ersten Rußkernen mit 1 bis 2 nm Durchmesser kondensieren. Die schalenförmigen Rußkerne schließen sich unter Oberflächenwachstum und Anlagerung zu (sphärischen) Rußprimärpartikeln mit einem Durchmesser zwischen 20 und 30 nm zusammen. Diese Primärpartikel wiederum wachsen zu langen, kettenförmigen Rußstrukturen [1].

#### 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. Der geschäftsführende Vizepräsident des VCÖ 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 3: Mit AdBlue in Kombination mit SCR-Katalysatoren erreichen Nutzfahrzeuge Euro 5.

Die zweite Hypothese („Elementar-Kohlenstoff-Hypothese“) geht davon aus, dass die leichteren H-Atome im Zuge der Verbrennung aus der „Kohlenwasserstoff-Wolke“ zehn mal rascher zu sauerstoffreichen Zonen im Verbrennungsraum diffundieren und dort oxidieren, als die C-Atome, die sich rasch zu Clustern zusammenschließen. Vorteilhaft für die Oxidation von Ruß im Partikelfilter ist die Bildung der sphärischen Gebilde aus C-Atomen, die sich leichter oxidieren lassen als die bekannten polycyclischen Graphitgitter-Ebenen.

In [1] werden Partikel in der Größe von ca. 10-20 nm (0,01-0,02  $\mu\text{m}$ ) als alveolengängig angesehen (Abbildung 2). In [2] werden bereits Russpartikel kleiner als 1  $\mu\text{m}$  als lungengängig bezeichnet. Die Bezeichnung PM 10 bezieht sich generell auf inhalierbaren Feinstaub mit Partikelgrößen von 10  $\mu\text{m}$  und kleiner, wobei diese sehr einfache Definition ebenfalls nicht exakt das Problem beschreibt, weil in der Praxis auch etwas größere Partikel (etwa bis 15  $\mu\text{m}$ ) inhaled werden können und prozentuell gewichtet werden müssen.

Die Gesundheitsgefährdung von inhalierbarem (bzw. alveolengängigem) Dieselruß wird in vielen Publikationen vor allem auf die am aggregierten Kohlenstoff angelagerten, kleiner strukturierten polycyclischen Kohlenwasserstoffe (wie das bekannt krebserregende Benzopyren) zurückgeführt. Die lungengängigen Ruß-Partikel (überwiegend C) sind sozusagen das Vehikel für die eigentlich cancerogenen Moleküle.

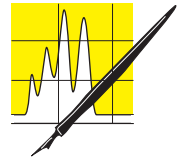
### Das Konzept für Euro 5

Praktisch alle bedeutenden europäischen Hersteller von Nutzfahrzeugen haben sich auf ein Konzept geeinigt, wie man bei der Emission von Stickoxiden und

Partikelmassen die strengen Abgasnormen „Euro 4“ und „Euro 5“ nachmotorisch in den Griff bekommen möchte. Diese neue Technologie scheint somit recht überzeugend sein.

Zentraler Bestandteil dieses offensichtlich konkurrenzlosen Konzeptes ist der SCR-LKW-Dieselkat, der mit dem umstrittenen Nachrüstkatalysator für Diesel-PKW am Weg von „Euro 1“ zu „Euro 2 bis 3“ natürlich nichts gemeinsam hat.

Auch die aktuellen Oxidationskatalysatoren, kombiniert mit Partikelfilter für PKW mit Dieselmotor können damit nicht gemeint sein. Es wird ja primär die Minimierung von Stickoxiden angestrebt.



AUFsätze

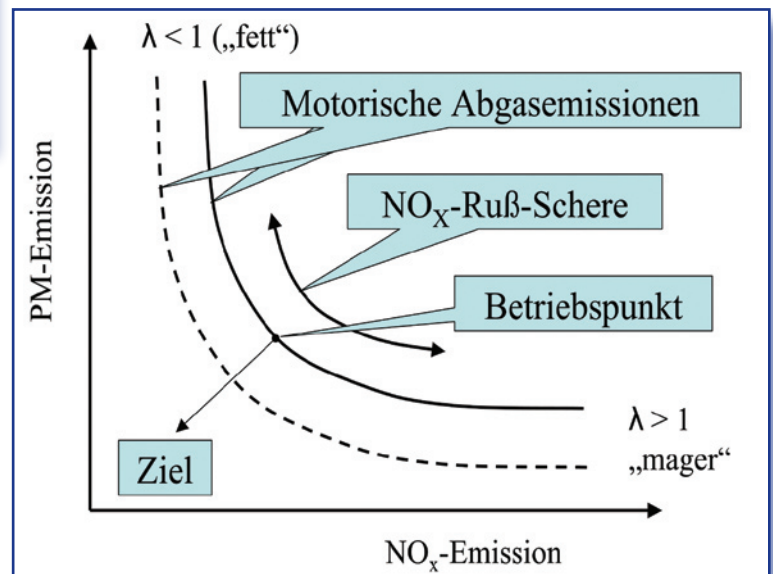
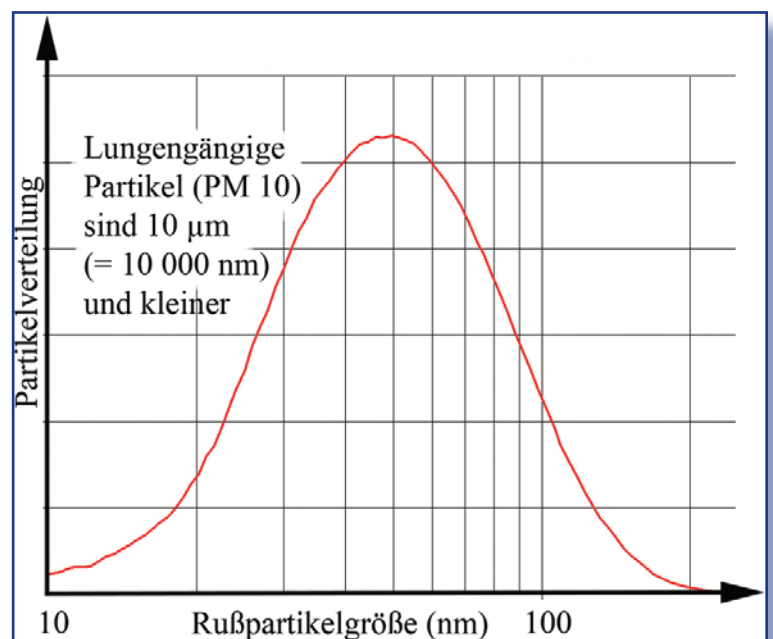


Abbildung 1: Die PM-NOx-Schere bei Dieselmotoren.

Abbildung 2: Dieselrußpartikel – die Größenverteilung besitzt bei ca. 50 nm (0,05  $\mu\text{m}$ ) ein Maximum. Partikel im Bereich 10-20 nm können bis in die Alveolen vordringen [1].



Schadstoff	Euro 3 (2001)	Euro 4 (2005)	Euro 5 (2008)
Stickstoffoxide NO <sub>x</sub>	5,0	3,5	2,0
Kohlenstoffmonoxid CO	2,0	1,5	1,5
Unverbrannte KW (HC)	0,66	0,46	0,46
Partikelmasse PM	0,1	0,02	0,02

Tabelle 1: EU-Standard 99/96/EG (für Nutzfahrzeuge > 3,5 t, > 85 kW), Angaben in g/kWh [4].

Einschlägige Berichte zur Technologie des neuen NO<sub>x</sub>-Minderungskonzeptes findet man bereits [3]. Erste Brummi-Prototypen mit der neuen SCR-Technik wurden noch Mitte der 90er Jahre auf große Fahrt geschickt. Erste signifikante Erfolgsmeldungen dazu findet man z.B. in den VDI-Nachrichten vom September 2002: Zehn kommerzielle LKW von Mercedes-Benz hatten problemlos 3,2 Millionen Kilometer mit SCR-Katalysatoren zurückgelegt, wie man sie seit mehr als zwei Jahrzehnten nur stationär von der Abgasbehandlung bei kalorischen Kraftwerken kannte. Der mobile Clou dabei: Das giftige Ammoniak-Gas, mit dem sich Stickstoffoxide katalytisch zu Stickstoff reduzieren lassen, wird erst „on board“ im Abgasstrom aus einer völlig harmlosen und auch gut speicherbaren wässrigen Harnstoff-Lösung generiert [4].

### AdBlue im Tank

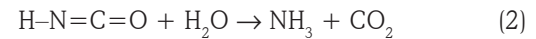
Die Abgasnorm „Euro 4“ (Tabelle 1) ist seit Oktober 2006 definitiv in Kraft. Zumindest die Fahrer von vielen neueren Nutzfahrzeugen (LKW und Busse über 3,5t dem ab Baujahr 2004) wissen, wie sie diese Norm,

aber auch die Limits von Euro 5 (relevant ab September 2009) einhalten können: Man muss zur gegebenen Zeit glasklares „AdBlue“ tanken. Denn hinter diesem Markennamen des Verbandes der Automobilindustrie verbirgt sich kein neuartiges Additiv, das dem klassischen Dieseltreibstoff bereits beigemischt ist. AdBlue ist auch keine plakativ-ökologische Erfindung aus den Marketingabteilungen diverser Mineralölfirmen. AdBlue steht vielmehr für eine hochreine, 32,5%ige wässrige Harnstoff-Lösung, die in einem gesonderten Spezialtank mittransportiert und je nach Bedarf in den Abgasstrom des Nutzfahrzeuges dosiert wird (AUS 32 = aqueous urea solution nach DIN 70070).

Was dann mit dem gezielt zugesetzten AdBlue genau passiert, wissen vermutlich nur mehr jene Mechanikerlehrlinge, die in der Berufsschule einen modernen Fachunterricht erleben durften: Die Harnstofflösung wird mit Sekundärluft und den heißen Dieselmotorabgasen verwirbelt. Das Wasser verdampft. Der Harnstoff selbst wird entsprechend Gleichung (1) bereits ab ca. 180° zu Ammoniak und zu Isocyanäure (H-N=C=O) zerlegt:



Dieses Zwischenprodukt wird mit Wasserdampf (eventuell mit Unterstützung eines eigenen Katalysators – Abbildung 4) gemäß Gleichung (2) weiter zu Ammoniak bzw. Kohlendioxid hydrolysiert:



Moderne SCR-Katalysatoren können bei weniger aufwändigen Konzepten die Funktion des Hydrolysekatalysators auch selbst übernehmen, so dass sich der Einbau einer gesonderten Hydrolyse-Einheit erübrigt. Wie auch immer das giftige Gas NH<sub>3</sub> im Abgassystem generiert wird: Am SCR-Katalysator (z. B. Firma CERA-M) werden damit die umweltgefährdenden Stickoxide bei Temperaturen zwischen 150-550°C zu harmlosen Stickstoff und Wasser(dampf) reduziert.

Im Vergleich zu Euro 3 (2001) wird Euro 5 eine verpflichtende Reduktion der Stickoxide um 60% bringen. Mit der SCR-Technik soll sogar ein NO<sub>x</sub>-Minus von 85% möglich sein.

Bei der Reduktion der Stickoxide eventuell nicht umgesetzter Ammoniak wird nach der SCR-Einheit mit Hilfe eines (optionalen) Oxidations-Katalysators vernichtet. Mit dem noch vorhandenen Sauerstoffangebot im Abgas reagiert NH<sub>3</sub> zu Stickstoff und Wasserdampf (Abbildung 4). Bei einfacheren Systemen, mit denen noch nicht Euro 6 (ab 2014) angepeilt werden soll, wird ein unzulässiger „Ammoniak-Schlupf“ allein durch die NH<sub>3</sub>-Speicherfähigkeit eines modernen SCR-Katalysators vermieden.

Zusätzlich lassen sich die für den mobilen Einsatz entwickelten, sehr kompakten SCR-Katalysatoren mit einer guten Sorptions- und Oxidationsaktivität (!) von Kohlenwasserstoffen und Partikeln ausstatten.

Abbildung 4: Nachmotorische Abgasbehandlung bei Nutzfahrzeugen bei gleichzeitiger Optimierung aller innermotorischen Parameter (inkl. AGR = Abgasrückführung) ausgelegt zur Einhaltung von EU 6 bzw. US2010

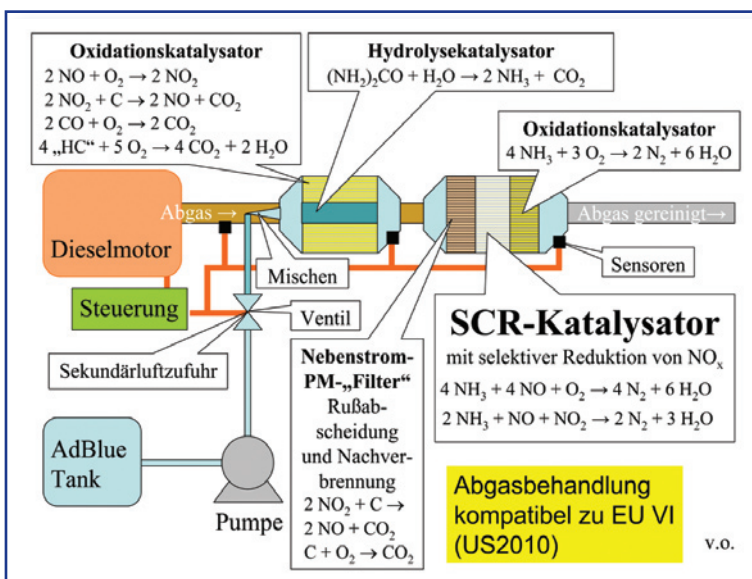




Abbildung 5: Eine technologische Herausforderung ist die Herstellung der Vollextrudate aus katalytischem Material mit einer Zelldichte von 300 cpsi.

Die mögliche Reduktion der Partikelmasse mit der aktuellen SCR-Technologie wird von den AdBlue-Anbietern – gemessen an Euro 3 – mit minus 40% angegeben [5].

Die auf eine maximale Stickoxid-Bildung ausgelegten Motoreinstellungen bzw. moderne Motorenkonzepte (Common Rail, Abgasrückführung etc.) helfen darüber hinaus, die Anteile an unverbrannten Kohlenwasserstoffen und Kohlenmonoxid im Abgas zu verringern. Für die bereits in Abstimmung auf den künftigen amerikanischen Markt geplante Norm Euro 6 [6], die für die nächsten 10 Jahre eine Partikelmasse-Reduktion bei Nutzfahrzeugen um weitere 66% auf 0,01 g/kWh und eine zusätzliche Reduktion der  $\text{NO}_x$  auf 0,4g/kWh vorsieht, müssen jedoch zusätzliche nachmotorische Maßnahmen im Sinne der Abbildung 4 getroffen werden. Da die Europäische Union im Jahr 2010 die Einführung eines  $\text{NO}_2$ -Immissionsgrenzwertes von  $40\mu\text{g}/\text{m}^3$  (über das Jahr gemittelt) plant, das Verkehrsaufkommen jedoch noch weiter zunehmen soll, sind neue Konzepte zur Emissionsminderung gefragt [7,8]. Die ZEV (Zero Emission Vehicles) ohne herkömmliche Verbrennungsmotoren werden außer bei extravaganteren Öko-Ralleys wohl erst in einigen Jahrzehnten Stand der Technik sein [9].

## Erst 300 cpsi machen wirklich mobil

SCR-Katalysatoren (SCR = Selective Catalytic Reduction) zur Reduktion von Stickstoffoxiden haben sich in kalorischen Kraftwerken seit vielen Jahren bewährt. Das Rauchgas wird in den Kanälen der keramischen, wabenförmigen Katalysatormatrix unmittelbar nach dem Wärmetauscher und noch vor der Entstaubungs- bzw. Entschwefelungsanlage von Stickoxiden befreit. Die Katalysatoreinheiten müssen so dimensioniert sein, dass trotz des immensen Durchsatzes an Rauchgas (und Flugasche) eine adäquate katalytische Oberfläche verfügbar bleibt.

Je nach Gehalt an Stickstoffoxiden im Abgas wird vor dem Katalysator Ammoniakgas zudosiert, das mit den Stickoxiden zu Stickstoff und Wasserdampf reagiert. Die Dosierung von Ammoniak ist im kontinuierlichen Betrieb des Kraftwerks bei annähernd konstantem Abgasvolumen und gleich bleibendem Stickoxidgehalt technisch sehr gut beherrschbar. Der „Ammoniak-Schlupf“ kann unter 5 ppm oder 4 mg/Nm<sup>3</sup> gehalten werden [10,11].

Schwierigkeiten bei der  $\text{NH}_3$ -Dosierung können sich beim Anfahren und Abschalten eines Kraftwerkes ergeben, wo auch explizit höhere Stickoxid-Emissionen bzw. ein höherer Verlust an Ammoniak behördlich toleriert werden. Entsprechend dem riesigen Abgasvolumen eines kalorischen Kraftwerks werden beträchtliche Mengen an Ammoniakgas benötigt, das heute meist als 25%ige wässrige Lösung angeliefert wird. So betragen die jährlichen Betriebskosten für die SCR-Anlage beim Wiener Kraftwerk Simmering 3 ca. 1,32 Mio €. Darin enthalten sind die Kosten für 360 t Ammoniak (zu je 0,26€/kg  $\text{NH}_3$  – Stand 2003). Pro Stunde müssen in diesem Kraftwerk 1,1 Mio m<sup>3</sup> Rauchgas gereinigt werden [10].

In Kombination mit Primärmaßnahmen bei der Verbrennungsführung ist eine über 90%ige Reduktion der Stickoxide im Rauchgas von kalorischen Kraftwerken mittels SCR-Technik Stand der Technik.

Der technologische Schlüssel für den mobilen Einsatz der SCR-Technik bei Nutzfahrzeugen (LKW und Busse) war einerseits die systematische Verkleinerung der wabenförmigen Katalysatoren bei Erhalt der katalytischen Oberfläche und andererseits die Verbesserung der mechanischen Belastbarkeit bzw. Verlängerung der Lebensdauer.

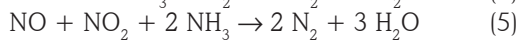
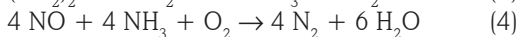
Erste Meilensteine setzte die Firma CERAM in Frauental bei Deutschlandsberg, Steiermark [12]. Der aus der Porzellanfabrik Frauental hervorgegangene Betrieb stellt seit 1985 SCR-Vollextrudate für die Rauchgasentstickung im Kraftwerksbereich her. Nach gezielter Entwicklungsarbeit gelang es der Firma in einer ersten Stufe, die Zelldichte der Katalysator-Monolithe von 50 cpsi auf 200 cpsi (cpsi = cells per square inch) zu erhöhen. Durch die Verbesserung der Feinzelligkeit der Vollextrudate auf 300 cpsi (Abbildung 5) konnte das Katalysatorvolumen erstmals so verkleinert werden, dass die wabenförmigen Keramikkörper in



AUFsätze

einem konventionellen Schalldämpfer eines LKW-Abgassystems positioniert werden konnten. Erstmals im Einsatz bei diversen Testfahrzeugen waren derartige monolithische SCR-Dieselmotorkatalysator-Prototypen ab dem Jahr 1996. Nach entscheidenden Optimierungen war die Technologie im Jahr 2005 dann so ausgereift, dass die Firma CERAM die Serienfertigung der robusten Vollextrudate auch für mobile Systeme aufnehmen konnte [12].

An der katalytischen Oberfläche, also in den Kanälen bzw. in den Kanalwänden der wabenförmigen Keramik, sind bei der Stickoxidreduktion gemäß den Gleichungen (4) und (5) vor allem zwei Reaktionen relevant, wobei der essenzielle Reaktionspartner – wie bereits beschrieben – erst durch Hydrolyse der 32,5%igen Harnstofflösung, entsprechend der summarischen Gleichung (3) gebildet wird:



Die Reaktion (5) läuft wesentlich schneller ab als die Reaktion (4). Deshalb werden vor dem SCR-Katalysator hohe  $\text{NO}_2$ -Werte angestrebt. Durch Zufuhr von Sekundärluft und – bei aufwändigeren Systemen wie schematisch in Abbildung 4 dargestellt – auch mit gesonderten Oxidationskatalysatoren wird das im Abgas überwiegend vorhandene NO (ca. 90% der  $\text{NO}_x$ ) gezielt entsprechend Gleichung (6) zu  $\text{NO}_2$  oxidiert. Durch die raschere Reaktion (5) steigert ein erhöhter Anteil an  $\text{NO}_2$  die Effizienz des SCR-Katalysators.

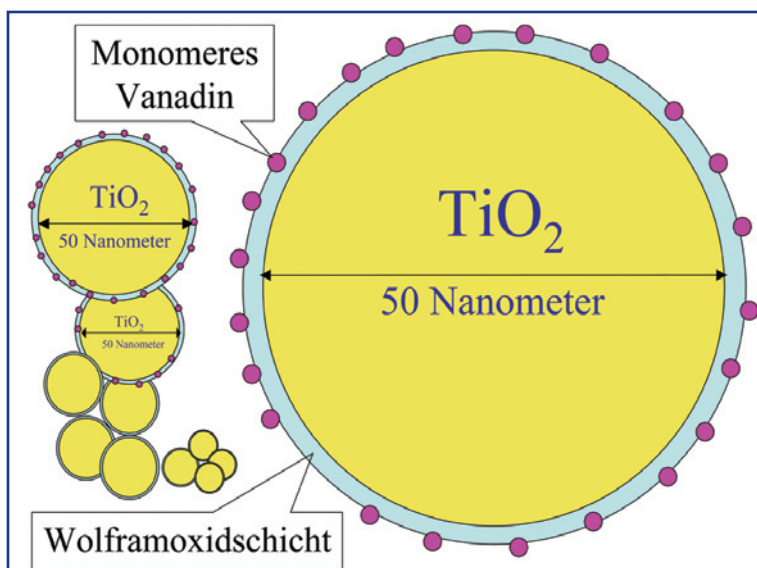
Wie aus den Gleichungen (4) und (5) ersichtlich, wird für die Reduktion von Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid der Reaktionspartner Ammoniak im Mol- bzw. Volumenverhältnis 1:1 benötigt, was die schulexperimentelle Modellierung dieser Reakti-

onen (siehe Abschnitt *Herstellung eines SCR-Modells im Reagenzglasformat*) sehr erleichtert.

## SCR und PKW-Diesel

Zur nachmotorischen Behandlung von Abgasen bei Diesel-PKW ist die beschriebene SCR-Technologie derzeit noch im Entwicklungsstadium\*. Stand der Technik bei diesem Fahrzeugtyp sind klassische Oxidationskatalysatoren in Kombination mit dem Partikelfilter, der im Sinne einer Stofftrennung nach unterschiedlicher Teilchengröße gar kein Filter ist (Abbildung 2). Sämtliche Partikelfilterkonzepte bei Diesel-PKW basieren auf einer Ablagerung (Adsorption) der kleinen Partikel an den Oberflächen der im Querschnitt vergleichsweise viel größeren Poren und Kanäle des keramischen Filters. In periodischen Abständen muss die abgelagerte Partikelmasse abgebrannt werden, damit der Strömungswiderstand in den verengten Kanälen nicht zu groß wird. Dieses periodische Regenerieren des Partikelfilters kann je nach Konzept bei hohen Temperaturen ( $> 600^\circ\text{C}$ ) mit Sauerstoff im Abgas oder auch bei tiefen Temperaturen (ab ca. 280 bis  $450^\circ\text{C}$ ) mit  $\text{NO}_2$  – Gleichung (7) erfolgen. Um in periodischen Abständen die nötigen hohen Temperaturen zu erreichen, wird entweder innermotorisch durch eine „nicht verbrennende Nacheinspritzung“ oder außermotorisch durch eine gesonderte HC-Dosierung Treibstoff ins Abgas eingebracht. Der addierte Brennstoff wird mit Sekundärluft am Oxidationskatalysator umgesetzt. Die daraus resultierende Freisetzung von Energie führt zur ausreichend hohen Regenerationstemperatur am angeschlossenen Partikelfilter. Der Oxidationskatalysator dient bei Diesel-PKW – wie bei aufwändigeren Nutzfahrzeugkonzepten – auch zur essenziellen Konvertierung von NO zu  $\text{NO}_2$ . Das generierte  $\text{NO}_2$  ist als starkes Oxidationsmittel in der Lage, den im Partikelfilter abgelagerten Ruß auch außerhalb der „heißen“ Regenerationsphasen kontinuierlich zu oxidieren („passive Regeneration“). Das dabei gemäß Gleichung (7) gebildete  $\text{NO}$  kann bei einer geeigneten katalytischen Beschichtung des Dieselpartikelfilters erneut zu  $\text{NO}_2$  oxidiert werden. Somit steht das Oxidationsmittel  $\text{NO}_2$  noch im Partikelfilter für eine weitere Umsetzung der noch verbliebenen Partikelmassen entsprechend Gleichung (7) zur Verfügung. Weil die Abgase bei PKW nach dem Partikelfilter (noch) nicht mittels SCR-Katalysator nachbehandelt werden, können somit gewisse (geruchstypische) Anteile an NO im Abgas systembedingt sein. Bei modernen Diesel-PKW steht eben derzeit die Minimierung der Partikelmasse im Vordergrund. Unverkennbar anrühige Stickoxid-Emissionen müssen z. B. von jenen vorbildlichen Pedalrittern in Kauf genommen werden, die gemeinsam mit Diesel-PKW-Fahrern im städtischen Stau stehen oder aus dem Stand die meist enge Flucht nach vorne wagen.

Abbildung 6: CERAM-Diesel-Kat (SCR-Kat): Vollextrudat aus 90% katalytisch aktiven Oxiden bzw. katalytische Schichten (modellhaft dargestellt).

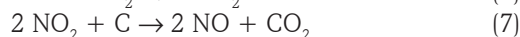


\*Mercedes-Benz hat die mobile SCR-Technologie nach der Einführung in den USA seit 2008 auch in Europa etabliert. Sie findet sich unter der Bezeichnung „BlueTec“ in der Mercedes E-Klasse.

## Ohne Platin und Rhodium

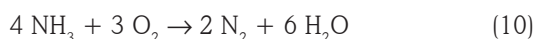
Im Gegensatz zur Dreiwegen-Kat-Technik für Verbrennungsmotoren mit Otto-Kraftstoffen und auch im Unterschied zu herkömmlichen Diesel-Oxidationskatalysatoren bestehen die Diesel-SCR-Katalysator-Monolithe der Firma CERAM [12] zu 90% aus katalytisch aktiven Oxiden, primär aus kugelförmigen Teilchen aus Titandioxid ( $\text{TiO}_2$ ) mit einem Durchmesser von 20 bis 50 Nanometer. Auf den Kügelchen befindet sich eine Wolframoxidschicht, in die monomeres Vanadin eingelagert ist (Abbildung 6). Glasfasern in der Matrix sorgen für ein gerütteltes Maß an Festigkeit im mobilen Einsatz. SCR-Einheiten für Nutzfahrzeuge können heute bereits für die gesamte Lebensdauer des Fahrzeuges ausgelegt sein.

Durch die Kombination der katalytisch wirksamen Substanzen sind die Monolithe gemäß Gleichungen (4) und (5) nicht nur sehr selektiv bezüglich Stickoxidreduktion, sie besitzen bei einem Porenvolumen von über 50% und einer spezifischen, mehrschichtigen Oberfläche von  $50\text{m}^2/\text{g}$  zusätzlich gute Sorptions- und Oxidationsaktivitäten für unverbrannte Kohlenwasserstoffe (Hydrocarbons = „HC“), Ammoniak, Partikelmasse ( $\text{PM} = \text{„C“}$ ) und Geruchsstoffe. In Kombination mit überschüssiger Luft, zudosiert mit AdBlue, kann neben der Stickoxid-Reduktion entsprechend den Reaktionsgleichungen (6) bis (9) eine zusätzliche, systematische Verbesserung der Abgaswerte erreicht werden [12]:



Bezogen auf neuere Nutzfahrzeuge ohne SCR-Technologie beträgt die  $\text{NO}_x$ -Reduktion (mit Hilfe der Reaktionen (4) und (5) etwa 85%; die Partikelmasse wird u.a. durch Gleichung (7) um ca. 40% reduziert.

Die spezifische Oxidationsaktivität eines modernen SCR-Katalysators führt in Kombination mit einer hohen Speicherfähigkeit für Ammoniak darüber hinaus auch dazu, dass eventuell überschüssiger Ammoniak aus der Reaktion (3) gemäß Gleichung (10) zu Stickstoff oxidiert wird.



## AdBlue und Logistik

Stationär eingesetzte SCR-Katalysatoren schaffen in den Kraftwerken nur eine recht begrenzte Anzahl von Betriebsstunden. Dann muss das System gewartet (z.B. gewaschen) oder gar ersetzt werden. SCR-Katalysatoren für Nutzfahrzeuge sollen für die gesamte Lebensdauer des Fahrzeuges ausgelegt sein. Um die Aktivität des SCR-Katalysators auch bei sehr langem Einsatz nicht durch unerwünschte Prozesse



Abbildung 7: Der Preis für 10 Liter AdBlue inkl. Spezialkanister in der Nahversorgung: derzeit ca. 18,50 Euro. An großen AdBlue-Tankstellen kostet die Harnstoff-Lösung ca. 0,59 Cent pro Liter.

bzw. Katalysator-Gifte nachteilig zu beeinflussen, müssen u.a. mögliche produktionstechnische Verunreinigungen der 32,5%igen Harnstofflösung (AdBlue) vermieden werden. Deshalb sind für die Beschaffenheit von Diesel und AdBlue und auch für die Qualität der AdBlue-Tanks inkl. Transportkette strenge Normen vorgegeben [13].

Nahezu schwefelfreier Diesel ist essenziell, um deaktivierende Sulfatablagerungen zu vermeiden. Um die Aktivität der Katalysatoren Euro-6 fit zu machen, aber auch um den Sulfatgehalt der zu oxidierenden Partikel weiter zu senken, wird es z.B. notwendig sein, den Schwefelgehalt im Diesel unter 5 ppm zu senken. Ab 2009 ist in der EU die Verfügbarkeit von schwefelfreiem Diesel (S-Gehalt  $< 10$  ppm) gesetzlich garantiert [8].

Der Verbrauch an AdBlue liegt bei etwa 5% des Dieselerbrauchs, der durch die optimierten Motoreinstellungen bei gleicher Motorleistung im Gegenzug dazu um ca. 5% reduziert ist.

Zur Information: Herkömmliche Sattelzüge (40 Tonnen) brauchen auf 100 km derzeit ca. 30 bis 35 Liter Treibstoff. Sparweltmeister bei den Trucks dürfte derzeit der 40-Tonnen-Sattelzug Mercedes-Benz Actros sein, der vor einiger Zeit – wohlgerne auf einem Testkurs bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 80 km/h – mit seinen 25 Tonnen Nutzlast nur 19,44 Liter Diesel pro 100 km benötigte. Mit diesen weniger als 0,8 Liter Treibstoff für Hunderttonnenkilometer (100 tkm) schaffte man jedenfalls einen Eintrag ins Guinness-Buch der Rekorde. Umgerechnet auf die  $\text{CO}_2$ -Emission sind dies 20,5 g  $\text{CO}_2$  pro Tonne Nutzlast und km (g/tkm). Zum Vergleich: Beim modernen



AUFsätze

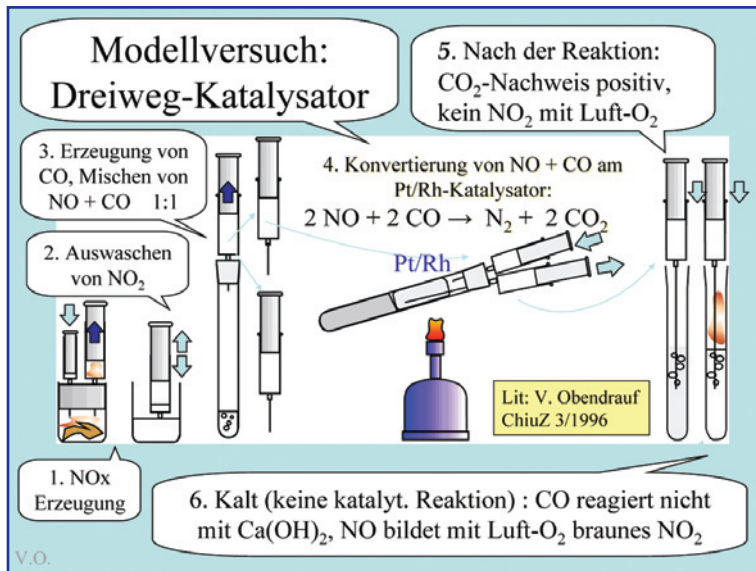


Abbildung 8: Dreiwege-Katalysator-Modellversuch mit einfachen Mitteln: Die farblosen Gase CO und NO (nach Auswaschen des braunen NO<sub>2</sub>) werden in einer 20-mL-Spritze im stöchiometrischen Verhältnis 1:1 gemischt und über den erhitzten Katalysator im Reagenzglas geleitet.[15].

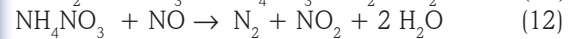
Toyota Prius Hybrid (Leergewicht 1375kg, Testverbrauch 4,5 l Benzin/100 km) errechnen sich bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen 104 CO<sub>2</sub> g/km. [14]. Bezogen auf das Leergewicht des Autos wären dies 75,6 g CO<sub>2</sub>/tkm. Wenn man jedoch nur die „Nutzlast“, z.B. einen ökologisch vorreitenden Pendler mit 70 kg Fahrgewicht berechnet, so verschlechtert sich der Vergleichswert auf eigentlich schon unfaire 1 486 g CO<sub>2</sub>/tkm...

Ein Liter AdBlue kostet an den speziell dafür eingerichteten Tankstellen mit ca. 0,59 € bereits viel weniger als ein Liter Diesel. AdBlue-Tankstellen gibt es laut AdBlue-Finder [15] derzeit hauptsächlich entlang der LKW-Transitrouten. Auch eine kleinräumigere Versorgung mit AdBlue wird in speziellen Kanistern gewährleistet (Abbildung 7). Wegen des etwas geringeren CO<sub>2</sub>-Ausstoßes pro km können zum Teil steuerliche Vorteile (Mautermäßigung in Deutschland) ins Treffen geführt werden. Der AdBlue-Tank im Fahrzeug ist so ausgelegt, dass die SCR-Technologie die üblichen Ölwechsel- und Wartungsintervalle des Fahrzeugs nicht tangiert.

Die österreichische OMV ist nicht nur Lieferant sondern mit der Tochterfirma AMI Agrolinz Melamine International GmbH auch selbst Produzent von AdBlue. Die OMV war auch weltweit der erste Konzern, der 2003 im bayerischen Dingolfing eine AdBlue-Pilot-Tankstelle eröffnet hat [16].

Die Vorteile von AdBlue und der steigende Bedarf allein in Europa (bis 2012 geschätzte 5 Millionen Tonnen pro Jahr) sollen jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass bereits nach alternativen Ammoniakquellen gesucht wird [7]. Die Nachteile der 32,5%igen Harnstofflösung sind bekannt: 67,5 % Wasser müssen einerseits als Ballast mitgeführt und im Abgassystem auch verdampft werden. Bei unzureichender Tempe-

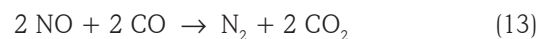
ratur des Auspuffsystems kann es vor dem Katalysator zu Harnstoffablagerungen kommen. Die Verwendung von Ammoniak als Reduktionsmittel kann bei Temperaturen unter 200°C gemäß Gleichung (11) auch zur Bildung von festem Ammoniumnitrat im System führen. Nur bei Temperaturen über 200°C reagiert das Ammoniumnitrat mit NO entsprechend Gleichung (12), sodass aus der Addition der Gleichungen (11) und (12) die bereits diskutierte Gleichung (5) resultiert:



Als weiterer Nachteil von AdBlue wird die begrenzte Einsatzfähigkeit bei tiefen Temperaturen genannt, denn die Lösung kristallisiert bei -11°C. Gefrorenes AdBlue lässt sich zwar wieder ohne Qualitätsverlust auftauen, aber im Winter scheint ein Frostschutz zur Vorbeugung schon angebracht. Auch die limitierte Lagerfähigkeit bei höheren Temperaturen wird bemängelt: Ab 40°C, nach manchen Angaben bereits ab 30°C, kann die Lösung hydrolysieren und unter unerwünschter Druckerhöhung NH<sub>3</sub>-Gas bilden [13].

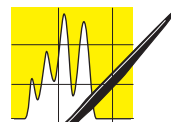
## Der SCR- und Dreiwege-Katalysator im Schulexperiment

Die katalytische Abgasreinigung wurde in der experimentellen Schulchemie mehrfach behandelt [17-23]. Auch der Verfasser dieses Beitrages hat die wichtigste Reaktion an einem Pt/Rh-Dreiwege-Katalysator für PKW mit Ottomotoren entsprechend Gleichung (13) mit einfachen Mitteln (im Reagenzglas) bereits vor vielen Jahren zur Diskussion gestellt [24].



Weil diese Reaktion auch nach mehr als fünfzehn Jahren nichts an umweltchemischer Bedeutung verloren hat, soll diese einfache Modellierung des Dreiwege-Katalysators im Kleinformat an dieser Stelle kurz in Erinnerung gerufen werden: Zur Gewinnung von Kohlenstoffmonoxid bzw. eines Gemisches NO/NO<sub>2</sub> dienen die bewährten Low-Cost-Gasentwickler [25-28]. Nach dem Auswaschen von NO<sub>2</sub> werden in einer 20mL-Spritze äquivalente Mengen an NO und CO (je 10 mL) gemischt und über den erhitzten Katalysator geleitet, der in einem Reagenzglas Duran 18D positioniert ist (Abbildungen 8 und 9). Der Katalysator ist ein angepasstes Stück einer originalen, katalytisch beschichteten Wabenkeramik, die einem Autowrack entnommen wurde (Abbildung 9). Das Entpacken der Katalysator-Keramik kann je nach Fabrikat relativ mühsam sein, weil nicht selten ein dick- bzw. doppelwandiges Stahlgehäuse (Wärmeisolation) aufgeschnitten werden muss, bis man den mit Dämmmaterial umgebenen Katalysator entnehmen kann. Ein professi-





oneller Schutz gegen Feinstaub und Funken ist bei diesen Arbeiten unerlässlich. Mittels passend dünner Säge wird die Keramik entlang der Zellen so zurecht geschnitten, dass die Waben-Kanäle parallel zum Reagenzglas angeordnet sind.

Das Reagenzglas kann beim Erhitzen des eingesetzten Katalysators mit einer Hand gehalten werden, weil der untere, nicht erhitzte Teil des Behältnisses mit Vogelsand und Glaswolle vom Katalysatorbereich abgegrenzt ist (Abbildung 9).

Bei der Demonstration des Modell-Dreiwege-Katalysators wird das Modellgasgemisch (NO/CO) aus einer 20mL-Spritze bzw. Kanüle in den Katalysator geleitet und in einer zweiten Spritze wieder gesammelt. Eine lange bzw. kurze Kanüle sorgen dafür, dass das Gasgemisch die Keramikkanäle passieren muss (Abbildungen 8 und 9).

Der Nachweis der Aktivität des ausreichend erhitzten Katalysators bzw. die Inaktivität (im kalten Zustand) kann aus den spezifischen Eigenschaften des nicht umgesetzten Ausgangsstoffes NO (reagiert sofort an der Luft mit  $O_2$  zu braunem  $NO_2$ ) und der Charakteristik des gewünschten Reaktionsproduktes  $CO_2$  (Fällung von Kalk mit klarem Kalkwasser) erbracht werden (Abbildung 8). Das farblose NO im Gemisch der Edukte macht sich auch bemerkbar, wenn die Ausgangsstoffe in das Reagenzglas mit dem an sich ausreichend erhitzten Katalysator gedüst werden: Mit der Rest-Luft im Reagenzglas bildet sich vorerst augenblicklich etwas braunes  $NO_2$ , das jedoch nach mehrmaligem Durchströmen des Katalysators (von einer Spritze in die andere) entsprechend Gleichung (14) verschwindet und die verbliebenen Reaktionspartner NO und CO wie gewünscht gemäß Gleichung (13) umgesetzt werden können.



Abbildung 9: Für das Entpacken eines gebrauchten Dreiwege-Katalysators aus einem Autowrack benötigt man das richtige Werkzeug, die geeignete Schutzkleidung und Zeit. Auch das Zerschneiden der Keramik in passende Stücke ist relativ mühsam. Der Modellversuch selbst ist mit der fertigen Apparatur rasch durchführbar.

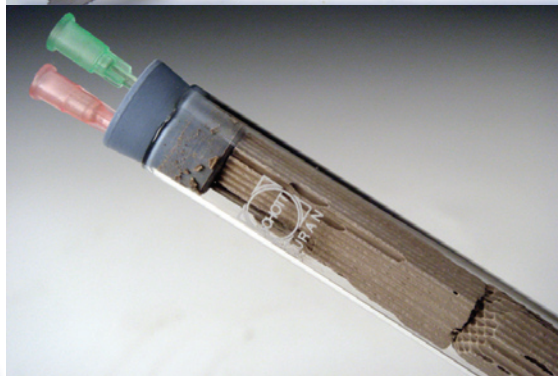




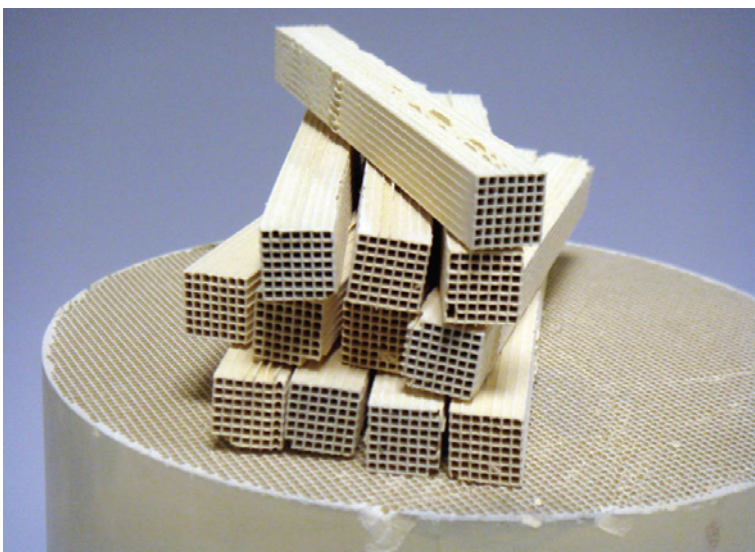
Abbildung 10: Fabrikneue SCR-Katalysatoren, die bei der Endkontrolle durchgefallen, eignen sich ausgezeichnet für schulische Zwecke.

#### Herstellung eines SCR-Modells im Reagenzglasformat

Analog dem beschriebenen Reagenzglasversuch zum Thema Dreiwege-Katalysator lässt sich auch die selektiv-katalytische Reduktion von Stickoxiden mit Ammoniak modellieren, wenn ein geeigneter SCR-Katalysator verfügbar ist, der an den inneren Durchmesser des Duran-18D-Reagenzglases angepasst werden kann.

Second-Hand-SCR-Katalysatoren sind mangels schrottreifer LKW der neuesten Generation für schulische Zwecke in der Regel derzeit wohl nicht verfügbar.

Abbildung 11: Der Querschnitt des Reagenzglases soll möglichst ausgefüllt sein: Stücke mit 7 mal 7 Zellen passen ohne zu klemmen.



Da jedoch bei der Herstellung der SCR-Vollextrudate (Abbildungen 10, 11) in Bezug auf Maßhaltigkeit und Passgenauigkeit sehr hohe Standards eingehalten werden müssen, ist damit zu rechnen, dass es bei den Erzeugern vereinzelt auch fabrikneue Exemplare gibt, die bei der Endkontrolle ausgeschieden werden müssen. Die für diesen Beitrag bzw. auch für eine Reihe von Fortbildungsveranstaltungen angefertigten SCR-Modelle (Abbildungen 10-13) enthalten z.B. passende Stücke von ausgeschiedenen Extrudaten, die von der Firma CERAM, Frauental in dankenswerter Weise für Lehr- und Unterrichtszwecke zur Verfügung gestellt wurden [12].

Analog der Bauanleitung für den Dreiwege-Katalysator muss die Keramik so portioniert werden, dass die Stücke in das hochtemperaturbeständige und auch ausreichend dickwandige Reagenzglas Duran 18D eingeschoben werden können. Beim Portionieren der Keramik haben sich Sägen bewährt, bei denen die Stärke des Sägeblattes ungefähr dem Durchmesser einer Keramikzelle entspricht. Bei sorgfältiger Führung der Säge und etwas Geduld ist es möglich, Keramikstücke mit 7×7 Zellen zu modellieren, die ohne zu klemmen in die vorgesehenen Reagenzgläser passen (Abbildung 11). Das Holzsägeblatt selbst hält einer derartigen Zweckentfremdung leider nur kurze Zeit stand.

Um das SCR-Katalysator-Reagenzglasmodell beim Erhitzen in der Hand halten zu können, füllt man ins Reagenzglas 5 cm hoch trockenen Sand (z.B. Vogelsand aus dem Supermarkt). Etwas Glaswolle (ca. 1 cm) über dem Sand soll verhindern, dass dieser in die Keramikzellen rieselt. Die Länge der beschnittenen Katalysatorkeramik wird mit 10 bis 10,5 cm so gewählt, dass das Reagenzglas mit einem Weichgummi-Stopfen (Verneret 18D) fest verschlossen werden kann, ohne dass die später relativ stark erhitzte Keramik direkt am Gummistopfen ansteht. Die beiden Kanülen (1,2/40mm bzw. 0,8/120 mm) werden im Stopfen so positioniert, dass die lange Kanüle beim Aufsetzen des Stopfens auf das Reagenzglas in eine der Katalysatorzellen geschoben werden kann. Die kurze Kanüle muss dabei seitlich am Katalysator ins Reagenzglas ragen, weil die Zellen selbst zu klein sind, um diese (dickere) Kanüle aufnehmen zu können. Um die sehr biegsame 0,8mm Kanüle ohne Probleme im Stopfen positionieren zu können, verwendet man zuerst die 1,2mm-Kanüle als hohle Führung. Man durchsticht den Stopfen an geeigneter Stelle mit der dickeren Kanüle, schiebt die 0,8mm-Kanüle von der anderen Seite durch die 1,2mm-Kanüle und zieht die dickere Kanüle wieder vorsichtig aus dem Stopfen heraus.

Der Vorteil der Miniaturisierung der Reaktion für Ausbildungszwecke liegt auf der Hand: Der Katalysator im Reagenzglas lässt sich in sehr kurzer Zeit erhitzen, man spart Stativmaterial und somit wieder Zeit und kommt im Sinne der Sicherheit und der Minimierung des Ressourcenverbrauchs mit vergleichsweise geringen Mengen an  $\text{NO}/\text{NO}_2$  und  $\text{NH}_3$  aus.

Durch die Tatsache, dass das Molverhältnis der Reaktionspartner bei der Stickoxid-Reduktion mit Ammoniak sowohl bei Gleichung (4) als auch bei Gleichung (5) 1:1 beträgt, erspart man sich das Auswaschen von  $\text{NO}_2$ . Das im Low-Cost-Gasentwickler generierte Gemisch aus Stickoxiden ( $\text{NO}/\text{NO}_2$ ) bzw. das in einem zweiten Gasentwickler getrennt (!) gesammelte Ammoniak-Gas kann direkt im Volumenverhältnis 1:1 am erhitzten Katalysator zur Reaktion gebracht werden.

#### Modellversuch zur Harnstoffzersetzung

**Material:** Reagenzglas, Spatel, Harnstoff, Indikatorpapier, (Mikro)-Brenner

**Durchführung:** Eine Spatelspitze Harnstoff wird im Reagenzglas kurz erhitzt bis mit einem Stück angefeuchtetem Indikatorpapier Ammoniak an der Reagenzglas-Öffnung nachgewiesen werden kann.

#### Modellversuch zum SCR-Dieselmotorkatalysator

**Material:** 2 Low-Cost-Gasentwickler n. Obendrauf bestehend aus: Reagenzglas Fiolax 16/160, Weichgummistopfen Verneret 18D, 2 Kanülen 1,2/40 mm, 2mL-Spritze (schwergängig gemacht), 20mL-Spritze (ONCE, mit speziellem Siliconöl leichtgängig gemacht) – Bau und Handhabung der Gasentwickler in [24-28]); 2 Luer-Konus-Verschlusskappen, 3 Aktivkohleröhrchen (10mL-Spritze, gefüllt mit Aktivkohle gekörnt, verschlossen mit Verneret-Stopfen 18D mit darin positionierter Kanüle 1,2/40mm), Reagenzglasgestell, Bunsenbrenner; Kupferdrähte oder Kupferblech (Späne), Salpetersäure conc, NaOH (Plätzchen), Ammoniak 25%ig, Phenolphthalein (0,1%ige alkoholische Lösung, mit Wasser versetzt), Filterpapier, Reagenzglas-Modell des SCR-Katalysators (Bauanleitung siehe Abschnitt 8.1)

**Durchführung:**

a) Erzeugung von  $\text{NO}_x$  im Low-Cost-Gasentwickler: Das Reagenzglas eines Gasentwicklers wird entsprechend den Vorschriften zur Handhabung der Apparatur – z.B. [24, 25] – mit Kupferdrähten oder Cu-Spänen beschickt und mit dem präparierten Weichgummistopfen verschlossen. Am besten aus einem Vial (15 mL von Nalgene) wird in die schwergängig gemachte 2mL-Spritze ca. 1 mL Salpetersäure conc. gesaugt. Nach Abspülen der Spritze wird diese fest auf eine Kanüle des Gasentwicklers aufgesetzt. Die zweite Kanüle wird mit der leichtgängig gemachten 20mL-Spritze versehen. Tropfenweises (!) Zudosieren der Salpetersäure zum Kupfer führt sofort zur Bildung von Stickoxiden, wobei – wegen der im Gasentwickler enthaltenen Luft – bevorzugt braunes  $\text{NO}_2$  gesammelt wird. Um den inerten Stickstoff aus dem System zu entfernen, werden die ersten 20 mL an Gasgemisch in ein vorbereitetes Aktivkohleröhrchen (oder in einen funktionierenden Abzug) entsorgt. Um dabei ein Entweichen von giftigen Stickoxiden aus der offenen Kanüle zu vermeiden, wird die zuvor abgenommene

Spritze sofort durch ein Aktivkohleröhrchen ersetzt. Das Abnehmen der 20mL-Spritze darf auch nur dann erfolgen, wenn man sich durch leichtes Ziehen am Spritzenstempel vergewissert hat, dass im Gasentwickler kein Überdruck herrscht. Jeder Überschuss an Salpetersäure ist natürlich zu vermeiden. Für die Reaktion am SCR-Katalysator benötigt man insgesamt 10 mL an Stickoxiden, gesammelt in der 20mL-Spritze, die bis zum Aufsetzen auf das SCR-Kat-Modell mit einer Luer-Konus-Verschlusskappe verschlossen zwischengelagert wird.

b) Erzeugung von  $\text{NH}_3$  im Low-Cost-Gasentwickler: Das Reagenzglas wird entsprechend den oft beschriebenen Anweisungen zur Handhabung der Gasentwickler mit einigen Plätzchen Ätznatron beschickt und mit dem präparierten Weichgummistopfen verschlossen. Aus der schwergängig gemachten 2mL-Spritze wird tropfenweise conc. Ammoniak-Lösung zudosiert und das sich bildende Ammoniak-Gas in der 20mL-Spritze gesammelt. Nach Entsorgung der ersten 20 mL an Luft/Gas-Gemisch werden 10 mL ausreichend reines Ammoniak-Gas in der 20mL-Spritze für den SCR-Modellversuch bereit gehalten.

c) Reduktion der Stickoxide mit Ammoniak: Um zu vermeiden, dass die erzeugten (feuchten) Gase farbloses Ammoniumnitrit bzw. gemäß Gleichung (11) auch Ammoniumnitrat bilden und so eine Reduktion der braunen Stickoxide zu farblosem Stickstoff vorgetauscht wird, dürfen die beiden Reaktionspartner keinesfalls in einer Spritze vorgemischt werden – wie dies mit NO und CO beim Modellversuch zum Dreiwege-Katalysator vorgeschlagen wurde.

Am besten man erhitzt das selbst gebastelte Reagenzglas-SCR-Modell zuerst unter ständigem Drehen im Bereich der Katalysatorzone und verbindet die beiden

Abbildung 12: Die SCR-Reaktion im Schülerexperiment: Die Edukte  $\text{NO}_x$  und  $\text{NH}_3$  können in verschlossenen 20mL-Spritzen rasch und sicher zur Verteilung gebracht werden. Die SCR-Modell-Apparatur in ausreichender Stückzahl ist der limitierende Faktor.





Abbildung 13: Nach dem Erhitzen des Reagenzglases im Bereich des darin befindlichen Katalysators werden die zwei mit je 10 mL  $\text{NO}_x$  bzw.  $\text{NH}_3$  gefüllten Spritzen aufgesetzt. Zuerst werden die 10 mL  $\text{NO}_x$  in die Keramik gedüst, dann schiebt man aus der anderen Richtung  $\text{NH}_3$  dazu. Nach mehrmaligem Richtungswechsel haben  $\text{NO}_x$  und  $\text{NH}_3$  nachweislich gemäß den Gleichungen (4) und (5) reagiert.

20mL-Spritzen, gefüllt mit je 10mL  $\text{NH}_3$  bzw.  $\text{NO}$ / $\text{NO}_2$  erst nach dem Erreichen der Arbeitstemperatur (mind.  $200^\circ\text{C}$ ) wie in Abbildung 13 gezeigt, mit den Luer-Ansätzen des Katalysatormodells. Nun drückt man zuerst das  $\text{NO}_x$ -Gemisch in das verschlossene Reagenzglas bzw. in die Katalysatorzone. Bei gut geölten Spritzen bewegt sich dabei der Stempel der zweiten Spritze nach außen. Um einen sicheren Druckausgleich zu gewährleisten, hilft man händisch etwas nach und zieht am Spritzenstempel. Nun drückt man das gesamte Gemisch wieder zurück in den heißen Katalysator, so dass sich die Reaktionsprodukte wieder in der anderen Spritze sammeln. Nach mehrmaliger Wiederholung dieser Prozedur ist das Ergebnis gut sichtbar: Entsprechend den Reaktionsgleichungen (4) und (5) hat eine signifikante Abnahme des Gas-Volumens stattgefunden, die man nicht ausschließlich mit der zwischenzeitlichen Abkühlung des geschlossenen Systems begründen kann. Das verbliebene Restgas ist farblos und somit frei von  $\text{NO}_2$ . Addieren von Luft in die mit den Reaktionsprodukten gefüllte Spritze führt zu keiner Braunfärbung. Meist in der Nähe des Stopfens haben sich im Reagenzglas – gemäß den Gleichungen (4) und (5) – einige winzige Tröpfchen

an Reaktionswasser angesammelt. Mittels Filterpapier, das mit wässriger Phenolphthalein-Lösung getränkt ist, lässt sich durch Aufdüsen der Reaktionsprodukte aus der Spritze zeigen, dass praktisch kein Ammoniak mehr vorhanden ist.

### Tipps, Tricks und Troubleshooting

Wenn die im Experiment gelieferten Hinweise berücksichtigt werden, sind die geschilderten Modellversuche absolut funktionssicher, was auch im Rahmen von diversen Fortbildungskursen seitens der Kollegenschaft immer wieder bestätigt werden konnte. Um den Katalysator für die Lagerung trocken zu halten, sollte man nach Beendigung der Reaktion den Stopfen etwas lockern (Kanülen nicht ganz herausziehen!) und das Reagenzglas inkl. Keramik etwas erwärmen, sodass das Reaktionswasser verdunsten kann.

Bevor der Gasentwickler für Stickoxide ev. auch außerhalb eines Abzugs geöffnet werden kann, müssen die darin befindlichen Stickoxide (insbesondere  $\text{NO}$ ) in ein aufgesetztes Aktivkohleröhrchen getrieben werden. Das geschieht am besten so, indem man durch die zweite Kanüle Wasser zudosiert, bis dieses den Großteil des Totvolumens des Gasentwicklers einnimmt. Die so verdünnte Lösung an Kupfernitrat wird gesammelt und entsprechend weiter verarbeitet. Verbliebenes Kupfer wird abgespült und ebenso gesammelt wie ev. überschüssige Salpetersäure.

Vor dem Öffnen des Gasentwicklers mit Ammoniak ev. auch außerhalb des Abzugs muss das konzentrierte Ammoniakgas im Gasentwickler entschärft werden. Dazu verschließt man eine Kanüle mit einer leeren 2mL-Spritze, füllt eine 20mL-Spritze mit Wasser, setzt die Spritze auf die zweite Kanüle und düst rasch einige mL Wasser in den Gasraum. Ganz im Sinne eines kleinen Ammoniak-Springbrunnens wird das restliche Wasser aus der Spritze selbsttätig nachgesaugt. Die stark verdünnte alkalische Lösung wird mit viel Wasser weggespült, ev. überschüssige konz. Ammoniaklösung in der 2mL-Spritze kann in das Vorratsgefäß retourniert werden.

### Didaktische Dimensionen

Die erst seit einiger Zeit wirklich aktuelle SCR-Technologie bei Nutzfahrzeugen ist ein gutes Beispiel dafür, wie man mit einer seit vielen Jahren bewährten Umwelt-Technologie auch neue Anwendungsbereiche erschließen kann – weil die chemischen Vorgänge immer besser verstanden werden. In einem modernen Chemieunterricht können solche neuen Aspekte der Umwelttechnik selbst bei der geradezu frivol geringen Anzahl von naturwissenschaftlichen Unterrichtsstunden Berücksichtigung finden, wenn das Prinzip der Technologie (in diesem Fall das SCR-Verfahren bei kalorischen Kraftwerken) bereits bisher als Teil einer verantwortungsvollen Unterrichtsarbeit gesehen wurde.

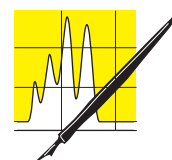
Die wichtigsten Nutznießer dieses Artikels sind professionell ausgebildete Chemielehrerinnen und Chemielehrer, die an dieser Stelle keine expliziten Anweisungen mehr benötigen, um die vielschichtige Chemie der beschriebenen Katalysatortechnik einzelnen Basiskonzepten des Lehrplans zuordnen zu können. Ebenso scheint es an dieser Stelle nicht notwendig, jene zeitgeistigen Kompetenzen aufzulisten, die mit den geschilderten Inhalten und Experimentiervorschlägen erarbeitet werden können. Länger im Dienst stehende Kolleginnen und Kollegen wissen darüber hinaus auch ganz genau, welche experimentellen Rahmenbedingungen gegeben sein müssen, um mit Ressourcen sparenden Konzepten wieder mehr Zeit zur Diskussion, Wiederholung und Festigung des chemischen Geschehens gewinnen zu können.

Die SCR-Technologie bei Nutzfahrzeugen wird vermutlich schon in naher Zukunft auch den Bereich Diesel-PKW tangieren – über die Mercedes-Benz E-Klasse hinaus. So gesehen wird mit diesem Beitrag eine kontextträchtige Chemie des Alltags für viele Lernende bereits vorweggenommen.

CLB

#### Literatur

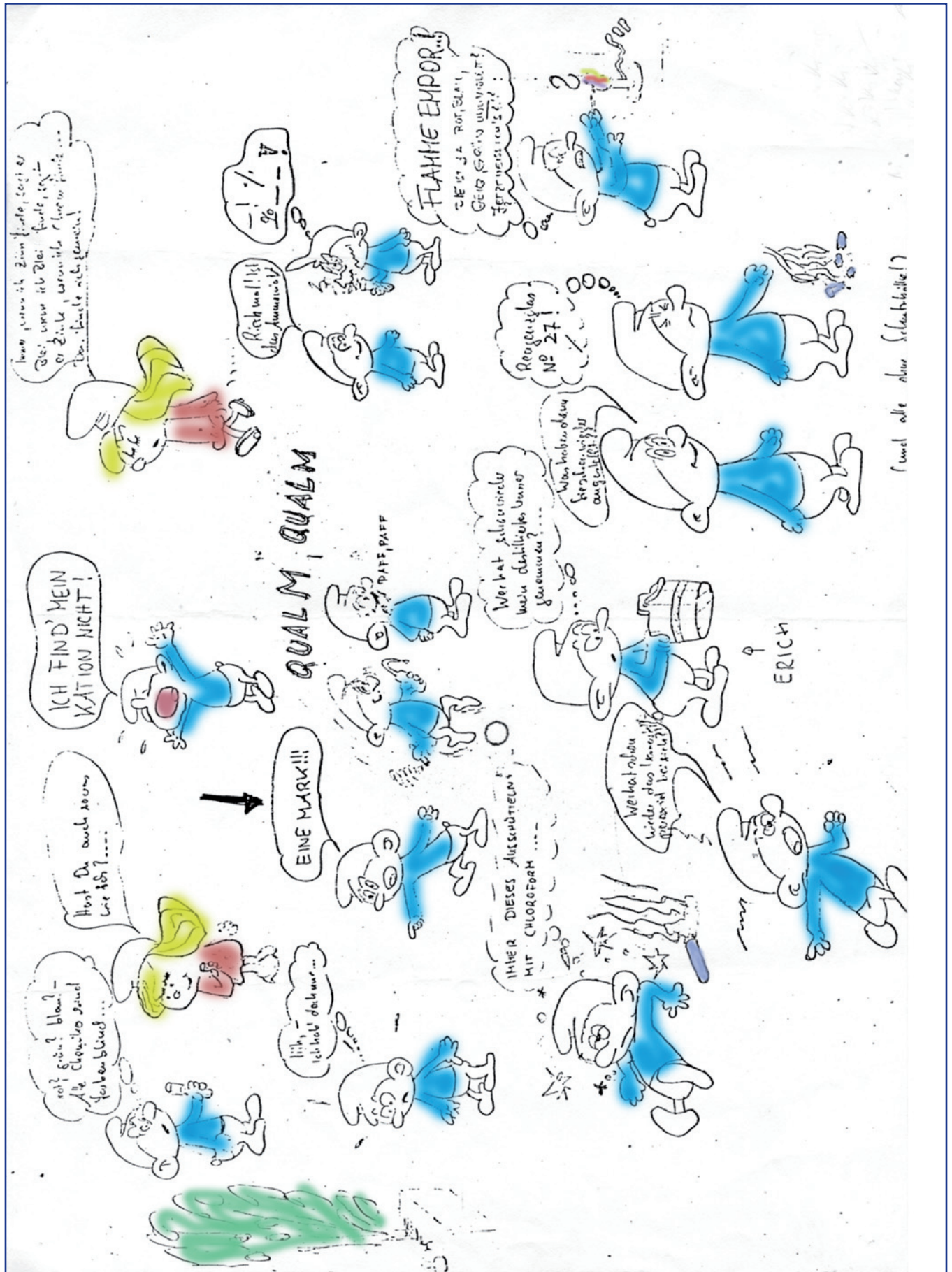
- [1] R. S. Peck, Experimentelle Untersuchung und dynamische Simulation von Oxidationskatalysatoren und Diesel-Partikelfiltern, Dissertation, Universität Stuttgart 2006; <http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/2007/2958/pdf/rpdiss.pdf>
- [2] A. Lacroix, Untersuchung eines Harnstoff-SCR-Systems zur Stickoxidminderung im Diesel-PKW-Praxiseinsatz, Dissertation TU Kaiserslautern, 2005; [http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=979753392&dok\\_var=d1&dok\\_ext=pdf&filename=979753392.pdf](http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=979753392&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=979753392.pdf)
- [3] M. Koebel, Entstickung von Dieselabgasen mit Harnstoff-SCR, VDI-Ber. 1019 (1993), 195
- [4] W. P. Trautwein, DGMK Research Report 616-1 AdBlue as a Reducing Agent for the Decrease of NO<sub>x</sub>-Emissions from Diesel Engines of Commercial Vehicles, Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle e.V. Hamburg 2003; [http://dgmk.de/downstream/report\\_616-1\\_e.pdf](http://dgmk.de/downstream/report_616-1_e.pdf) (Stand: 01.06.2008)
- [5] [http://www.inorganics.basf.com/p02/CAPortal/de\\_DE/portal/adblue/content/Produktgruppen/AdBlue/Anwendung/Anwendung](http://www.inorganics.basf.com/p02/CAPortal/de_DE/portal/adblue/content/Produktgruppen/AdBlue/Anwendung/Anwendung) (Stand: 03.06.2008)
- [6] [http://ec.europa.eu/enterprise/automotive/pagesbackground/pollutant\\_emission/sec\\_2007\\_1720/en.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/automotive/pagesbackground/pollutant_emission/sec_2007_1720/en.pdf) (Stand: 02.06.2008)
- [7] O. Kröcher, M. Elsener, E. Jacob, Neue Reduktionsmittel für die Low NO<sub>x</sub>-SCR-Technik, Paul Scherrer Institut, Villigen (Schweiz), Emissionskonzepte, Krailling, 2007 [http://ega.web.psi.ch/Krocher\\_Emission\\_Forum%202008.pdf](http://ega.web.psi.ch/Krocher_Emission_Forum%202008.pdf) (Stand: 02.06.2008)
- [8] W. Held, G. Emmerling, A. Döring, K. Richter, E. Jacob (MAN Nutzfahrzeuge AG, Nürnberg, Steyr), A. Scheeder, R. Müller, R. Brück (Emitec GmbH, Lohmar), Katalysatortechnologien für schwere Nutzfahrzeuge im EU VI und US2010 Zeitalter; Die Herausforderung der Stickoxid- und Partikelverminderung für zukünftige Motoren. Internationales Wiener Motorensymposium 2007; [http://www.emitec.com/download/library/de/Wien07\\_%20MAN\\_Emitec\\_deutsch\\_neu.pdf](http://www.emitec.com/download/library/de/Wien07_%20MAN_Emitec_deutsch_neu.pdf) (Stand: 02.06.2008)
- [9] M. Lackner, F. Winter, B. Geringer, Chemie im Motor – Verbrennungsmotoren versus Brennstoffzelle und Elektromotor, Chem. Unserer Zeit 39 (2005), S. 246-254
- [10] S. Böhmer, H. Wiesenberger, T. Krutzler, I. Szednyj, S. Poupa, I. Schindler, NO<sub>x</sub>-Emissionen: Minderungspotenziale in ausgewählten Sektoren und Szenarien 2010, Bundesumweltamt, BE-233, Wien 2003; <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/BE233.pdf> (Stand: 03.06.2008)
- [11] S. Böhmer, I. Schindler, I. Szednyj, B. Winter, Stand der Technik bei kalorischen Kraftwerken und Referenzanlagen in Österreich, Umweltbundesamt, Monographien, Band 162, Wien 2003 <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/M162z.pdf> (Stand: 03.06.2008)
- [12] <http://www.frauenthal.net/cms/cms.php> (Stand: 02.06.2008)
- [13] [http://www.petrochemistry.net/ftp/pressroom/QAGD\\_%20DE%202.0.pdf](http://www.petrochemistry.net/ftp/pressroom/QAGD_%20DE%202.0.pdf) (Stand: 01.06.2008)
- [14] [http://www.oeko-trend.de/zertifikat/detail/9\\_2006\\_detail\\_toyota\\_prius.pdf.pdf](http://www.oeko-trend.de/zertifikat/detail/9_2006_detail_toyota_prius.pdf.pdf) (Stand: 02.06.2008)
- [15] <http://www.findadblue.com/> (Stand: 02.06.2008)
- [16] <http://wko.at/bsv/OMV.pdf> (Stand: 02.06.2008)
- [17] B. Mattson, J. Fujita, R. Catahan, W. Cheng, J. Greimann, P. Khandhar, A. Mattson, A. Rajani, P. Sulliv, Demonstratin Heterogeneous Gas-Phase Catalysis with the Gas Reaction Catalyst Tube, J. Chem. Educ. 80 2003 p. 768
- [18] H. Haug, Der Autoabgaskatalysator – Die Autoabgaskatalyse im Unterricht, NiU-P/C 15 (1986) S. 199-201
- [19] R. Blume, Modellversuch zur katalytischen Abgasreinigung, MNU 39 (1986), S. 282
- [20] U. Dämmgen, H. Keune, Experimente zur Untersuchung der Wirkungsweise von Kraftfahrzeugkatalysatoren, MNU 41 (1988), 288
- [21] B. H. Engler, R. Brand, Katalysatoren für den Umweltschutz, PdN-Ch 1 (1989), S. 16-24
- [22] O. Eisenbarth, H. Kohler, Schadstoffe in der Luft durch Autoabgase – Autoabgaskatalysator und Sauerstoffsonde, PdN-Ch 7 (1990) S. 36-42
- [23] G. Greiner, B. Horlacher, R. Schernewski, Abgasnachbehandlung bei Verbrennungsmotoren, PdN-ChiS 56 (2007), Heft 5, S. 19-25
- [24] V. Obendrauf, Experimente mit Gasen im Minimaßstab, Chemie in unserer Zeit 30 (1996), Nr. 3, S. 118-125
- [25] V. Obendrauf, Grubenlampe und Wühlmausgas, Calciumcarbid im fernöstlichen Aufwind, Chem.Sch.(Salzbg.) 23 (2008) Nr. 1, S. 5-13
- [26] V. Obendrauf, Mit H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> zur „Elephant's Toothpaste“, Die homogen katalysierte Zersetzung von Wasserstoffperoxid, Chem.Sch.(Salzbg.) 22 (2007) Nr. 4, S. 6-16
- [27] V. Obendrauf, Chlorknallgas – verlässlich und sicher, ein historischer Versuch im neuen Low-Cost-Design, Chem.Sch.(Salzbg.) 22 (2007) Nr. 1, S. 3-17
- [28] V. Obendrauf, Vom schwarzen Oxid zum glänzenden Metall. Low-Cost-Versuche zum Prinzip der Metallgewinnung, Chem.Sch.(Salzbg.) 10 (1995) Nr. 3, S. 1-5



AUFsätze

# FUTUREPHASELAB Heute: Anorganisches Grundpraktikum

Typische Situationen aus dem anorganischen Grundpraktikum, wie sie etwa 1975 ein grafisch begabter (mir unbekannter) Chemiestudent treffsicher eingefangen hat. Ich hoffe mal, heute sieht das anders aus ;-) Ihr Rolf Kickuth.



# CLB – Memory

Die CLB-Beilage für Ausbildung in Chemie, Labortechnik,

Chemietechnik, Biologie und Biotechnik

Dezember 2008

Nützliche Ratgeber 140

## Von Imprägniersprays und Tattoorentfernern – Dokumentation der Vergiftungen 2007

**Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) legt jetzt die ausgewerteten Daten von Vergiftungen vor, die Ärzte im Jahr 2007 gemeldet hatten. Es handelte sich um 4093 Vergiftungsfälle.**

Ob im Haushalt oder am Arbeitsplatz – täglich haben Verbraucher Kontakt mit Chemikalien. Sind sie über die Risiken der Stoffe und der Anwendung nicht ausreichend informiert, kann es zu Unfällen kommen. Schwerwiegende Vergiftungen sind dabei selten. Doch auch geringe Risiken müssen rechtzeitig erkannt werden, damit Vergiftungssymptome schnell und nachhaltig behandelt werden können. Deshalb sind behandelnde Ärzte in Deutschland verpflichtet, jeden ernsthaften Verdacht auf eine solche Vergiftung dem BfR mitzuteilen. Seit dem 1. August 1990 besteht nach § 16e des Chemikaliengesetzes eine ärztliche Mitteilungspflicht.

Der überwiegende Teil der im vergangenen Jahr eingegangenen Meldungen bezog sich auf Vergiftungen mit chemischen Produkten. Es folgen Vergiftungen mit chemischen Grundsubstanzen. Geringere Anteile machen Vergiftungen durch Arzneimittel, Pestizide, Kosmetika, Lebensmittel und andere Produkte aus.

Von den 4093 Meldungen stammten fast alle von Berufsgenossenschaften, die übrigen aus Kliniken, Arztpraxen und Giftinfor-

mationszentren. Bei den meisten Vergiftungsfällen handelt es sich um Unfälle mit Chemikalien oder chemischen Produkten am Arbeitsplatz. Aber auch im Haushalt passieren Unfälle. Des Weiteren wurden Vergiftungen bei Hafearbeitern gemeldet, die mit Begasungsmitteln aus Transportcontainern in Kontakt kamen. Die Gase dienen der Schädlingsbekämpfung und können in hohen Konzentrationen Atemwegsbeschwerden bei Menschen auslösen. Die Broschüre behandelt dieses Thema schwerpunktmäßig. Daneben werden Fälle wie eine allergische Reaktion auf eine Antifaltencreme geschildert oder schwere Hautentzündungen nach der Anwendung eines Tattoorentfernungsmittels.

Werden Chemikalien versehentlich getrunken, lautet eine Erste-Hilfe-Maßnahme häufig: viel Wasser trinken. Dass zu viel Wasser aber ebenfalls gefährlich werden kann, zeigt der Fall einer Patientin, die davon einige Liter zu sich nahm, nachdem sie zuvor versehentlich Entkalker getrunken hatte. Die großen Wassermengen störten den Wasser- und Elektrolythaushalt erheblich und lösten schwere Krämpfe aus.

Immer noch kommt es trotz eindeutiger Warnhinweise durch die fehlerhafte Anwendung von Imprägniersprays zu schweren Vergiftungsfällen. So erlitt eine Frau ein Lungenödem, nachdem sie ihrem Mann geholfen hatte,



im Freien eine Markise mit einem Zeltimprägniermittel zu behandeln. Beim Umgang mit Imprägniersprays ist besondere Vorsicht geboten. So sind bei der Anwendung im Freien auch Windrichtung und Windstärke zu berücksichtigen, damit Helfer oder Unbeteiligte nicht mit den Spraypartikeln in Kontakt kommen.

Die Broschüre „Ärztliche Mitteilungen bei Vergiftungen“ enthält eine Übersicht über alle gemeldeten Vergiftungen des Jahres 2007, ein Meldeformular für Ärzte sowie ein Adressenregister der Giftinformationszentren. Sie ist kostenlos in deutscher und englischer Sprache erhältlich und kann beim BfR angefordert werden. Auch ein Herunterladen von der Internetseite des Instituts [www.bfr.bund.de](http://www.bfr.bund.de) ist möglich.

## Europaweite Trainings vermitteln Potenziale geschlossener Abwasserkreisläufe für die regionale Wertschöpfung

# Biomasseproduktion mit Abwässern löst Wasser- und Düngerengpässe

**D**ie Produktion von Biomasse zeigt neue Perspektiven für die Landwirtschaft auf. Wasserknappheit und steigende Düngerpreise erschweren eine kostendeckende Bewirtschaftung von Ackerflächen. Einen Ausweg kann die Kreislaufwirtschaft mit Schwarz- und Grauwasser zur Biomasseproduktion aufzeigen, die die Effizienz bisheriger System um das Dreifache steigern soll. In dem EU-Projekt „Biopros“ arbeiten Partner aus zwölf Ländern unter Leitung des ttz Bremerhaven daran, die Kenntnisse über die sichere Verwendung von Abwasser zu verbreiten und damit die Biomasseproduktion in den stark ländlichen geprägten östlichen EU-Ländern und dem niederschlagsarmen Regionen Südeuropa zu beleben.

Die Auflagen der EU-Gesetzgebung zu Umweltschutz und

Ackerbau in den Mitgliedsländern bringen besonders Staaten, die bisher weitgehend ohne Klärsysteme für ihre Abwässer auskamen, in Zugzwang. Bei der notwendigen Investition in die Produktionsinfrastruktur stehen Produzenten vor der Wahl: Entweder Investitionen in den Ausbau besserer Anlagentechnik durch Importe tätigen oder die Landwirte der Region als Abnehmer für Schwarz- und Grauwasser gewinnen. Bei der zweiten Variante fließt ein beträchtlicher Teil der Investitionen in die nachhaltige Entwicklung der eigenen Region.

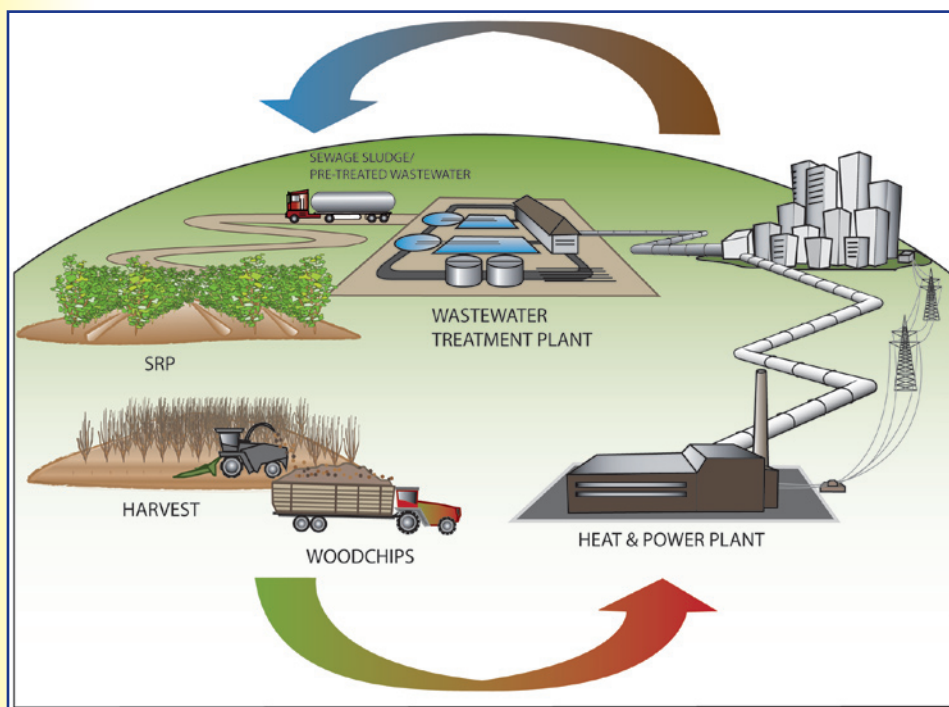
Das Konsortium des EU-Projektes „Biopros“ will in Zusammenarbeit mit landwirtschaftlichen Verbänden das Wissen über die sichere und effiziente Verwendung von kommunalen Abwässern zur Biomasseproduktion stärker verbreiten. Die Potenziale für Landwirtschaft und Ökobilanz sprechen

für sich: Zehn Prozent zusätzliche Einnahmen durch die Abnahme von Abwässern könnten die Position der Landwirte erheblich verbessern und sie unabhängiger von Subventionen machen. Darüber hinaus sparen sie Kosten für Nitratdünger ein – bei den aktuellen Verteuerungsraten (Preisverdopplung innerhalb von zwei Jahren) ein wesentlicher Faktor. Der Bedarf an CO<sub>2</sub>-neutralen Energieträgern ist immens, die Abnahme daher gesichert. Die Schonung der natürlichen Wasserressourcen durch die Bewässerung mit Abwässern kann in trockenen Gebieten rund 70 Prozent betragen. Auch für die Betreiber von Kläranlagen ergeben sich Kosteneinsparpotenziale bis zu 50 Prozent für die Abwasserbehandlung.

Damit das Modell der geschlossenen Kreislaufwirtschaft sachkundig umgesetzt und Anwendungsfehler vermieden werden, bemühen sich die Biopros-Projektpartner um die Etablierung von Standards. In der dreijährigen Projektlaufzeit wurden Best-Practice Modelle und Kostenanalysen erarbeitet, die nun über landwirtschaftliche Verbände in Schweden, Bulgarien, Polen, Estland, Tschechien, der Slowakei, Italien und Spanien potentiellen Anwendern vermittelt werden. Mehrere hundert Interessenten – Energieproduzenten, Landwirte, Prozessingenieure – haben die europaweiten Trainings bereits genutzt.

Landwirte werden in diesem System für die Abnahme des Abwassers entlohnt, dessen Inhaltsstoffe Stickstoffdünger teilweise ersetzen können. Den Entzug von Nährstoffen aus dem Boden kompensieren schnellwachsende Pflanzen durch den Abwurf ihrer Blätter, aus denen Humus gebildet wird. Pappeln und Weiden können

Abwasser-Kreislaufwirtschaft mit Einbezug der Landwirtschaft.







Das Aufbringen von Abwässern auf Kurzumtriebsplantagen wirkt einer Belastung des Grundwassers entgegen, da die Pflanze als „Schadstofffilter“ fungiert. Da die Bepflanzung als Biomasse verheizt wird, entsteht kein hygienisches Problem.

bereits nach zwei bis vier Jahren geerntet und als Biomasse für die CO<sub>2</sub>-neutrale Energiegewinnung genutzt werden. Bei diesem Verwendungszweck tritt kein Hygieneproblem auf. Noch steht der weiteren Ausbreitung aber ein geringer Wissensstand über die Potenziale von sicherer Abwassernutzung bzw. eine Ablehnung gegenüber der Verwendung von Schwarz- und Grauwasser entgegen.

In einigen Ländern schränken gesetzliche Vorgaben die Nutzung zudem stark ein.

Nach den Vorgaben des Projektkonsortiums hat sich der Einsatz des Kreislaufsystems bereits in einem größeren Zusammenhang bewährt: In Schweden wird das gesamte Abwasser-Recycling einer Gemeinde nach diesem Verfahren reguliert. Dabei werden Seen (Ponds) zur Zwischenlagerung des

Wassers im Winter genutzt. Durch Drip-Pipes wird es dann in der Vegetationsperiode auf die Ackerflächen gepumpt. Flächenstarke ländliche Regionen ohne Kapazitäten zur Abwasseraufbereitung können dabei besonders profitieren.

Das Projekt Biopros wird von der Europäischen Union als Collective Research Project im 6. Forschungsrahmenprogramm gefördert.



Schnellwachsende Gehölze werden in 3-4 Jahren 5-8 Meter hoch. Eine geschlossene Kreislaufführung kann die Effizienz bei Produktion von Biomasse um das dreifache steigern.

### Eine Schaltsekunde macht die Silvesternacht eine Sekunde länger

Drei Jahre lang ging es ohne. Doch nun ist es wieder so weit. In der kommenden Silvesternacht werden die (Funk)Uhren nach 0:59:59 beim nächsten Sekundentick nicht auf 1 Uhr springen, sondern kurz innehalten, um eine kleine Portion Extrazeit einzubauen: eine Schaltsekunde. Der Internationale Erd-Rotations-Service (IERS) in Paris hat der koordinierten Weltzeit diese Zugabe verordnet, da unsere Erde wieder etwas zu sehr aus dem Takt gekommen ist. Die Erde hinkt der Zeit aus den Atomuhren, deren Sekundenticks sich um kein irdisches Schwanken kümmern, hinterher. Den deutschen Uhren wird die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig diese Schaltsekunde verabreichen.

Atomuhren ticken zwar höchst gleichmäßig, kümmern sich aber nicht um irdische Verhältnisse. Unsere Erde schwankt und torkelt ein wenig vor sich hin und wird in ihrer Drehbewegung sogar tendenziell langsamer – Ebbe und Flut wirken wie eine permanent schleifende Bremse. Wird die Erde jedoch langsamer, dehnen sich die Tage, was sich über Jahrhunderte hinweg durchaus bemerkbar macht. All dies war wohlbekannt, als 1967 die Dauer der Atomsekunde festgelegt wurde. Der damals definierte und bis heute gültige Zahlenwert – die Sekunde als das 9 192 631 770fache der Periodendauer einer Schwingung im Cäsiumatom – orientierte sich an astronomischen Daten vergangener Jahrzehnte, in denen sich die Erde etwas schneller drehte. Dies führt somit zu einer Sekunde, die etwas kürzer ist als es der irdischen Tageslänge heute, geteilt durch die Anzahl der Sekunden pro Tag (86 400) entspricht. Der Unterschied summierte sich im Mittel über die Jahre 1960 bis 2000 auf etwa eine Dreivertelsekunde pro Jahr. Im Jahr 1972, als bereits eine Zeitdifferenz von 10 Sekunden aufgelaufen war, entschloss man sich, fortan eine Zeitskala mit Extrasekunden als weltweite Referenzzeit zu verwenden. Schaltsekunden machen seitdem aus der Atomzeit die „koordinierte Weltzeit“. Wie unregelmäßig schnell sich die Erde dreht, sieht man daran, dass zwischen 1999 und 2006 sieben Jahre vergehen mussten, bevor eine Schaltsekunde nötig wurde, nun wieder nur drei Jahre. Für den Neujahrstag 2009 hat der IERS, der die Drehung der Erde über astronomische Messungen verfolgt und auswertet, nun die 24. Schaltsekunde seit dem Beginn der koordinierten Weltzeit angeordnet. Uhren, die in Übereinstimmung mit der gesetzlichen Zeit gehalten werden sollen, müssen daher um eine Sekunde angehalten werden. Besitzer von Funkuhren brauchen sich um nichts zu kümmern.

## Sicherheit im Umgang mit gefährlichen Substanzen

# Vorausschauend und mit Sachkenntnis arbeiten

**S**icheres Arbeiten hat Vorrang vor allem anderen. In jedem Labor und Betrieb sind dafür spezielle Hinweise zu beachten. Es gibt aber einige grundsätzliche Regeln, die jeder kennen und beherzigen sollte.

Im Oktober 2000 war im Ärmelkanal der Chemikaliertanker „Levoli Sun“ in Seenot geraten und gesunken. Nach einschlägigen Berichten bestand der Inhalt der Ladung aus Styrol, Methanol, Isopropanol und Trichlormethylsilan – und dem Treibstoff, der an Bord des Tankschiffes war. Damit ergibt sich das in der Tabelle 1 angegebene Gefährdungspotenzial. Für den Menschen ist nur Methanol als „giftig“ eingestuft. Die IMDG-Klasse gilt bei der Beförderung gefährlicher Güter nach Gefahrgutverordnung See (IMDG = International Maritime Dangerous Goods). Klasse 3 gilt für entzündbare Flüssigkeiten: Klasse 3.2 für Flüssigkeiten mit mittlerem Flammpunkt (minus 18 bis 23 Grad Celsius) und Klasse 3.3 für Flüssigkeiten mit hohem Flammpunkt (23 bis 61 Grad Celsius). Klasse 8 steht für ätzende Stoffe (beim Landversand wird Styrol in Klasse 3 eingestuft).

Die Wassergefährdungsklassen (WGK) besagen: WGK 1 = Schwach wassergefährdende Stoffe, WGK 2

= Wassergefährdende Stoffe. Die höchste Stufe, WGK 3 = Stark wassergefährdende Stoffe, ist hier nicht vertreten. Die Wasserlöslichkeit gibt Auskunft über die Löslichkeit bei 20 Grad Celsius; Methanol und Isopropanol sind in jedem Verhältnis mit Wasser mischbar, Trichlormethylsilan hydrolysiert rasch zu Salzsäure und Silanen. Styrol und Dieselmotoren sind schwer löslich in Wasser und würden sich wegen ihrer Dichte (unter einem Gramm pro Milliliter) auf der Wasseroberfläche ansammeln. Die Bewertungszahl für die akute Toxizität, hier ist nur die Fischtoxizität (Testverfahren nach DIN 38 412 L15, OECD 203) genannt, gibt die Todesrate der Individuen innerhalb von 48 bis 96 Stunden an. In einem Pressebericht über das Ereignis war zu lesen: „Zwei der Chemikalien sind wasser- oder luftlöslich“. Mit der Luftlöslichkeit ist die Verdunstungszahl gemeint, die im Verhältnis zu Ether = 1 bestimmt wird. Die Verdunstungszahlen liegen vor für Methanol = 4,8, Isopropanol = 7,4 und Styrol = 16. Diese Werte gelten nur für reine Stoffe. Berücksichtigt man alle Kenndaten, so bestätigt sich die Aussage einer französischen Toxikologin zu diesem Fall, dass außer kurzzeitigen, lokalen Beeinträchtigungen nach dem Stoffaustritt kei-

ne weiteren Auswirkungen von der Ladung zu befürchten sind.

### Laborbrände und Laborunfälle

Bei Laborbränden und Laborunfällen sind vielfältige Gefahrenquellen vorhanden, die umfangreiche Schäden anrichten können. Die für Laboratorien geltenden Gesetze, Verordnungen und Regelwerke sind unter anderem: Chemikaliengesetz einschließlich Gefahrstoffverordnung, Strahlenschutzgesetz, Störfallverordnung, Gentechnikgesetz, Unfallverhütungsvorschriften, Hygienevorschriften, Epidemiegesetz einschließlich der Technischen Regeln, Bauvorschriften, die technische Anleitung (TA) Luft und die TA Abfall. Für die Einhaltung der Vorschriften ist der Betreiber verantwortlich, der auch die entsprechenden Betriebsanweisungen vorzugeben, Rettungsmittel bereitzustellen und Alarmpläne aufzustellen hat.

Hinweise auf Gefahren geben die Gefahrensymbole der Gefahrstoffverordnung: T, T+ = Vergiftungsgefahr; Xn, Xi = Gesundheitsgefahr; F, F+ = Brandgefahr; E, O = Explosionsgefahr; C = Verätzungsgefahr; N = Umweltgefahr sowie Kennzeichen für Radioaktivität und Infektiöse Stoffe. Für jedes Labor müssen neben den Betriebsanweisungen und Lagerlisten Sicherheits-, Feuerwehr- und Alarmpläne mit Angabe der verantwortlichen Personen vorhanden sein. Hierzu gehören: Laborleiter, Sicherheits-, Gefahrgut-, Strahlenschutz- und Störfallbeauftragte. Oberste Prämisse bei einem Laborunfall beziehungsweise Laborbrand aber ist: Der Schutz der Person geht vor den Schutz der Sache. Deshalb müssen alle Personen, die in einem Laborbereich arbeiten beziehungsweise dafür verantwortlich sind, regelmäßig geschult werden, was im Gefahrenfall zu tun ist. Vier Punkte sind immer wichtig: Gefahr erkennen,

Stoff	Gefahrensymbol	IMDG	WGK	Wasserlöslichkeit	Fischtoxizität
Methanol	F = leichtentzündlich T = giftig	3.2	1	mischbar	< 2,0
Isopropanol	F = leichtentzündlich Xi = reizend	3.2	1	mischbar	2,0
Styrol	Xn = gesundheitsschädlich	3.3	2	320 mg/l	4,8
Trichlormethylsilan	F = leichtentzündlich Xi = reizend	8	1	rasche Hydrolyse	3,5-3,7
Dieselmotoren	Xn = gesundheitsschädlich	3.3	2	ca. 10 mg/l	3,9

Tabelle 1: Gefährdungspotenzial des Tankers Levoli Sun.

Alarm auslösen, Menschen retten, Schutzmaßnahmen ergreifen. Antwort c) ist richtig.

### Umgang mit rotem Phosphor

Roter Phosphor – vor allem in Pulverform – dient vielen Zwecken: organischen Synthesen, der Herstellung von Rauch- und Feuerwerkskörpern, Flammschutzmitteln in Kunststoffen und Textilfasern, Reibflächen für Zündhölzer. Obwohl der rote Phosphor im Gegensatz zum gelben Phosphor ungiftig ist, sind Vergiftungen durch Verunreinigungen nicht auszuschließen. An feuchter Luft bilden sich aus diesen Verunreinigungen leicht hochgiftige Phosphorwasserstoffe. Auch unterphosphorige Säure kann entstehen. Aus diesem Grunde muss roter Phosphor unter Luftabschluss beziehungsweise unter Stickstoff oder Edelgas gelagert werden. Gebinde mit rotem Phosphor, auch Kleinmengen, sollen nur unter Absaugvorrichtungen geöffnet werden.

Roter Phosphor ist nicht wasserlöslich, nicht selbstentzündlich, nicht flüchtig und in Lösemitteln unlöslich, aber leichtentzündlich und umweltgefährlich (Tabelle 2). Die eigentliche Gefahr liegt in seiner Reaktionsfreudigkeit, besonders in feinverteilter Form. So genügt die Zufuhr geringer Energiemengen, um roten Phosphor durch Schlag, Reibung oder elektrostatische Aufladung zu entzünden. Explosive Gemische mit rotem Phosphor sind bekannt, besonders wenn er dabei als reduzierender Bestandteil auftritt. So explodiert roter Phosphor in Mischung mit Kaliumchlorat schon bei leichter Berührung mit einer Tiegelflange. Feinverteilter roter Phosphor, auch als Staub, ist sehr gefährlich, da bei dessen Entzündung Verpuffungen auftreten. Die Entzündungstemperatur von rotem Phosphor liegt je nach Reinheitsgrad zwischen 260 und 430 Grad Celsius. Er entzündet sich sofort, wenn man ihn zum Beispiel auf einer Eisenplatte ausbreitet und an einer Stelle mit dem Hammer auf die Eisenplatte schlägt oder wenn man den roten

Phosphor aus einer Blechdose auf ein Eisenblech rieseln lässt.

Als Löschmittel gegen Brände von rotem Phosphor sind Wasser mit Sprühstrahl, feuchter Sand und flammfeste Löschdecken geeignet. Mit Gasdruck arbeitende Feuerlöscher sind ungeeignet, da sie den Phosphorstaub aufwirbeln können und so zu einer Vergrößerung des Brandherdes beitragen. Abgelöschte Brände müssen mit Soda- oder Kupfersulfatlösung behandelt werden, um den beim Brand entstandenen gelben Phosphor unschädlich zu machen. Beim Arbeiten mit rotem Phosphor muss neben der üblichen PSA (Persönliche Schutzausrüstung) eine antistatisch ausgerüstete, schwer entflammbare Schutzkleidung getragen werden.

### Roter Phosphor in der Mühle

Was alles geschehen kann, wenn Handlungen von keinerlei Sachkenntnis getrübt sind, zeigt ein schwerer Unfall mit erheblichem Personen- und Sachschaden. Der Unfallhergang wird wie folgt beschrieben: Ein Kleinunternehmen bekommt den Auftrag, 100 Kilogramm verklumpten roten Phosphor, verpackt in zwei Blechtrommeln, zu mahlen. Der Betrieb benutzt hierzu offene Mühlen (Reibmühlen), in denen normalerweise verhärtete anorganische Salze zerkleinert werden. Eine Trommel wird ohne Sicherheits- und Schutzmaßnahmen geöffnet, eine Handschaufel voll rotem Phosphor entnommen und in den

laufenden Rotor einer Reibmühle geschüttet. Bei der ersten Berührung der Phosphorpartikel mit dem Rotor zündet der Phosphor und wird bis an die Hallendecke geschleudert. Von der Decke herabrieselnde glühende Phosphorteilchen fallen in die nicht wieder verschlossene Trommel und entzünden dort den restlichen Inhalt.

Die Mitarbeiter versuchen, den Phosphorbrand mit Pulver-Handfeuerlöschern zu löschen, was jedoch fehlschlägt. Daraufhin besteigt ein Mitarbeiter den Gabelstapler, um das andere Fass mit rotem Phosphor aus der Halle ins Freie zu fahren. Dies misslingt jedoch, da die Ausfahrt durch einen Sattelschlepper versperrt ist, der für die Nachbarfirma Chemikalien laden will. Der Gabelstaplerfahrer wendet, um zum anderen Hallendeckel zu gelangen. Dies misslingt ebenfalls, da er durch die Hitze des brennenden Phosphors bereits Verbrennungen zweiten und dritten Grades an den Händen, im Gesicht, an Armen und der Brust erlitten hat. Somit brennt auch das zweite Fass in der Halle aus und verursacht einen Sachschaden von circa 250 000 Euro.

Dieser Unfall ist absolut vermeidbar gewesen. Die Unfallursache ist eindeutig menschliches Versagen, vor allem der Betriebsleitung (Verantwortung der Leitung) auf Grund organisatorischer, technischer und persönlicher Mängel. Wie später von der BG Chemie festgestellt wurde, fehlte im Betrieb jegliche Sachkunde für den sicheren Um-

Roter Phosphor	
Gefahrensymbole	<b>F</b> = Leichtentzündlich, <b>N</b> = Umweltgefährlich
R-Sätze	<b>R 11</b> Leichtentzündlich <b>R 16</b> Explosionsgefährlich in Mischung mit brandfördernden Stoffen <b>R 50</b> Sehr giftig für Wasserorganismen
S-Sätze	<b>S (2)</b> (Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen) <b>S 7</b> Behälter dicht geschlossen halten <b>S 43</b> Zum Löschen Wasser verwenden <b>S 61</b> Freisetzung in die Umwelt vermeiden. Besondere Anweisungen einholen. Sicherheitsdatenblatt zu Rate ziehen

Tabelle 2: Eigenschaften von rotem Phosphor.

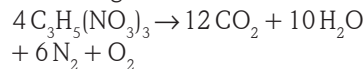
gang mit rotem Phosphor, selbst die Gefahrenkennzeichnung auf den Blechtrommeln wurde missachtet. Weiterhin war keine stoffbezogene Betriebsanweisung nach den Technischen Regeln für Gefahrstoffe TRGS 555 „Betriebsanweisung und Unterweisung nach § 20 GefStoffV“ erstellt worden. Eine Unterweisung der Mitarbeiter hatte ebenfalls nicht stattgefunden. Die Schlussfolgerungen sind eindeutig: Beim Umgang mit Stoffen, die nicht zum normalen Arbeitsablauf gehören, selbst wenn es sich um Kleinmengen im Labor handelt, muss eine vorherige schriftliche und persönliche Belehrung der Mitarbeiter mit schriftlicher Dokumentation erfolgen.

### Nitroglycerin im Labor

Eine Laborantin hatte die Aufgabe, Rohglycerinproben zu analysieren, eine Routinearbeit in diesem Labor. Doch sie versetzte die zehn Reagenzglas-Proben anstelle von Schwefelsäure mit Salpetersäure. Die Proben blieben über Nacht unbearbeitet stehen. Am nächsten Tag muss der Laborantin der Feh-

ler aufgefallen sein. Sie „beichtete“ ihrem Chef, was geschehen war. Der Chemiker erkannte sofort die heikle Situation, ließ die 100 Mitarbeiter umgehend aus dem Gebäude evakuieren und alarmierte die Feuerwehr. Zur Unterstützung zog diese den Kampfmittelräumdienst und Sprengstoffexperten hinzu. Proben zeigten, dass in drei der zehn Reagenzgläser Nitroglycerin entstanden war, insgesamt etwa 30 Gramm. Diese Menge hätte ausgereicht, um das ganze Labor und zahlreiche Scheiben in unmittelbarer Nähe zu zerstören und anwesende Mitarbeiter gefährlich zu verletzen. Die vor Ort anwesenden Fachleute erkannten die Gefährlichkeit der Lage und ließen das Gebäude und die Parkplätze im Umkreis von 100 Metern evakuieren, die Straßen werden weiträumig abgesperrt. Dann wurden unter größten Sicherheits- und Vorsichtsmaßnahmen die Reagenzgläser aus dem Labor in eine Grube auf dem Rasen in Gebäudenähe getragen. Nach vier Stunden konnte die hochexplosive Mischung kontrolliert gesprengt werden.

Nitroglycerin, der Trisalpetersäureester des Glycerins (fachsprachlich: Glycerintrinitrat) ist ein explosives Öl, das gegen Schlag, Stoß und gegen Erhitzen empfindlich ist (Tabelle 3). Diese explosive Zersetzung tritt nach folgender Gleichung ein:



Nitroglycerin ist sehr giftig und wird sehr leicht durch die Haut aufgenommen. Es kommt zu allgemeinen Körperschmerzen, Lähmungserscheinungen und einer Verfärbung der Haut. Nach Verlangsamung der Herztätigkeit kann eine schwere Vergiftung zum Tode führen. Chronische Schäden sind jedoch nicht bekannt. In sehr kleinen Dosen wirkt Nitroglycerin als Vasodilatator (gefäßerweiterndes Arzneimittel) und ist als Coronarmittel in zahlreichen Handelspräparaten enthalten. Nitroglycerin wurde erstmals von dem Turiner Chemiker Sobrero im Jahre 1846 hergestellt. Seitdem ist Nitroglycerin einer der wichtigsten Bestandteile von Sprengstoffen. Zur leichteren Handhabung wird Nitroglycerin mit Stabilisatoren, Füllstoffen und leichter zu handhabenden Explosivstoffen gemischt. Dieser Vorfall zeigt, dass auch erfahrenen Mitarbeitern Fehler unterlaufen können. Positiv zu bewerten ist, dass die Mitarbeiterin beim Bemerkten des Fehlers nicht eigenmächtig gehandelt hat, sondern ihren Vorgesetzten über das Missgeschick informiert hat.

### Cyanid beim Juwelier

Ein Juwelier hat im September 2001 ein mittleres Chaos verursacht, als ihm beim Reinigen von Schmuckgegenständen mit Natriumcyanid-Lösung ein Missgeschick passierte, das er wie folgt der Presse zu Protokoll gab: „Es war nur ein kurzer Augenblick der Unaufmerksamkeit. Ich hatte mehrere Schmuckstücke gereinigt. Danach wollte ich die Flasche wieder in den Tresor einschließen, doch sie ist mir aus der Hand gefallen.“ Die Flasche enthielt etwa einen Liter

Reines Nitroglycerin	
Gefahrensymbole	E = Explosionsgefährlich, T+ = Sehr giftig, N = Umweltgefährlich
R-Sätze	R 3 Durch Schlag, Reibung, Feuer oder andere Zündquellen besonders explosionsgefährlich R 26/27/28 Sehr giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut R 33 Gefahr kumulativer Wirkungen R 51/53 Giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben
S-Sätze	S (1/2) (Unter Verschluss und für Kinder unzugänglich aufbewahren) S 33 Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladungen treffen S 35 Abfälle und Behälter müssen in gesicherter Weise beseitigt werden S 36/37 Bei der Arbeit geeignete Schutzhandschuhe und Schutzkleidung tragen S 45 Bei Unfall oder Unwohlsein sofort Arzt hinzuziehen (wenn möglich, dieses Etikett vorzeigen) S 61 Freisetzung in die Umwelt vermeiden. Besondere Anweisungen einholen / Sicherheitsdatenblatt zu Rate ziehen

Tabelle 3: Eigenschaften von Nitroglycerin.

Natriumcyanid-Lösung. Geistesgegenwärtig schüttete der Juwelier ein Gegenmittel auf die Chemikalienlache. Vorsorglich alarmierte er die Feuerwehr. Und nun begann das Chaos wie im Pressebericht im Kasten links nachzulesen ist.

Der Juwelier hat zunächst richtig gehandelt und die Entstehung von Blausäure durch das „Gegenmittel“ verhindert. Hier ist wohl oxidativ das Cyanid durch Hypochlorit, Wasserstoffperoxid oder ein Peroxo-Präparat „entgiftet“ worden. Da die Feuerwehr mit Prüfröhrchen keine Blausäure festgestellt hat, bestand aber keine Explosionsgefahr. Wesentliches Gefährdungspotential ist bei wässrigen Cyanid-Lösungen nicht die Explosionsgefahr, sondern die Toxizität, wie obige Tabelle zeigt. Da keine Säure „im Spiel“ war und die ausgelaufene Lösung schnell entgiftet werden konnte, bestand aber kaum Vergiftungsgefahr durch Blausäure. Diese ist durch den Geruch nach Bittermandel gut wahrnehmbar. Alle Personen, die mit Blausäure oder Cyaniden in jeglicher Form beruflich umgehen müssen, sind in Erste-Hilfe-Maßnahmen zu unterweisen.

### Feuerwerk in den Niederlanden

Selbstverständlich ist auch beim Umgang mit explosiven Stoffen vorausschauendes und umsichtiges Arbeiten angesagt. Ebenso gelten für Lagerung und Transport besondere Hinweise. Was aus Unkenntnis bzw. Nichtbeachten passieren kann zeigte auf tragische Weise ein Unglück in einer Feuerwerksfabrik. Beim Explosionsunglück in der niederländischen Stadt Enschede im Mai 2000 auf dem Gelände der SE Fireworks waren 22 Tote und 947 Verletzte zu beklagen. Die Sachschäden wurden mit etwa 500 Millionen Euro beziffert. Nach dem Unglück waren 1500 Personen obdachlos. Die Fabrik lag mitten in der Stadt. In einer Werkshalle wurden in einem Arbeitsraum Feuerwerkskörper hergestellt und in anderen Bauabschnitten desselben Gebäudes gelagert.

Bei dem nachträglichen Einbau einer Sprinkleranlage war nicht darauf geachtet worden, die Durchführungen der Wasserleitungen durchs Mauerwerk feuerhemmend auszuführen. Die Lagerkapazitäten waren ständig erweitert worden, und zwar von zehn Tonnen 1976 auf 177 Tonnen zur Zeit des Unglücks. Der Arbeitsraum war für eine Menge von 500 Kilogramm zugelassen, tatsächlich waren 900 Kilogramm vorhanden. Im Arbeitsraum kam es zu einem Brand. Die örtliche Feuerwehr war schnell zur Stelle, stellte ihre Einsatzfahrzeuge auf dem Betriebsgelände ab und begann mit den Löscharbeiten. Durch das abbrennende Feuerwerk wurden die in der Nähe des Arbeitsraumes stehenden Lagercontainer, gefüllt unter anderem mit Kugelbomben für Großfeuerwerke, in Brand gesetzt. Als die Kugelbomben explodierten, wurde die Enscheder Feuerwehr einschließlich der Einsatzfahrzeuge ausgeschaltet. Erst 40 Minuten später waren Einsatzkräfte aus anderen Orten zur Stelle. In der Zwischenzeit hatte das „Feuerwerk“ in mehreren Explosionen das gesamte Firmengelände und



Explosion der Feuerwerksfabrik in Enschede im Mai 2000 (Foto: Bart Flikweert).

die umliegenden Wohngebiete zerstört.

In Deutschland gilt auch für die Lagerung explosiver Stoffe die Einteilung nach ADR „Accord Européen Relatif au Transport International des Marchandises Dangereuses par Route“ (Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße). Die Klasse 1 steht für Explosive Stoffe und Gegenstände mit Explosivstoff; sie enthält sechs Unterklassen (1.1 bis 1.6) und 13 Verträglichkeitsgruppen der Stoffe und Gegenstände (A bis S). Silvesterfeuerwerke, sind in 1.4 G oder 1.4 S eingeordnet, Blitzlichtpulver in 1.3 G. Ob der Inhalt mit dem Gefahrzettel übereinstimmt, was im Fall Enschede bezweifelt werden muss, wird von den Behörden (in Deutschland: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung BAM) geprüft.  
*Dr. Maren Bulmahn*

Cyanwasserstoff	
Explosionsgrenze	von 5,4 bis 46,6 Vol% (60 bis 520 mg/m <sup>3</sup> ) in Luft
Gefahrensymbol für Lösungen	> 7 % T+ = hoch giftig, 1 – 7 % T = giftig, 0,1 – 1 % Xn = gesundheitsschädlich
Geruchsschwelle	0,2 bis 5,1 ppm
MAK-Wert	2,1 mg/m <sup>3</sup>
leichte VE	< 35 ppm
erhebliche Vergiftungserscheinungen (VE)	> 50 ppm nach mehrstündiger Aufnahme
absolut tödlich	0,05 g Aufnahme Cyanid (CN <sup>-</sup> )

Tabelle 4: Eigenschaften von Cyanwasserstoff.

# Polymere: Überblick

Mehrere richtige Antworten sind möglich.

1 Bei welchem Stoff handelt es sich um ein Polymer?

- A Stahl.
- B Leder.
- C Fell.
- D Schellack.
- E Asphalt.

2 In welche Kategorien lassen sich Kunststoffe nach ihren Eigenschaften einteilen?

- A Thermoplaste.
- B Monomere.
- C Elastomere.
- D Duroplaste.
- E Konformere.

3 Welcher Kunststoff wurde bereits vor dem Jahr 1900 produziert?

- A Polyvinylchlorid.
- B Celluloid.
- C Galalith.
- D Plexiglas.
- E Bakelit.
- F Ebonit.

4 Wer bekam einen Nobelpreis für seine Arbeiten zu Polymeren?

- A Paul Schlack.
- B Hermann Staudinger.
- C Ernst Richard Escales.
- D Adolf von Baeyer.
- E Victor Regnault.

5 Welcher Kunststoff ging erstmals zwischen 1935 und 1940 in die industrielle Produktion?

- A Buna.
- B Nylon.
- C Teflon.
- D Perlon.
- E Polyurethan.

6 Wie viele Tonnen Kunststoffe wurden weltweit im Jahr 1949 etwa produziert?

- A 10.000
- B 1.000.000
- C 10.000.000
- D 100.000.000
- E 1.000.000.000

7 Nach welchem Verfahren

wird preiswert Polyvinylchlorid hergestellt?

- A Kettenpolymerisation.
- B Radikalische Polymerisation.
- C Ionische Polymerisation.
- D Katalytische Polymerisation.
- E Stufenpolymerisation.

8 Welche Substanz dient als Füllstoff in Kunststoffen?

- A Rutil.
- B Kieselgur.
- C Aluminiumhydroxid.
- D Zinkoxid.
- E Talkum.

9 Ordnen Sie die Kunststoffe nach ihrer Produktionsmenge: Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polystyrol (PS), Polyurethan (PUR), Polyvinylchlorid (PVC).

- A PUR, PE, PP, PVC, PS.
- B PVC, PE, PP, PS, PUR.
- C PVC, PUR, PE, PP, PS.
- D PE, PUR, PVC, PP, PS.
- E PE, PP, PVC, PS, PUR.

10 Was trifft auf Styropor zu?

- A Es besteht aus geschäumtem Polystyrol.
- B Die Abkürzung lautet PS.
- C Es löst sich in Alkohol.
- D Es ist ein Thermoplast.
- E Es hat eine geringe Dichte.

11 Welcher Kunststoff ist ein Polykondensat?

- A Polyurethan.
- B Polyamid.
- C Polyethylen.
- D Polyester.
- E Polyvinylchlorid.

12 Was trifft auf Copolymere zu?

- A Ohne besondere Maßnahmen erhält man stets alternierende Copolymere.
- B Mit Ziegler-Natta-Katalysatoren ergeben sich statistische Copolymere.
- C Grundlage für ein Copolymer ist immer ein ungesättigtes, lineares Polymer.
- D Block-Copolymere entstehen

bei bestimmten anionischen Polymerisationen.

E Ein häufig verwendetes Ppropf-Copolymer ist ABS.

13 Welcher Satz stimmt im Zusammenhang mit Taktizität?

- A Die räumliche Anordnung der Moleküle bestimmt die Taktizität.
- B Die Zahl der Moleküle bestimmt die Taktizität.
- C Die Taktizität beeinflusst die Formbeständigkeit des Kunststoffs.
- D Isotaktische Polymere haben einen besonders niedrigen Erweichungspunkt.
- E Ataktische Polymere lassen sich mit Katalysatoren erzeugen.

14 Was ist oft eine Komponente von Ziegler-Natta-Katalysatoren?

- A Vanadiumtetrachlorid.
- B Aluminium-Alkyl-Verbindung
- C  $VCl_4$ .
- D  $Al(C_2H_5)_2Cl$ .
- E  $TiCl_3$ .

15 Welche Verfahren erlauben eine Wiederverwendung von Altkunststoffen?

- A Bei der Müllverbrennung schmelzen sie und werden als neuer Rohstoff aufgefangen.
- B Sie werden in Öl umgewandelt.
- C Sie dienen in Hochöfen als Reduktionsmittel.
- D Sie werden geschreddert und als Dünger verwendet.
- E Sie werden sortenrein erneut im Extruder verarbeitet.

## Lösungen zu Seite M88 (CLB 12/2008):

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

(Lösungen zu den Fragen hier finden Sie in CLB 01/2009 sowie auf [www.clb.de](http://www.clb.de))

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 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 98,35 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 98,35 Euro pro Jahr (incl. 7 % MWSt., zzgl. Versandkosten) erhalten Sie als persönlicher Abonnent monatlich die CLB mit dem MEMORY-Teil (Firmenabos nach Staffelpreis; siehe [www.clb.de](http://www.clb.de)).

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

## Die Chemie des Lavendelduftes

Wolfgang Hasenpusch, Universität Siegen

Der Duft von Lavendel lässt in uns Erinnerungen an die ausgedehnten violetten Anbaufelder in Norditalien oder Südfrankreich erwachen. Dichte Reihen kultivierten Violets bis Deep Purple erstrecken sich in unendliche Weiten und lassen den typischen Duft des Lavendels in der Augustsonne verströmen. Duft von einem ätherischen Öl, das die Griechen bereits lange vor Christi Geburt wegen seiner angenehm beruhigenden Wirkung schätzten und das vor allem Linalylacetat, Linalool, 1,8-Cineol und Campher enthält. Lavendelblüten sind noch heute in der Heilkunde und Parfümerie geschätzte Bestandteile dieser im Mittelmeerraum weit verbreiteten Anbaupflanze.

### Die Heimat des Lavendels

Der Echte Lavendel (*Lavandula angustifolia*) kann auf sandigem Boden überall dort angebaut und gehalten werden, wo die Fröste ihn nicht von der Wasserzufuhr über längere Zeit hinweg abschneiden. Gerade der Echte Lavendelstrauch zeigt sich für unsere Breiten als winterhart. Beheimatet war der Lavendelstrauch, der Höhen bis zu zwei Meter erreichen kann, zunächst im westlichen Mittelmeergebiet (Abbildung 1). Heute findet man ihn auch in

unseren Gärten und in England, Dänemark, Bulgarien, Moldawien, Russland und Südafrika. Er bevorzugt die trockenen, warmen Hänge und dehnt sich bis hoch zur Waldgrenze in Höhen von 1 800 Meter aus. Je kälter jedoch die Klimazonen sind, desto weniger Duft entströmt dem Lavendel. In Deutschland hat er sich auch in den Gegenden von Jena, Bad Blankenberg und Rudolstadt eingebürgert. Der Lavendelberg zwischen Bingen und Bad Kreuznach zeugt noch von den früheren Anpflanzungen, die heute dem Weinanbau gewichen sind.

In der französischen Provence ist zu 70 bis 80 % die Hybridpflanze Lavandin beheimatet, eine Züchtung aus Echtem Lavendel und Speiklavendel. Obwohl sich der Lavandin sehr ertragreich zeigt, reicht die Qualität des Duftöls nicht an die des Echten Lavendels heran.

Heute ist der Echte Lavendel bei uns in vielen Parkanlagen und Hausgärten zu finden. Die Pflanze lässt es sich problemlos gefallen, im Frühjahr zurückgeschnitten zu werden. Über Stecklinge oder geteiltes Wurzelwerk sind die Pflanzen leicht zu vermehren. Bei der Nachzucht aus abgeschnittenen Lavendelrispen bedarf es einer Wartezeit von drei Jahren, bis sich Blüten bilden. Bekannt sind etwa 25 Lavendelarten, jedoch sind sie mit Ausnahme der frostharten

Abbildung 1: Lavendel-Anbau in Italien.

### Der Autor

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





Lavendula angustifolia nur in wärmeren südlichen Gegenden zu finden.

## Die Lavendelpflanze

Lavendel blüht im Juni, Juli und August. Die Farbe der Blüten variiert von blaulila bis rotviolett. Die Blüten weisen eine fünfzählige Symmetrie auf, und an den bis zu 8 cm langen, ährigen Blütenständen reihen sich 6 bis 10 Mini-Blüten (Abbildung 2). Die schmalen, bis 5,5 cm langen Blätter haben fast nadelförmiges Aussehen. Sie werden auch mit dem Aussehen eines Lineals oder einer beidseitig zugespitzten Lanzette verglichen. Die langen Blätter weisen einen geraden, meist eingerollten Rand auf und wirken in jungen Jahren durch winzige graue Filzhaare stumpf. Im Alter nehmen die Blätter eine grünliche Farbe an. Länge und Breite der Lavendelblätter stehen in einem konstanten Verhältnis zueinander, das durch die Graden-Gleichung „Breite =  $0,122 \times \text{Länge} - 0,5$  [mm]“ beschreibbar ist (Abbildung 3).

In Notzeiten dienten die ausgedehnten Wurzelstöcke des Lavendels als Brennholz. Auch der Strauch selbst entwickelt im Alter ein knorriges Gehölz.

Biologisch zählt der echte Lavendel zu der Familie der Lippenblütler (Lamiaceae).

Aufgrund seiner segensreichen und vielseitigen heilkundlichen Wirkungen wählte eine Fachjury des Theophrastus-Naturheilvereins während der Jahrsagung im Kloster von St. Marienstern den Echten Lavendel zur „Heilpflanze des Jahres 2008“. „In Zeiten der heutigen Reizüberflutung sei die Gesunderhaltung von Nerven und Seele besonders wichtig“ lautete die Begründung für die Auswahl.

Der Name „Lavendel“ taucht erst etwa im mittelalterlichen 13. Jahrhundert auf, obwohl die Pflanze seit Alters her bekannt ist: Griechen und Römer nutzten die Pflanze mit ihren beruhigenden und entspannenden Inhaltsstoffen für ihr tägliches Bad.

So liegt es nahe, dass *Lavendel* von dem lateinischen *lavare* (= waschen) abgeleitet ist. Aber auch das lateinische *levare* (= erleichtern; abwehren) könnte als Namensgeber gedient haben, denn beispielsweise hatten sich mittelalterliche Plünderer von Häusern pest- und cholerabefallener Bürger mit Lavendel-Essenzen, dem sogenannten „Vier-Diebe-Essig“, eingerieben und blieben auf diese Weise vor den Krankheiten verschont.

Neben dem Echten Lavendel, wie wir ihn hierzulande kennen, bestehen noch 24 weitere Arten, die jedoch aufgrund der mangelnden Frost-Resistenz nur im wärmeren Süden um das Mittelmeer herum zu finden sind.

Heilkundlich genutzt werden neben dem Echten Lavendel auch die folgenden Arten:

- Speiklavendel (*Lavandula latifolia*)
- Schopflavendel (*Lavandula stoechas*)
- Lavandin (*Lavandula hybrida*)

## Lavendel als Heilpflanze

Lavendel weist eine Vielzahl von erfolgreichen heilsamen Wirkungen auf. Allergien und auffällige Nebenwirkungen sind bei den üblichen Anwendungen nicht bekannt. Auch größer angelegte direkte Provokationstests blieben negativ.

Die heilenden Wirkungen des Echten Lavendels lassen sich mit den folgenden Eigenschaften zusammenfassen: Er wirkt entkrampfend, neurodepressiv, motorikmindernd, antiseptisch, blähungs- und harntreibend sowie beruhigend.

Die beruhigende Wirkung ist besonders auch bei quirligen Kleinkindern sehr erfolgreich, die durch den Duft des Lavendels auch leichter einschlafen.

Hildegard von Bingen (1098-1179) empfahl Lavendeltinkturen gegen Kopfläuse. Der berühmte Arzt und Chemiker Paracelsus nutzte auch die Anwendung in Form von Räucherwerk. Königin Elisabeth I. von England ließ sich Lavendeltee gegen ihre häufigen Migräne-Kopfschmerzen verabreichen, und im 1. Weltkrieg dienten Lavendeltinkturen zur Wunddesinfektion.

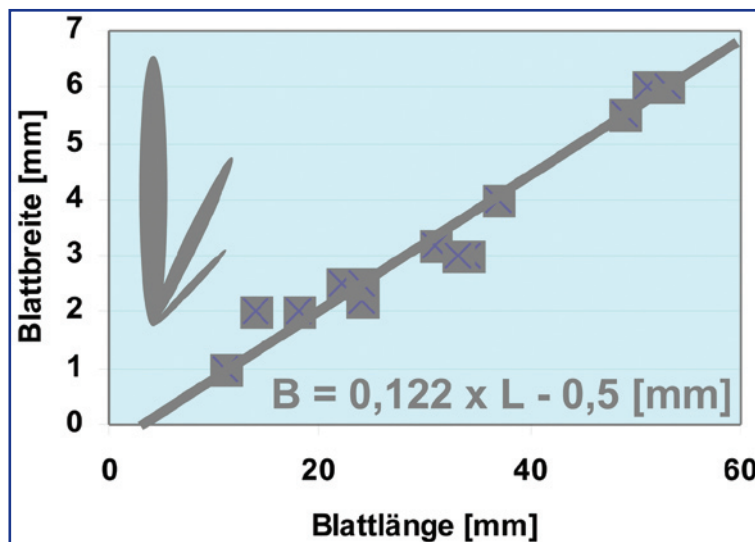


AUFsätze



Abbildung 2: Lavendel-Blüten.

Abbildung 3: Abmessungen der Lavendelblätter.



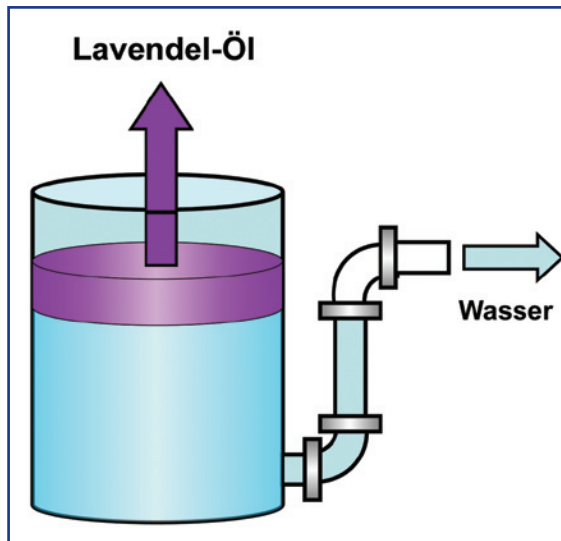


Abbildung 4:  
Abtrennung des  
leichten Lavendel-  
Öls nach der  
Wasserdampf-  
Destillation im  
„Florentiner Topf“.

Die Anwendungen ließen sich noch weiter fortsetzen und mit Erfolgsgeschichten belegen. Einige weitere Anwendungen sind beispielsweise bei:

- Asthma
- Erschöpfung
- Herzbeschwerden
- Bluthochdruck
- Husten
- Kreislaufschwäche
- Magenkrämpfe
- Migräne
- Nervenschwäche
- Nervosität
- Neuralgien (Nervenschmerzen)
- Rheuma
- Schlaflosigkeit
- Kopfschmerzen
- Wasseransammlungen
- Entzündete Wunden
- Gesichtsröse
- Gürtelrose
- Erysipel (Wundrose, durch Streptokokken).

Der Tee lässt sich aus getrockneten Blüten bereiten, Tinkturen mit Alkohol- und Weinessigauszügen.

Tabelle 1:  
Inhaltsstoffe der  
Lavendelöle.

Öl-Sorte	Bezeichnung	Ertrag [1 kg/kg Blütenrispen]	Aussehen	(-)-Linalylacetat [%]	(-)-Linalool [%]	1.8-Cineol [%]	Campher [%]
Lavendelöl	Lavandulae aetheroleum	120	farblos; dünnflüssig	30 - 40	20 - 25	unter 1	
Lavandinol	Lavandulae hybridae aetheroleum	20 - 35	hellgelb; dünnflüssig	30 - 50	25 - 50	3 - 8	5 - 10
Speiköl	Spicae aetheroleum	100 - 200	farblos bis grünlich gelb		30 - 50	20 - 35	1 - 35
Schopflavendelöl		75 - 100	farblos	(70 - 80 % Fenchon)		bis 5	10

Beim Lavendelessig kommen auf 10 g Lavendelblüten etwa 10 g Ethanol (oder 20 g Rum, 50%ig) sowie 80 ml Weinessig. Nach etwa einer Woche wird abfiltriert. Der Lavendelauszug findet bei rheumatischen Beschwerden und Gicht seine Anwendungen.

Ätherische Öle kommen in Duftlampen zum Einsatz.

Kräuterkissen, gefüllt mit Lavendelbrühen, beruhigen durch den angenehmen Duft sowie durch die in den Raum abgegebenen Inhaltsstoffe und vertreiben Motten aus den Kleiderschränken.

Lavendelblüten sind als Gewürz in mediterranen Speisen, Tabak-Mischungen und Kräuter-Kompositionen aus der Provence zu finden, wo ihre exotische Würze an Sommer, Sonne und Urlaub erinnern lässt.

Aus einer Anpflanzung von einem Hektar lassen sich 40 bis 45 kg ätherisches Öl gewinnen. Für 1 kg Lavendelöl benötigt man etwa 100 kg Blüten. Das ist im Vergleich zum Rosenöl noch relativ ergiebig. Denn für diesen kostbaren Parfüm-Rohstoff müssen fleißige Hände 3 000 kg Rosenblüten pflücken.

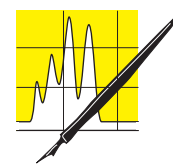
Die Lavendelölgewinnung erfolgt mittels Wasserdampf-Destillation: Wasserdampf streicht durch die Blüten und schleppt die ätherischen Öle mit in eine Abkühlzone, wo Wasserdampf und Öle kondensieren. Über ein „Florentiner Gefäß“ (Abbildung 4) lässt sich das Öl von dem Wasser trennen.

### Das Geheimnis des Lavendelöls

Französische Parfümeure setzten Lavendel etwa seit dem 13. Jahrhundert ein und rühmten den Lavendel als wahres Wundermittel.

In den Lavendelölen sind es vor allem die vier Verbindungen Linalylacetat, Linalool, 1.8-Cineol und Campher, die den Duft des Lavendels ausmachen. Nur das Schopflavendelöl besteht hauptsächlich (70 – 80%) aus Fenchon, ein mit dem Campher isomeres, bitter schmeckendes farbloses Öl (Smp. = 6°C; Sdp. = 193°C; D = 0,947; unlöslich in Wasser). Die D-Form kommt auch im Fenchelöl vor, die L-Form im Thujaöl.

Inhaltsstoffe	Linalylacetat	Linalool	1,8-Cineol	±-Campher
Eigenschaften				
Summenformel	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O
Molekulargewicht	196,29	154,25	154,24	152,24
Schmelzpunkt [°C]	unter -20		1,5	179
Siedepunkt [°C]	220	199	177	209
Dichte [g/cm <sup>3</sup> ], 20°C	0,9	0,87	0,93	0,99
Löslichkeit [g/l H <sub>2</sub> O], 20°C	1,34	1,45	3,25	1,2
Gefahrstoff	Xi; reizend	Xi; reizend	entzündlich	F, entzündlich; Xi, reizend
Risiko-Sätze	R36/37/38	R35	R10	R11-36/37/38
Sicherheitsratschläge	S26-36	S37	S16	keine
Flammpunkt [°C]	94	75	49	74



## AUFSÄTZE

Tabelle 2: Eigenschaften der Lavendel-Inhaltsstoffe.

Tabelle 1 zitiert die Erträge an den Lavendelöl-Sorten Echtes Lavendelöl, Lavandiol, Speiköl und Schopflavendelöl sowie die Zusammensetzung der Öle.

Bei der Betrachtung der vier einzelnen Öl-Komponenten (Tabelle 2) fallen einige Ähnlichkeiten auf:

- die chemische Formel liegt im Bereich von C<sub>10</sub>H<sub>18</sub>O
- sie sind relativ leicht ineinander überführbar
- die Siedepunkte schwanken um 200°C und die Dichten um 0,90 g/cm<sup>3</sup>.
- sie haben eine geringe, jedoch nicht zu vernachlässigende Wasserlöslichkeit um 1,2 bis 3,2 Gramm je Liter bei Raumtemperatur
- sie unterliegen als Einzelverbindung der Gefahrstoffverordnung, da sie durchweg schleimhautreizend oder gar entzündlich wirken
- die Flammpunkte liegen mit Werten zwischen 49 bis 94 für Öle relativ niedrig.

Neben dem Linalylacetat sind auch andere Ester mit Carbonsäuren bekannt. Sie zeichnen sich jeweils durch eine spezielle Geruchsnote aus (Tabelle 3).

Die chemische Synthese nutzt die leichte Überführbarkeit der verschiedenen Verbindungen im Lavendel zu Synthesen aus: So ist das Linalool synthetisch über die Reaktion von Methylheptanon mit Acetylen und nachfolgender Hydrierung zugänglich, aus denen die verschiedenen Geruchsstoff-Ester wie durch weitere Hydrierung auch das Geraniol,

das angenehm nach Rosen duftet, herstellbar sind (Abbildung 5).

Die Flammpunkte der Lavendelölbestandteile liegen in Relation zu ihren Siedepunkten hinreichend gut auf einer Geraden, die sich mit der Formel „Flammpunkt = 0,88 × Siedepunkt [°C] – 105“

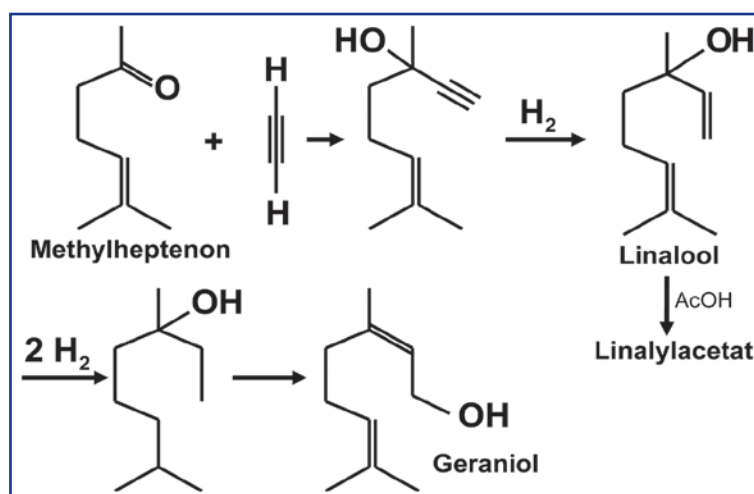


Abbildung 5: Linalool-Synthese und Reaktionen zu Folgeprodukten.

Abbildung 6: Siedepunkt-Flammpunktbeziehung bei den Lavendelölbestandteilen.

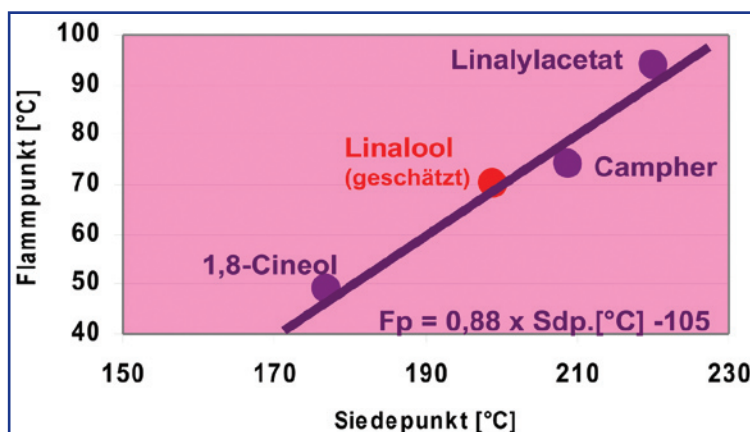


Tabelle 3: Linalylester.

Ester	Geruchsnote
Formiat	Rosenduft
Acetat	bergamotte-artig
Propionat	Bergamotte-Lavendel-Maiglöckchen
Butyrat	Citrus-Lavendel
Valerianat	fruchtig-blumig

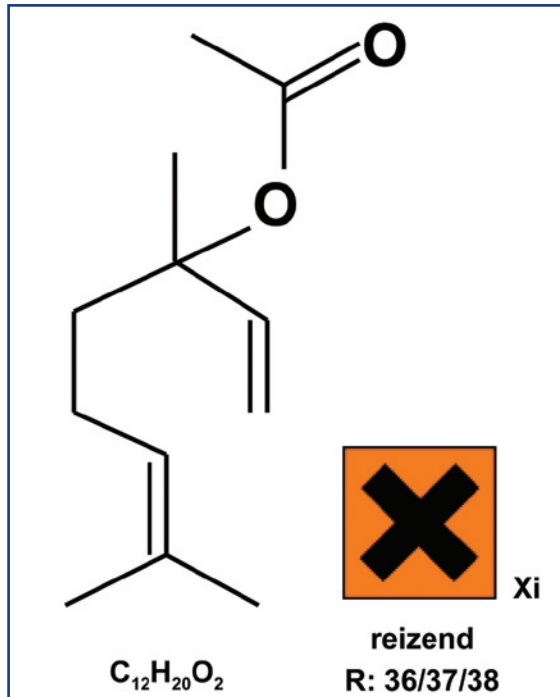


Abbildung 7: Struktur des Lavendelöl-Bestandteils Linalylacetat („Bergamiot“);  $M = 196,29$ ;  $D = 0,9$ ; farblose Flüssigkeit; Sdp. =  $220^\circ\text{C}$ .

beschreiben lässt. Allerdings weicht dieser lineare Zusammenhang etwas von der allgemein empirisch gefundenen, flacheren Gradengleichung „FP =  $0,736 \times \text{Sdp. } [^\circ\text{C}] - 72$ “ ab (Abbildung 6).

Das Linalylacetat, eine angenehm nach Bergamotte riechende Flüssigkeit, deren chemische Formel

Abbildung 9: Struktur des Lavendelöl-Bestandteils 1,8-Cineol;  $M = 154,24$ ;  $D = 0,925$ ; Smp. =  $1,5^\circ\text{C}$ ; Sdp. =  $174 - 177^\circ\text{C}$ ; Löslichkeit in Wasser:  $3,25 \text{ g/l}$  ( $21^\circ\text{C}$ ); R 10; LD50 =  $2480 \text{ mg/kg}$  (Ratte, oral).

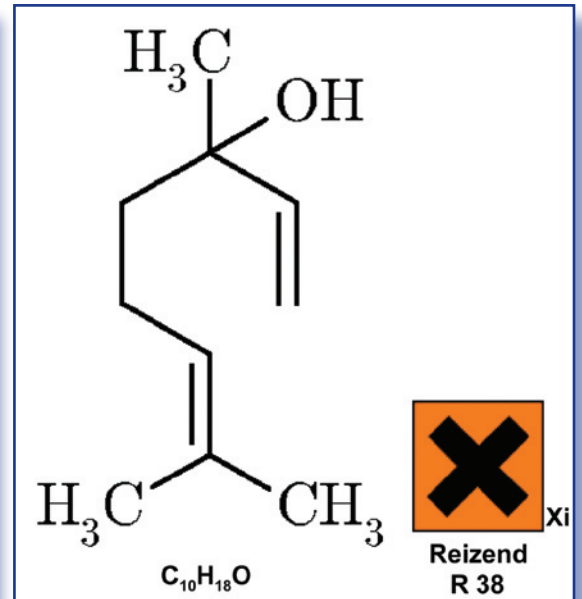
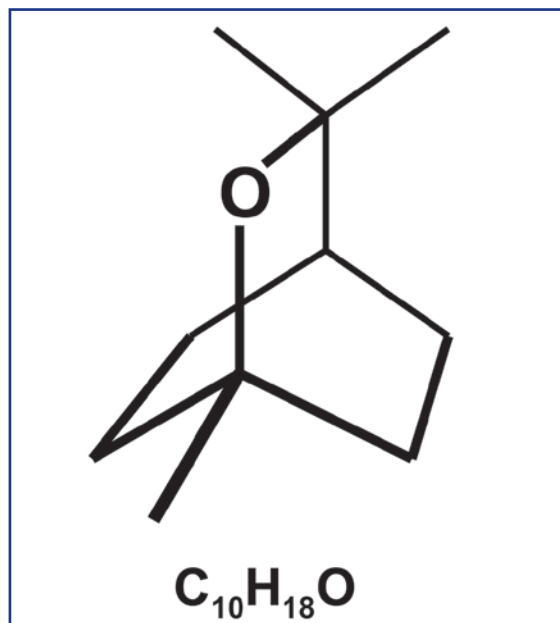


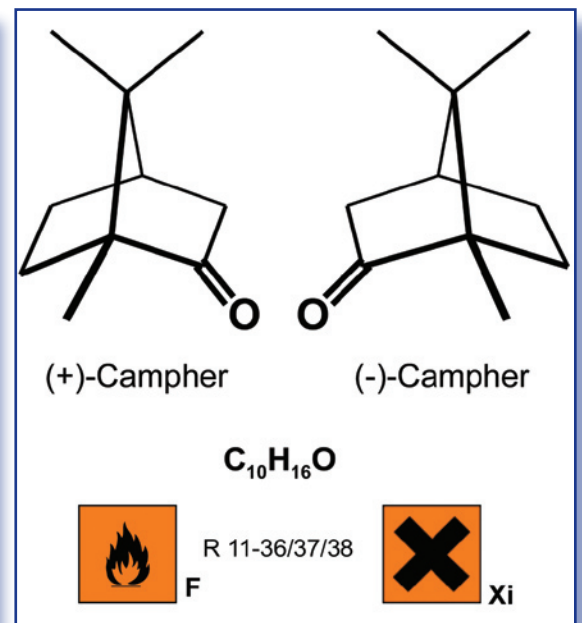
Abbildung 8: Struktur des Lavendelöl-Bestandteils Linalool;  $M = 154,25$ ;  $D = 0,87$ ; Flüssig, Sdp. =  $199^\circ\text{C}$ ; Löslichkeit in Wasser:  $1,45 \text{ g/l}$  ( $20^\circ\text{C}$ ).

in Abbildung 7 dargestellt ist, befindet sich neben dem Lavendelöl (30-40%) auch im Zitronenöl und im Jasminöl.

Das mit Geraniol und Nerol isomere Linalool riecht blumig nach Maiglöckchen. Es ist auch in vielen anderen etherischen Ölen enthalten, wie beispielsweise im Bergamottöl, Basilikumöl, Rosenöl, Zimtöl, Thymianöl, Geraniöl und in Citrusölen (Abbildung 8).

Linalool gilt auch als wichtige Zwischenverbindung auf dem Weg zur Vitamin E-Synthese.

Abbildung 10: Struktur des Lavendelöl-Bestandteils Campher in seinen stereoisomeren Formen;  $M = 152,24$ ;  $D = 0,99$ ; Smp. =  $179^\circ\text{C}$  (Racemat); Sdp. =  $209^\circ\text{C}$  (Racemat); unlöslich in Wasser; löslich in Ethanol, Aceton, Chloroform.



Neben diesen aliphatischen, ungesättigten Kohlenwasserstoffen machen auch zwei Verbindungen mit verbrückten Sechseringen das Geheimnis der typischen Lavendel-Duftmischung aus: das 1.8-Cineol und der Campher.

Beim 1.8-Cineol handelt es sich um ein farbloses, campherartig riechendes Öl, das mit bis zu 85% auch Hauptbestandteil des Eukalyptusöles ist. In Spanien gewinnen chemische Betriebe technisches 1.8-Cineol in großen Mengen durch fraktionierte Destillation aus dem Eukalyptusöl. Neben dem Einsatz als Aromastoff in der Parfümindustrie, findet das 1.8-Cineol auch seine Anwendung bei Bronchialkatarrhen in der Veterinärmedizin. Seine Molekülstruktur mit einigen Stoffdaten zeigt die Abbildung 9.

Wesentlich geringere Bedeutung fällt dem isomeren 1.4-Cineol zu.

Einer alten arabischen Handelsbezeichnung *Kamfur* entstammt der triviale Stoffname Campher. Im Deutschen findet man auch die Schreibweise *Kampfer*. Anders als die anderen etherischen Bestandteile im Lavendelöl, handelt es sich beim Campher um einen, schon bei Raumtemperatur leicht flüchtigen Feststoff (Abbildung 10). Der Schmelzpunkt von 180°C täuscht darüber hinweg, dass bereits bei deutlich niedrigeren Temperaturen eine starke Sublimation einsetzt. Bewahrt man beispielsweise eine Portion des kristallinen farblosen Camphers in einem Tuch eingeschlagen auf, ist am Folgetag nichts mehr zu sehen. Als mir dieses einmal selbst widerfuhr, hatte ich zunächst meine Laborkollegen in Verdacht, mir ein Streich gespielt zu haben. Campher lässt sich also nur in gut verschlossenen Gefäßen bevorraten.

Äußerlich wirkt Campher reizend und hyperämisierend (blutanstauend) bis hin zu schmerzhaften Entzündungen. Eingenommen verursacht er Erregung und Krämpfe, die bis zum Kollaps führen können. Der Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) liegt mit 13 mg/m<sup>3</sup> relativ niedrig. Die anregende Wirkung des Camphers auf Kreislauf und Atmung nutzt die Medizin schon seit langem in der Form des Campher-Spiritus, einer Mischung aus 1 Teil Campher, 7 Teilen Ethanol (90%ig) und 2 Teilen Wasser.

Die Herstellung dieser Verbindung erfolgt in China und Japan aus zerkleinertem Holz des bis zu 12 m hoch wachsenden Campher-Baumes durch Wasserdampf-Destillation. Heute hat sich auch die Campher-Synthese aus dem Pinen durchgesetzt. Zwei Drittel des Camphers wurden in den 90iger Jahren noch von der Celluloid-Industrie verbraucht. Ferner findet er seinen technischen Einsatz bei der Herstellung von Schießpulvern, Desinfektionsmitteln und Mottenkugeln. Wissenschaftlich wurde Campher aufgrund seiner großen molaren Gefrierpunktserniedrigung bei der kryoskopischen Molekulargewichtsbestimmung (Methode nach RAST) eingesetzt.

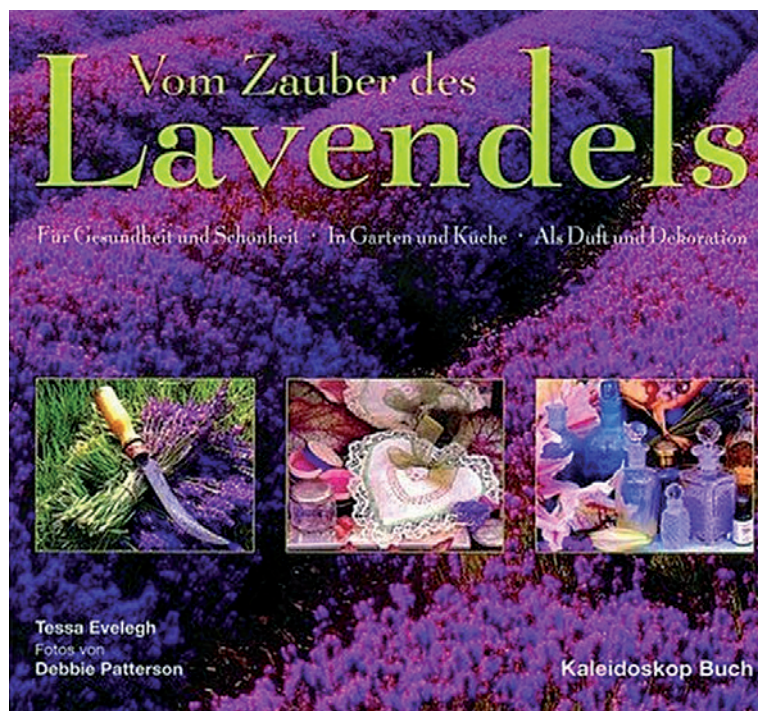
## Fazit

So angenehm und beruhigend auch der Duft des Lavendels sein mag, so umfangreich er auch medizinisch seine Anwendungen gefunden hat, seine Bestandteile sind mit Vorsicht zu genießende Verbindungen und ein Übermaß kann, wie bei allem, von Übel sein. So schwärmen zwar viele Bücher [1-4] über den Zauber der sinnlichen Düfte (Abbildung 11), treffender lautet der Titel eines Filmes über den Lavendel, den der Süddeutsche Rundfunk am 15. Oktober 2006 zum ersten Mal sendete: „Lavendel: Blume zwischen Himmel und Hölle“ [5]. So angenehm sein Duft uns erfreut, für die Motten in unseren Kleiderschränken zumindest gleicht er dem Fegefeuer der Hölle. **CLB**

## Literatur:

- [1] Cremer, D. „Poetische Wanderung durch die Provence. Wo Licht gesät ist und Lavendelträume blühen“, Ars Liturgica, Maria Laach (1991)
- [2] Drostel, J., „Lavendel, Zimt und Rosenholz. Die Welt der sinnlichen Düfte“, Thorbecke Verl., Ostfildern (2006)
- [3] Eveleigh, T. und D. Patterson, „Vom Zauber des Lavendels“, Kaleidoskop Buch, 128 S., 230 Fotos (2000)
- [4] Weleda-Nachrichten, „Duftender Lavendel: Bio-lavendel aus Moldavien. Lichtvolle Blüten mit langer Tradition, Lavendel im Hausgarten und Lavendel-Entspannungsdusche“, Nr. 250 (2008), [www.weleda.de](http://www.weleda.de)
- [5] Saarländischer Rundfunk: „Lavendel: Blume zwischen Himmel und Hölle“, Erstausstrahlung 15.10.2006 vom SR, Film-Dokumentation von C. und D. Fuchs, 45 Min. (Inhalt: [www.sr-online.de/fernsehen/482/570007.html](http://www.sr-online.de/fernsehen/482/570007.html))

Abbildung 11: Titelbild eines der vielen Bücher über die Lavendel-Pflanze.



**AUFsätze**

Pflanzenchemie im Experiment, Teil 2: Gewürzpflanzen

## Appetit-anregend und antibakteriell

Georg Schwedt, Bonn

Nicht nur für die Weihnachtsbäckerei – speziell für Lebkuchen – sondern auch für Speisen vieler Art, werden Teile von Gewürzpflanzen wegen ihrer besonderen Inhaltsstoffe seit Jahrtausenden verwendet.

Seit dem 15. Jahrhundert werden in Europa Gewürzpflanzen importiert und in getrocknetem Zustand als Gewürze angeboten. Heute wird die Bezeichnung Gewürze für alle in der Zubereitung von Speisen verwendeten Kräuter mit Aroma – in Form frischer oder getrockneter Pflanzenteile – verwendet. Charakteristisch für Gewürze sind nicht nur ätherische Öle, sondern auch spezifische Inhaltsstoffe, die den Appetit und die Bildung von Speichel und Magensaft anregen. Für zahlreiche Gewürze wurden auch antibakterielle Wirkungen nachgewiesen – so für Nelken und Zimt. Lebkuchen-Gewürze enthalten Zimt, Anis, Piment, Nelken und Koriander, Christstollen-Gewürze bestehen aus Macisblüte, Orangeat und Citronat, Koriander, Kardamon und Zimt.

Neben aromatischen Zitronen im Gemüseregal: würzige Ingwerknollen (Foto: Kickuth).



### Anis

Schon im Papyrus Eber um 1500 v. Chr. wird die im Mittelmeerraum heimische Anispflanze (*Pimpinella anisum*), ein einjähriger Doldenblütler, mit medizinischer Wirkung erwähnt. Aus den Früchten wird das Anisöl (mit 80-90 % Anethol) gewonnen. Als Gewürz werden die reifen, getrockneten Spaltfrüchte verwendet – z.B. für Anisplätzchen.

**Versuch:** Ein kleiner Spatellöffel voll Anis wird im Becherglas mit 10 bis 20 Millilitern Wasser bis zum Sieden erhitzt. Die Lösung wird in ein Schnappdeckelglas abfiltriert. Ein Teil wird in einem zweiten Glas mit einem Spatellöffel voll Natriumcarbonat versetzt. Weiterhin wird ein Kaltextrakt mit Spiritus in einem Schnappdeckelglas gewonnen, die Lösung in ein weiteres Glas dekantiert. Auch hier fügt man Natriumcarbonat und Wasser hinzu.

Das Filtrat des Heißextrakts ist kaum gefärbt. Nach der Zugabe von Natriumcarbonat tritt eine intensive Gelbfärbung auf. Der Spiritus-Extrakt ist leicht gelb gefärbt. Die Farbe verstärkt sich nach dem Zusatz von Natriumcarbonat und Wasser deutlich.

Anis enthält u.a. die Flavonoide Quercetin, Luteolin, Rutin und Apigenin. Quercetin löst sich in kaltem Wasser kaum, wesentlich besser in Alkohol. In alkalischer Lösung tritt eine intensive Gelbfärbung (infolge Dissoziation) auf. Weitere wichtige Inhaltsstoffe sind das Furanocumarin Bergapten und das Hydroxycumarin Umbelliferon.

### Ingwer

Mit Ingwer bezeichnet man die gebrühten, getrockneten, ganzen oder in Stücke zerschnittenen knollenartigen Wurzelstöcke der in Westindien heimischen schilfartigen, bis zu 15 Meter hohen Pflanze Gemeiner Ingwer (*Zingiber officinale* Roscoe). Neben dem ätherischen Öl mit Terpenkohlenwasserstoffen und -alkoholen spielt das substituierte Phenol Gingerol eine Rolle, welches den scharfen Geschmack verursacht (auch als Bestandteil des Curry-Pulvers). Als Küchengewürz wird Ingwer zum Einlegen von Kürbis und Senfgurken, zum Einwecken von Birnen und zur Herstellung von Ingwerbier (Ginger Ale), -branntwein, für Ingwerschokolade und andere Süßwaren verwendet.

**Versuch:** Je 2 bis 3 kleine Spatellöffel von gemahlenem Ingwer werden mit je 10 ml Wasser in zwei Bechergläser übergossen. Dem einen Glas fügt man

einen großen Spatellöffel voll Natriumcarbonat hinzu. Die Inhalte beider Gläser werden bis zum Sieden erhitzt und die Extrakte dann in Schnapdeckelgläser filtriert. Der Soda-Extrakt ist intensiv gelb im Vergleich zu dem fast farblosen wässrigen Extrakt. Die Verbindung 6-Gingerol verursacht in alkalischer Lösung die Gelbfärbung.

## Kardamon

Kardamon zählt zu den Ingwergewächsen (s. unter Ingwer). Die Kardamonpflanze (*Amomum compactum*) wird auf Jawa, Sumatra und der Malaischen Halbinsel angebaut. Für Oblaten-Lebkuchen wird das Gewürz vorwiegend aus Vorderindien und Sri Lanka bezogen. Kardamon kann sehr vielseitig verwendet werden – so in Gewürzbrot, Honig- und Lebkuchen, aber auch für Fleischbällchen, Rahmsoßen, Rinder-Stew, Rotweinpunsch, Glühwein, Milchshakes (anstelle von Zimt). Ein „kleiner Hauch“ wird auch für Wild- und Fleischpasteten empfohlen. Es wird für die Weihnachtsbäckerei – und auch bei der Wurstherstellung verwendet. Das als kostbar bezeichnete Gewürz wurde schon im Altertum aus Indien importiert. Es soll schon vor Christi Geburt in Babylon angebaut worden sein. Um 1200 gelangte es auch nach Mitteleuropa.

**Versuch:** Ein Esslöffel Kardamon wird mit 20-30 ml Wasser im Becherglas bis zum Sieden erhitzt, der Extrakt filtriert. Das etwas trübe Filtrat ist schwach gelb (rötlich gegen das Licht) gefärbt. Nach dem Lösen von Natriumcarbonat entsteht eine klare, intensiv gelb gefärbte Lösung. Nach dem Zutropfen 0,1 %iger Iodlösung färbt sich der Extrakt blau; nach dem ersten Tropfen verschwindet die Farbe noch beim Umschütteln (infolge reduzierend wirkender Aromastoffe). Die Inhaltsstoffe ähneln denen des Ingwers.

## Nelken

Als Gewürznelke wird die vollständig entwickelte, noch nicht aufgeblühte, getrocknete, dunkelbraune bis schwarzbraune Blütenknospe des über 10 Meter hoch wachsenden Gewürznelkenbaumes (*Syzygium aromaticum* L. – ein Myrtengewächs) bezeichnet. Er ist auf den Molukken und ostafrikanischen Inseln beheimatet. Die wichtigsten Inhaltsstoffe im Hinblick auf den aromatischen Geruch und Geschmack sind Eugenol, Acetyleugenol, Eugenin, Vanillin und auch Gallotanninsäuren.

**Versuch:** Aus wenigen Gewürznelken wird im Becherglas ein wässriger Heißextrakt gewonnen. Dieser wird nach dem Abkühlen so weit verdünnt, dass er nur noch schwach gefärbt ist. Dann fügt man wenige Tropfen einer 5%igen Eisen(III)-Salz-Lösung hinzu. Der Heißextrakt ist bereits intensiv gelb gefärbt. Die nach dem Verdünnen fast farblose Lösung verfärbt sich nach dem Zusatz von Eisen(III)-Ionen schwarz,



Gewürznelken am Zweig in Munduk, Bali (Indonesien; Foto: Tinofrey).

nach einem weiteren Verdünnen dann blauviolett – als Nachweis der Gallotannine.

## Macis (Muskat)blüte

Bei der Macisblüte handelt es sich um den getrockneten Samenmantel der Muskatnuss des Muskatnussbaumes (*Myristica fragans* Houtt.) – mit milderem Geschmack und Aroma als der Muskatnuss. Im ätherischen Öl sind vor allem Pinene, Sabinen und Limonen und auch Phenylpropanderivate und spezielle phenolische Komponenten enthalten.

**Versuch:** Ein kleiner Spatellöffel Macis wird im Becherglas mit ca. 20 ml Wasser bis zum Sieden erhitzt und filtriert. Das Filtrat ist schwach gelb gefärbt. In Schnapdeckelgläsern fügt man einem Teil einige Tropfen 0,5 ml/l Natronlauge hinzu, einem

Macis (*Myristica fragans*), Macis oder Muskatblüte, der Samenmantel des Muskatnussbaums (Foto: Rainer Zenz).





Handelsübliche Ceylon-Zimtrinde besteht aus 8 bis 10 cm langen Rollen mit unterschiedlichster Qualität. Helle Rinden in dünnen Stangen (Wandstärken von 0,2 bis 0,5 mm) haben die beste Qualität (Foto: Obendrauf).

anderen Teil tropfenweise 0,1 %ige Iodlösung. Die alkalische Lösung färbt sich intensiv gelb, die Iodlösung ergibt eine Blaufärbung, die nach dem ersten Tropfen beim Umschütteln wieder verschwindet. In einem auf gleiche Weise gewonnenen Extrakt mit Spiritus färbt sich das Filtrat nach dem Verdünnen mit Wasser (Trübung) und Zugabe von Natronlauge rotbraun. In der Muskatblüte ist Stärke vorhanden (Blaufärbung durch Iod), Aromastoffe reduzieren Iod und die Pflanzenphenole verursachen der Farbreaktionen in alkalischer Lösung.

## Orangeat und Zitronat

Mit Orangeat bezeichnet man in Stücke geschnittene kandierte Schalen der Pomeranzen (Bitterorangen; Frucht des Baumes *Citrus aurantium* L., Rautengewächs) und Orangen, die ebenso wie Zitronat (Sukkade oder Succad, Zedrat oder Cedrat – kandierte Schale unreifer, grüner Früchte der Zedratzitrone: elliptisch-kugelförmige bis länglich, saftarme Zitrone des Baumes *Citrus medica* L.) als Backgewürz, vor allem auch für Lebkuchen, Verwendung finden.

**Versuch:** Zwei bis drei der Orangeat oder Succade-Würfel werden mit einigen Millilitern Wasser im Reagenzglas bis zum Sieden erhitzt. Dann fügt man einige Tropfen 1 mol/l Natronlauge hinzu. Der fast farblose Heißextrakt färbt sich nach der Zugabe von Natronlauge gelb. Die Farbe nimmt an Intensität zu und es tritt ein Karamellgeruch auf. Infolge des hohen Gehaltes an Glucose-Fructose-Sirup tritt nach der Zugabe von Natronlauge zur heißen Lösung zunächst eine Farbe durch Phenolcarbonsäuren, dann infolge der Karamellisierung bzw. Zuckerkulör-Bildung (Natronlauge als Katalysator) Farbvertiefung ein.

## Piment

Das typische Oblaten-Lebkuchen-Gewürz, der „Nelkenpfeffer“, besteht aus der nicht ausgereiften,

getrockneten, kugeligen rotbraunen bis schwarzbraunen Beere des bis 13 Meter hohen Pimentbaumes (*Pimenta dioica* L.) – in Westindien (Jamaica) beheimatet. Der charakteristische Geruch und Geschmack erinnert an Nelken, Muskat, Zimt und Pfeffer zugleich und wird durch die Inhaltsstoffe Eugenol, 1,8-Cineol sowie zahlreiche Mono- und Sesquiterpenkohlenwasserstoffe hervorgerufen. Glucoside der Gallussäure als Gerbstoffe haben antioxidative Wirkungen. Anbaugelände sind Mexiko, Ostindien und Jamaika.

**Versuch:** Aus dem dunkelbraunen Pulver wird ein wässriger Heißextrakt gewonnen. Das Filtrat ist intensiv braun gefärbt. Nach dem Verdünnen und dem Zutropfen verdünnter Natronlauge färbt es sich braunschwarz (ebenso nach dem Lösen von Natriumcarbonat) – infolge von Oxidationen und Kondensationen der Pflanzenphenole. Nach der Zugabe einiger weniger Tropfen einer Eisen(III)sulfat-Lösung färbt sich die Lösung tiefschwarz (Gerbstoffe).

## Zimt

Zimt ist die Sammelbezeichnung für die getrocknete Sekundärrinde (bei Ceylonzimt) oder auch die getrocknete primäre und sekundäre Rinde (bei Cassiazimt) verschiedener immergrüner Bäume der Gattung *Cinnamomum* (Lorbeergewächse) – als Ceylonzimtbaum (Echter Zimt) *C. zeylanicum* und als Cassia- oder Chinesischer Zimt *C. aromaticum* Nees. Geruch und Geschmack werden durch Zimtaldehyd und Eugenol bestimmt, andere Holzbestandteile wie Ligninabbauprodukte und phenolische Substanzen (Zimtsäure, Gerbsäuren u.a.) sind ebenfalls im Gewürz vorhanden.

**Versuch:** Im Reagenzglas wird ein kleiner Spatel-Löffel Zimt mit einigen Millilitern Wasser bis zum Sieden erhitzt. Danach fügt man einige Tropfen der 1 mol/l Natronlauge hinzu. Der wässrige Extrakt ist kaum gefärbt. Nach der Zugabe der Natronlauge färbt sich die Lösung schwarz und auf der Oberfläche schwimmt ein rotbrauner Schaum. Die Ligninabbauprodukte und phenolischen Inhaltsstoffe reagieren in alkalischer Lösung unter Kondensation zu intensiv gefärbten Produkten. CLB

## Literatur

- Schwedt, G.: Chemische Experimente in Schlössern, Klöstern und Museen, 4. Fürstliche Küchenchemie – lebensmittelchemische Experimente mit historischen Ingredienzien, S. 69-88, Wiley-VCH, Weinheim 2002
- Schwedt, G.: Chemie für alle Jahreszeiten. Einfache Experimente mit pflanzlichen Naturstoffen, 5.6 Gewürze aus fernen Ländern, S. 184-188, Wiley-VCH, Weinheim 2007
- Ternes/Täufel/Tunger/Zobel: Lexikon der Lebensmittel und der Lebensmittelchemie, 4. Aufl., Wiss. Verlagsges., Stuttgart 2005
- Obendrauf, Viktor: Cumarin: Vorkommen, Wirkungen, Analytik für den Unterricht, CLB 09-2007, S. 328-337.



## Bayer-Innovationsperspektive 2008

# 5 % der F&E-Ausgaben der deutschen Wirtschaft

**D**er Bayer-Konzern will seine Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten trotz der aktuellen Finanz- und Wirtschaftskrise weiter ausbauen. Das gab Werner Wenning, Vorstandsvorsitzender der Bayer AG, im Rahmen des internationalen Presseforums „Bayer-Innovationsperspektive 2008“ vor 130 Journalisten in Leverkusen bekannt.

Im Jahr 2008 liegt seinen Ausgaben zufolge das Forschungs- und Entwicklungsbudget bei rund 2,8 Milliarden Euro. Zum Vergleich: Der Forschungsaufwand der BASF betrug 2007 bei 1,38 Milliarden Euro. Allerdings ist zu beachten, dass Bayer einen beträchtlichen Pharmanteil in seinem Portfolio hat, (u.a. aus der Akquisition von Schering), und Pharma ist sehr forschungsintensiv. Dennoch: Laut Wenning entspricht das Bayer F&E-Budget rund fünf Prozent der Ausgaben für Forschung und Entwicklung der gesamten deutschen Wirtschaft.

Die Arzneimittel-Entwicklungspipeline ist mit derzeit 50 Projekten in den klinischen Erprobungsphasen I bis III gut gefüllt. Darüber hinaus plant das Unternehmen im Zeitraum von 2008 bis 2012 zehn neue Pflanzenschutzwirkstoffe mit einem Spitzenumsatzpotenzial von insgesamt mehr als einer Milliarde Euro auf den Markt zu bringen. Lösungen für mehr Klimaschutz sind ein Schwerpunkt der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten im Bereich hochwertiger Materialien.

### Bayer HealthCare

Zu den besonders wichtigen Bayer-Entwicklungen gehört der Gerinnungshemmer Xarelto, der derzeit am intensivsten untersuchte Faktor-Xa-Hemmer

in der klinischen Entwicklung. Mehr als 60 000 Patienten sollen an dem klinischen Entwicklungsprogramm für Xarelto teilnehmen. Das Unternehmen erhielt im Jahr 2008 die Zulassungen in Kanada und in der EU. Das als Tablette einzunehmende Medikament kann nun zur Prophylaxe von venösen Thromboembolien nach geplanten Hüft- oder Kniegelenkimplantationen bei erwachsenen Patienten eingesetzt werden. Darüber hinaus sind klinische Studien für andere Indikationen bereits in fortgeschrittenen Phasen. Dieses Arzneimittel hat nach Firmenangaben ein jährliches Spitzenumsatzpotenzial von mehr als zwei Milliarden Euro.

Fortschritte in der Entwicklungspipeline der Leverkusener gibt es auch in der Indikation Krebs: Neben dem bereits zur Therapie von Nieren- und Leberkrebs zugelassenen Medikament Nexavar, das sich aktuell in mehr als 200 klinischen Studien gegen andere Krebsarten befindet, hat Bayer seine Forschungsaktivitäten in der Onkologie weiter ausgebaut. Beispiele hierfür sind unter anderem die Allianz mit dem Deutschen Krebsforschungszentrum in Heidelberg und die Akquisition des Kölner Biotech-Unternehmens Direvo, das die präklinische Pipeline von Bayer ergänzt und die Biologika-Forschungskompetenz stärkt.

Mit dem Wirkstoff VEGF Trap-Eye zur Behandlung der feuchten altersbedingten Makula-Degeneration befindet sich seit 2007 ein weiteres Biopharmazeutikum in der klinischen Phase III. Darüber hinaus gibt es Fortschritte in der Entwicklung der beiden Herz-Kreislauf-Wirkstoffe Riociguat gegen chronisch thromboembolischen und arte-



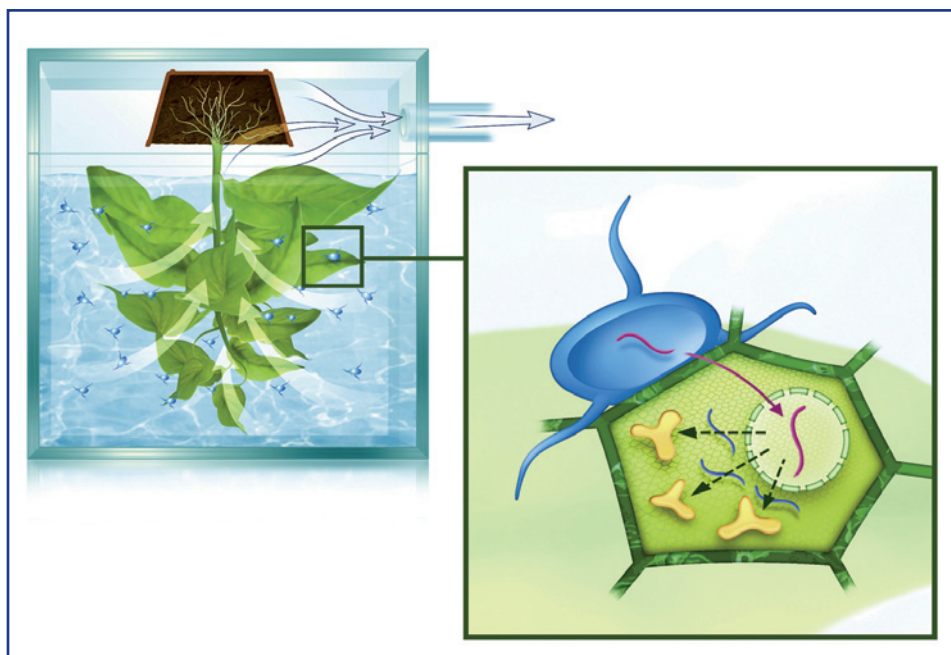
Werner Wenning, Vorstandsvorsitzender der Bayer AG (rechts) und Forschungsvorstand Dr. Wolfgang Plischke eröffnen die Bayer Innovations-Perspektive 2008 in Leverkusen (Foto: Bayer)..

riellen Lungenhochdruck sowie Cinaciguat zur Behandlung der akut dekompensierten Herz-Insuffizienz.

### Bayer CropScience

Mit Produkten auf Basis von Wirkstoffen, die seit 2000 in den Kernmärkten eingeführt wurden, konnte der Umsatz im Dreivierteljahr 2008 im Vergleich zum Vorjahr auf währungsbereinigter Basis um 44 Prozent gesteigert werden. Diese Produkte machen bereits rund 30 Prozent des Agrochemie-Umsatzes von Bayer CropScience aus. Die angestrebte Umsatzmarke von zwei Milliarden Euro aus diesem Programm könnte bereits bis Ende 2009 erreicht werden.

Das aktuellste Beispiel ist das Schädlingsbekämpfungsmittel Movento: Der neue insektizide Wirkstoff Spirotetramat hat im Jahr 2008 in den ersten wichtigen Märkten USA und Kanada die Zulassung erhalten und soll



Entwicklungsbeispiel aus dem Leverkusener Konzern: Im Vakuum-Tauchbad entweicht die Luft aus den Zwischenräumen der Pflanzenzellen, sodass die Tauchbadlösung und mit ihr Bakterien der Art *Agrobacterium tumefaciens* eindringen und in besonders engen Kontakt mit den Pflanzenzellen treten (l.). Während die Pflanzen sich wieder im Gewächshaus erholen, schleusen die Bakterien die Wirkstoff-DNS in die pflanzlichen Zellkerne ein, mit denen die Bayer-Forscher die Mikroorganismen vorher ausgestattet hatten (nicht abgebildet). Mit dieser Methode produzieren die Pflanzenzellen sehr schnell Wirkstoffproteine (r.), die dann aus der Pflanze isoliert werden können. Nach einiger Zeit geht die Wirkstoff-DNS wieder verloren (Abb.: Bayer).

in mehr als 70 Ländern vertrieben werden. Für Produkte auf Basis dieses Wirkstoffs wird nach Unternehmensangaben mittelfristig ein jährlicher Umsatz von bis zu 200 Millionen Euro erwartet.

Von 2008 bis 2012 will Bayer CropScience insgesamt 3,4 Milliarden Euro in Forschung und Entwicklung investieren. Hiervon entfallen knapp 2,7 Milliarden Euro auf die Erforschung innovativer Pflanzenschutzwirkstoffe. Rund 750 Millionen Euro sollen im selben Zeitraum in die Entwicklung neuer Lösungen im Bereich Saatgut und Pflanzenbiotechnologie investiert werden. Neben den bisher eingeführten Merkmalen wie Insektenresistenz und Herbizidtoleranz werden in Zukunft verstärkt Ziele wie Ertragsteigerung und Stresstoleranz in den Mittelpunkt der Forschung rücken.

### Bayer MaterialScience

Prozess-Optimierungen wie bei der Chlor- und der TDI-Herstellung sorgen für einen deutlich geringeren Energieeinsatz und damit weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Tonne Produkt. Darüber hinaus verspricht die Nanotechnologie eine Vielzahl von

neuen Möglichkeiten. Durch den Einsatz von Baytubes – den Kohlenstoff-Nanoröhrchen von Bayer – können Werkstoffe extrem stabil und belastbar, aber mit deutlich reduziertem Gewicht hergestellt werden. Damit können beispielsweise Rotorblätter von Windkraftanlagen energieeffizienter konstruiert werden.

Der Leverkusener Konzern beschäftigt 11 800 Forscher und Entwickler. Mehr als 60 Prozent von ihnen arbeiten in Europa – darunter 6300 in Deutschland, dem nach wie vor größten Forschungsstandort des Konzerns weltweit.

Um diese Entwicklungsfähigkeit hier zu halten forderte Bayer-Chef Wenning die Politik auf, neben der klassischen Projektförderung auch eine stärkere steuerliche Förderung von Forschung und Entwicklung über die erhöhte Absetzbarkeit dieser Aufwendungen einzuführen – wie schon in einigen europäischen Ländern geschehen. Dies schaffe zusätzliche Anreize zur Investition in Innovation und damit in die Zukunft des Landes.

Der Vorstandsvorsitzende verwies zudem auf die Notwendigkeit, sich stärker auf die Bildung

zu fokussieren. Bildung benötige einen höheren Stellenwert in der Politik. Zudem bereiten Wenning die langwierigen Diskussionen um die Umsetzung neuer Technologien und um Investitionen in die industrielle Infrastruktur zunehmend Sorgen. Ohne eine ausreichende Akzeptanz in der Gesellschaft sei die Weiterentwicklung von Technologie nicht möglich. Hier seien Politik und Wirtschaft gleichermaßen gefordert, Aufklärungsarbeit zu leisten. „Die Zukunftsfähigkeit eines Standortes ist auch vom Grad seiner Technologie-Akzeptanz abhängig. Wir dürfen nicht nur über die Risiken neuer Technologien diskutieren und dabei die Chancen vollkommen vergessen“, betonte Wenning.

## Lithiumionen-Akkus

# Anode hat mehr Speicherplatz

**E**in Team um Jaephil Cho von der Hanyang University in Korea hat ein neues Anodenmaterial für Lithiumionen-Akkus entwickelt. Es verspricht eine höhere Speicherkapazität.

Lithiumionen-Akkumulatoren erzeugen Strom durch Verschieben von Lithiumionen. Der Akku enthält meist eine Kathode aus einem gemischten Metalloxid, z.B. Lithium-Cobalt-Oxid, und eine Anode aus Graphit. Beim Aufladen wandern die Lithiumionen in die Anode, wo sie zwischen den Graphitschichten eingelagert werden. Beim Entladen wandern sie wieder zurück zur Kathode.

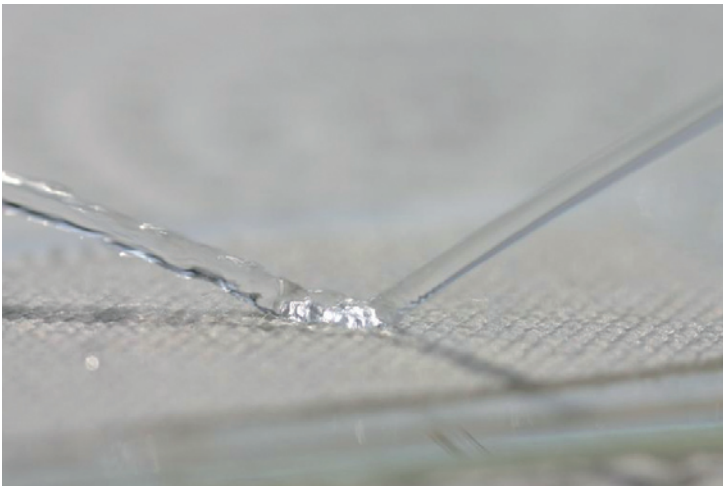
Wünschenswert wäre ein Anodenmaterial, das mehr Lithiumionen speichern könnte als Graphit. Silicium wäre eine interessante Alternative. Das Problem: Silicium dehnt sich bei der Aufnahme der

Lithiumionen (Aufladung) stark aus und schrumpft bei ihrer Abgabe (Entladung) wieder zusammen. Nach mehreren Zyklen sind die notwendigen dünnen Silicium-Schichten dann pulverisiert und lassen sich nicht mehr aufladen.

Die Forscher entwickelten nun eine neue Herstellungsmethode. Sie glühen Siliciumdioxidnanopartikel mit Siliciumpartikeln, deren äußerste Siliciumatome kurze Kohlenwasserstoffketten tragen, bei 900 °C unter Argonatmosphäre. Aus der entstandenen Masse werden die Siliciumdioxidpartikel durch Ätzen herausgelöst. Übrig bleiben mit Kohlenstoff überzogene Siliciumkriställchen in Form einer durchgängigen dreidimensionalen hochporösen Struktur. Anoden aus diesem hochporösen Silicium zeigen eine hohe Ladungskapazität für Lithiumionen.

### Unter Wasser trocken dank Nanofilamenten

Schweizer Forschungsgruppen haben jetzt eine neue Veredelung für Textilgewebe entwickelt. Sie beschichteten Polyesterstoff mit Milliarden von Silikon-Nanofilamenten. Wassertropfen bleiben auf diesem Gewebe als sphärische Kugeln stehen und kommen so praktisch nicht mit den darunter liegenden Fasern in Kontakt. Schon bei der geringsten Neigung rollen die Wassertropfen wie Kugeln rückstandsfrei ab. Laut Forschungsleiter Prof. Seeger ist das neue Textil das Material mit den weltweit wasserabweisendsten Eigenschaften. Belastungstests haben gezeigt, dass der Effekt außerordentlich dauerhaft ist. So konnte das Material während zwei Monaten unter Wasser gehalten werden und blieb trotzdem trocken. Ein Wasserstrahl prallt von dem neuen Gewebe ab (Foto: Uni Zürich).



### Krebs:

#### Mechanismen und Möglichkeiten

- Mikrobiologen der Universität Mainz haben entdeckt, dass **Humane Papillomviren** des Typs 16 mithilfe tetraspaninreicher Mikrodomänen in die Körperzellen geschleust werden. Die Wissenschaftler zeigten im Laborversuch, dass die Infektionsrate zurückgeht, wenn Tetraspanine durch einen Antikörper blockiert oder durch kleine RNA-Moleküle spezifisch depletiert werden. Hier könnte auch eine zukünftige Therapie gegen Gebärmutterhalskrebs ansetzen.

- Das Deutsche Institut für Ernährungsforschung in Potsdam veröffentlichte die Ergebnisse einer Langzeitstudie, nach der die Körperfettverteilung an Taille und Hüfte eine entscheidende Rolle für das **Prostatakrebsrisiko** spielt. Das Bauchfett ist Energiespeicher, und produziert auch Botenstoffe, die die Entwicklung chronischer Erkrankungen fördern.

- Patienten mit **Bronchialkarzinom** haben eine geringe Überlebensrate, wenn der Krebs nicht sehr früh entdeckt wird. Differentialdiagnostisch ist die Bestimmung von ProGRP als Tumormarker wegweisend, wie Wissenschaftler vom Klinikum der Universität München zeigten. ProGRP ist die Vorstufe des GRP. Physiologisch steuert GRP die Freisetzung von Gastrin sowie die Vasodilatation des Respirationstrakts.

- Das **Glioblastom** ist ein häufiger und aggressiver Hirntumor. Bisher versuchten Wissenschaftler, die Tumorzellen in die Apoptose zu treiben. Forscher vom DKFZ in Heidelberg vermuten jetzt jedoch, dass das aktivierte Zelltodprogramm die Tumorzellen auch anregt, in benachbarte Hirnregionen einzuwandern.

- Wissenschaftler aus Kiel untersuchen ein **Tumor-assoziiertes Protein** der Cancer/Testis Antigen-Familie, CT45, welches besonders von Hodgkin-Lymphomen produziert wird. Die Wissenschaftler hoffen, dass Cancer/Testis Antigene Zielstrukturen für eine gegen den Tumor gerichtete Immuntherapie sein könnten.

- Krebszellen können die Apoptose behindern, indem sie **Apoptose-Inhibitoren** (IAPs) produzieren. Diese sind daher das Ziel vieler Krebs-Medikamente. Forscher der Universität Frankfurt fanden jedoch heraus, dass durch die Unterdrückung von IAPs in einer anderen Signalkaskade (MAP-Kaskade), die für die Wanderung von Zellen entscheidend ist, die C-RAF Kinase zunimmt. Das bedeutet, dass dann auch die Bildung von Metastasen gefördert wird. Medikamente, die IAPs angreifen, sollten daher nach Ansicht der Forscher künftig mit Bedacht eingesetzt werden.

- Forscher des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf haben ein Protein identifiziert, das an der Hemmung des Wachstums von Leukämiezellen beteiligt ist. Es handelt sich hierbei um einen **Inhibitor** einer hochspezifischen Proteinmodifikation. Ziel der Forscher ist es, neue und effektive Inhibitoren herzustellen und klinisch auf die gefürchtete Resistenzbildung zu testen, die sich häufig nach kurzer Therapie-Zeit einstellt.

## Proteine, Gene und Hormone

Unter **Progerie** fassen Mediziner eine Reihe von Krankheiten zusammen, die bereits bei Kleinkindern zur Vergreisung führen. Wissenschaftler des MPI für molekulare Genetik und der Charité Berlin zeigten, dass Progerie durch Mutationen des SCYL1BP1-Gens verursacht wird. Dies führt zu einem Funktionsverlust des im Golgi-Apparat lokalisierten SCYL1BP1-Proteins, welches am Transport von Proteinen aus der Zelle beteiligt ist. Die Krankheit wird autosomal-rezessiv vererbt, sie tritt also in Erscheinung, wenn sich auf beiden Chromosomen des Patienten eine Mutation befindet.

**Charakteristische Gene** für eine bestimmte Tiergruppe/Tierart gelten als „neu“ oder „verwaist“, weil sie nur in dieser Tiergruppe vorkommen und keinen Genen in anderen Tiergruppen zugeordnet werden können. Forscher aus Kiel haben am Beispiel von Süßwasserpolyphen herausgefunden, dass diese Gene erheblichen Anteil an der Evolution artspezifischer Merkmale haben.

**Die Gewichtszunahme** kann trotz eines ähnlichen Lebensstils von Mensch zu Mensch enorm variieren. Wissenschaftlern vom Göttinger MPI für biophysikalische Chemie gelang es nun, in der Taufliede eine Vielzahl neuer Gene zu identifizieren, die den Fettauf- und -abbau regulieren. Besonders der COPI-Proteinkomplex bei der Fliege, der Maus und vielleicht auch beim Menschen, scheint eine Schlüsselrolle beim Abbau intrazellulärer Lipide zu haben.

**Die Spinale Muskelatrophie (SMA)** ist eine Erkrankung von motorischen Nervenzellen im Rückenmark. SMA-Patienten fehlt eines von zwei beinahe identischen SMN-Genen, das zweite ist nicht voll funktionsfähig und produziert nur eine verkürzte Variante des SMN-Proteins. Forscher der Universität Bern schleusten Mäusen ein manipuliertes Reparatur-Gen ein, und erreichten bemerkenswerte Verbesserungen des Krankheitsbildes und der Überlebensrate.

**Hepatitis C** kann Leberzirrhose oder Krebs zur Folge haben. Anders als bei Hepatitis A und B kann gegen den C-Typ derzeit nicht geimpft werden, und eine Behandlung ist schwierig. Wissenschaftler der Universität Gießen haben herausgefunden, dass eine microRNA, die praktisch ausschließlich in Leberzellen vorkommt, die Synthese der Proteine des Hepatitis-C-Virus stimuliert.

**Mit Fetuin-A**, einem neuen Biomarker, ließe sich das Herzinfarkt- sowie das Schlaganfallrisiko vorhersagen, so die Wissenschaftler des Deutschen Instituts für Ernährungsforschung (DIFE). Fetuin-A wird in der Leber gebildet und ans Blut abgegeben. Die Forscher haben erstmals gezeigt, dass hohe Blutwerte des Biomarkers mit einem drei- bis vierfach höheren Risiko für Herzinfarkt und Schlaganfall verbunden sind. Erst vor kurzem hatte das Team aus Ärzten und Epidemiologen bereits gezeigt, dass Fetuin-A ein unabhängiger Risikomarker für den Typ-2-Diabetes ist.

## Kompaktes Röntgenmikroskop

# 20 Nanometer ohne Aufwand

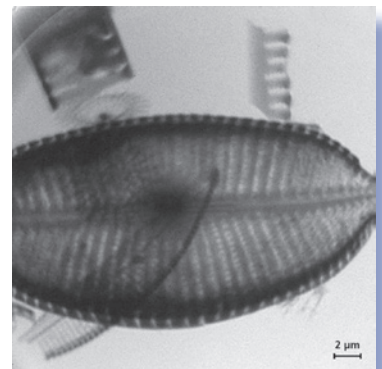
**Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT) hat jetzt ein kompaktes und lichtstarkes Quelle-Kollektorsystem entwickelt, das den Bau leistungsfähiger Röntgenmikroskope im Labormaßstab ermöglicht.**

In der Biologie können Zellen nur recht aufwändig im Inneren analysiert werden. Die Verwendung von Elektronenmikroskopen erfordert zunächst die Fixierung der ganzen Zellen und anschließend ein zeitaufwändiges Anfertigen von Einzelschnitten. Diese können dann an der Oberfläche Stück für Stück hochauflösend analysiert werden. Wesentlich weniger aufwändig geht es mit der Röntgenmikroskopie. Unmittelbar nach der Kryofixierung der ganzen Zellen können dreidimensionale Bilder mit einer Auflösung von derzeit 20 Nanometern aufgenommen werden.

Um die im Vergleich zur Lichtmikroskopie hohe Auflösung von 20 Nanometern zu erreichen, sind kurze Wellenlängen im weichen Röntgenbereich notwendig. Um sinnvolle niedrige Belichtungszeiten zu erzielen, müssen darüber hinaus hohe Photonenflüsse vorhanden sein. Diese werden bis heute üblicherweise an Elektronenspeicherringen in Großforschungsanlagen erzeugt.

Das Volumen des neuen Röntgenmikroskops liegt jedoch unter zwei Kubikmetern. Damit eignet sich die Anlage für den Einsatz vor Ort. Mit dem Röntgenmikroskop können Belichtungszeiten im Sekundenbereich für dünne Proben unter 1 Mikrometer und Belichtungszeiten im Bereich einiger zehn Sekunden für dicke biologische Proben von einigen Mikrometern erreicht werden. Zukünftig sollen auch für diese Proben unter Verwendung optimierter Kondensatorspiegel Belichtungszeiten unter zehn Sekunden erreicht werden.

Als Lichtquelle wurde ein hohlkathodengezündetes Pinchplasma



Aufnahme einer Kieselalge mit dem Röntgenmikroskop (Abb.: ILT).

ma verwendet. Das Arbeitsgas Stickstoff wird in einer gepulsten Hochstromentladung wiederholt ionisiert und kurzzeitig auf Temperaturen von mehreren hunderttausend Grad Celsius aufgeheizt. Ein Teil der so eingekoppelten Energie wird in Form charakteristischer Röntgenstrahlung bei einer Wellenlänge von 2,88 Nanometern abgestrahlt. Die Quelle erreicht eine Strahlstärke von  $4 \times 10^{13}$  Photonen/(sr  $\times$  Puls) für den  $1s2-1s2p$  Übergang von heliumähnlichem Stickstoff. Bei einer Repetitionsrate von 1000 Hz kann unter Verwendung einer angepassten Kollektoroptyk ein Photonenfluss von  $1 \times 10^7$  Photonen/( $\mu\text{m}^2 \times \text{s}$ ) auf der Probe erzielt werden. Dieser Fluss ermöglicht mikroskopische Aufnahmen dicker wässriger Proben mit einer Belichtungszeit von etwa zehn Sekunden.

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Röntgenoptik der Fachhochschule Koblenz und der Accel Instruments GmbH aus Bergisch-Gladbach wurde bereits im Rahmen eines BMBF-Verbundprojektes ein erster Mikroskop-Demonstrator aufgebaut. Durch die Integration einer angepassten Kollektoroptyk und durch weitere Steigerung der Brillanz wird im kommenden Jahr eine Lichtquelle für ein kommerzielles tomographiefähiges Röntgenmikroskop erstellt.

Leibniz-Preisträger 2009

## Elf neue Kundschafter der Wissenschaft

**Die neuen Gottfried Wilhelm Leibniz-Preisträger, eine Wissenschaftlerin und zehn Wissenschaftler, wurden vom Hauptausschuss der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) aus 141 Vorschlägen ausgewählt. Von den elf neuen Preisen gehen je drei an die Natur-, Lebens- und Ingenieurwissenschaften und zwei an die Geistes- und Sozialwissenschaften.**

Der Leibniz-Preis wird seit 1986 jährlich vergeben und gilt als die angesehenste Auszeichnung für Forscher in Deutschland. „Die Leibniz-Preisträger sind Kundschafter der Wissenschaft“, so DFG-Präsident Prof. Matthias Kleiner. „Besonders erfreulich aus Sicht der DFG sei, dass mit Karl Lenhard Rudolph ein weiterer früherer Emmy Noether-Nachwuchsgruppenleiter und Heisenberg-Professor der DFG mit dem Leibniz-Preis ausgezeichnet werde.“ Die Preisträger dürfen ihr Preisgeld von in der Regel 2,5 Millionen Euro in einem Zeitraum von bis zu sieben Jahren nach eigenen Vorstellungen für ihre wissenschaftlichen Arbeiten verwenden.

### Die Preisträger im Kurzporträt:

**Prof. Dr. Holger Braunschweig** (47), Metallorganische Chemie, Institut für Anorganische Chemie der Universität Würzburg. Holger Braunschweig hat mit seinen Arbeiten ein ganzes Forschungsfeld erschlossen: die Verschmelzung von Hauptgruppen- und Übergangsmetallchemie. Besonders wegweisend sind die Arbeiten, mit denen Braunschweig das Element Bor durch die Verbindung mit Metallen gleichsam „gezähmt“ hat. Auf diese Weise wurden neue Moleküle mit neuen Eigenschaften gezeugt, von denen zu erwarten ist, dass sie die Katalyse und Materialwissenschaften nachhaltig befruchten.

**Prof. Dr.-Ing. Jürgen Rödel** (50), Materialwissenschaften, Institut für Nichtmetallisch-Anorga-

nische Werkstoffe der Technischen Universität Darmstadt. Jürgen Rödel befasst sich mit keramischen Hochleistungswerkstoffen. Besonders bedeutsam sind zum einen seine Beiträge zur Entwicklung ferroelektrischer Funktionskeramiken, die unter anderem in Mobiltelefonen und für die Steuerung von Verbrennungsmotoren eingesetzt werden, und neuer bleifreier piezoelektrischer Keramiken. Rödel's zweites Arbeitsgebiet sind neuartige Gradientenwerkstoffe. Hier konnte er mit neuen prozesstechnischen Ansätzen Keramik/Metall-Gradientenwerkstoffe herstellen, die ein hohes Anwendungspotenzial in der Energie- und Medizintechnik haben.

**Prof. Dr.-Ing. Jürgen Eckert** (46), Metallphysik, Institut für Komplexe Materialien, Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung (IFW) Dresden und Institut für Werkstoffwissenschaft der Technischen Universität Dresden. Jürgen Eckert hat entscheidende Beiträge auf dem Gebiet neuartiger amorpher anorganischer Werkstoffe erbracht, die für die Entwicklung neuer technischer Produkte und Lösungen von großer Bedeutung sind. Der Werkstoffwissenschaftler befasst sich vor allem mit metallischen

Gläsern und hier wiederum mit eisenbasierten Ausführungen, die eine extrem hohe Festigkeit aufweisen und dennoch preisgünstig herzustellen sind. Insbesondere die mechanischen, thermischen und magnetischen Eigenschaften und die Korrosion solcher massiven metallischen Gläser werden seit Eckerts Forschungen weitaus besser verstanden. Ebenso bedeutend sind seine Arbeiten zu quasikristallinen und nanokristallinen Strukturen. Dabei hat Eckert stets im Blick, dass die für die Produktion vorgesehenen metallischen Gläser nicht unter Laborbedingungen, sondern in industrieller Umgebung hergestellt werden müssen, ein Anwendungsbezug, der sich auch in den mehr als 15 Patenten des Forschers ausdrückt.

**Prof. Dr. Antje Boetius** (41), Mikrobielle Ökologie, Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie, Bremen. Der Meeresforscherin und Mikrobiologin gelang es, auf dem Ozeangrund mikrobielle Lebensgemeinschaften aus Sulfat reduzierenden Bakterien und metanotrophen Archaea nachzuweisen. Diese Mikroorganismen veratmen in sauerstofffreier Umgebung das in großen Mengen im Meeresgrund vorhandene Methan, und sorgen so dafür, dass nur ein



Ansicht der DFG-Geschäftsstelle Bonn mit DFG-Präsident Prof. Dr.-Ing. Matthias Kleiner.

Teil dieses Treibhausgases in die Atmosphäre gelangt.

**Prof. Dr. Karl Lenhard Rudolph** (39), Gastroenterologie, Institut für Molekulare Medizin und Max-Planck-Forschungsgruppe für Stammzellalterung der Universität Ulm. Karl Lenhard Rudolphs Arbeiten gelten den Telomeren, jenen DNA-Motiven, die sich an den Chromosomenenden befinden und bei jeder Zellteilung um einen Bruchteil kürzer werden. Diesen Prozess der Telomerverkürzung und seine Auswirkungen hat Rudolph erforscht, wobei er sich besonders für das Enzym Telomerase interessiert, das die Verkürzung der Telomere einschränkt und damit häufigere Zellteilungen ermöglicht. Anhand von Mausmodellen und -mutanten konnte Rudolph zeigen, dass die Telomerverkürzung zu einer Verkürzung der Lebenszeit führt und dass beispielsweise die Entstehung der Leberzirrhose von der Telomerase-Aktivität abhängt. Von besonderer Bedeutung ist Rudolphs Erkenntnis, dass die Telomerverkürzung eine zweifache, entgegengesetzte Rolle bei der Entstehung von Krebs spielt: Einerseits führt sie zur Tumorunterdrückung, andererseits geht sie häufig mit spontaner Krebsbildung einher. Nicht zuletzt wies Rudolph nach, dass die Telomerverkürzung auch die Funktion und Lebensdauer von Stammzellen bestimmt.

**Prof. Dr. Frank Kirchhoff** (47), Virologie, Institut für Virologie der Universität Ulm. Mit Frank Kirchhoff erhält einer der weltweit führenden AIDS-Forscher den Leibniz-Preis. Der Virologe hat in den letzten zwei Jahrzehnten entscheidend dazu beigetragen, dass die Entstehung von AIDS und insbesondere die Evolution des HI-Virus immer besser verstanden wird. Kirchhoff konzentrierte seine Forschungen auf das Nef-Protein des HI-Virus. Weitere bedeutende Entdeckungen Kirchhoffs gelten einem Peptid im menschlichen Blut, das aus 20 Aminosäureresten besteht und die Virusvermehrung blockiert, sowie einem Protein in der Samenflüssigkeit, das mit sei-

nen Fasern HI-Viren einfängt, in Zellen eindringen lässt und damit die Infektionsrate erhöht. Diese Befunde können die hohen Raten der sexuellen Übertragung bei AIDS miterklären und gleichzeitig neue Ansätze zur Vermeidung der Übertragung aufzeigen.

**Prof. Dr. Wolfram Burgard** (47), Autonome Intelligente Systeme/Robotik, Institut für Informatik der Universität Freiburg im Breisgau. Wolfram Burgard forscht an der Schnittstelle zwischen Künstlicher Intelligenz und Robotik. Sein Hauptinteresse gilt Robotiksystemen, die sich autonom bewegen können und auch lernfähig sind. Besonders wegweisend sind seine Arbeiten auf dem Gebiet der probabilistischen Robotik. Sie haben gezeigt, dass es möglich ist, auch ohne Vorwissen über die Ausgangsposition eines mobilen Roboters dessen Position und Orientierung zu schätzen. Davor war man davon ausgegangen, dass ein solches Vorgehen nicht praktikabel ist. Burgards Forschungen sind einerseits von grundsätzlicher wissenschaftlicher Natur und erbringen fundamentale Erkenntnisse zur Orientierungsfähigkeit mobiler Roboter. Zugleich tragen sie erheblich zur ingenieurmäßigen Entwicklung von Robotern bei.

**Prof. Dr. Armin Falk** (40), Experimentelle Wirtschaftsforschung, Laboratorium für Experimentelle Wirtschaftsforschung der Universität Bonn. Armin Falk wird für seine Arbeiten ausgezeichnet, mit denen er in der verhaltenswissenschaftlichen Wirtschaftsforschung und in den Wirtschaftswissenschaften insgesamt Maßstäbe gesetzt hat. Sein besonderes Interesse gilt der Frage, wie sich primär nicht-ökonomische, insbesondere psychologische und verhaltensbedingte Motivationen auf das Agieren von Individuen auf Arbeitsmärkten auswirken. Auf fundierter theoretischer Basis und breiter Methoden- und Datengrundlage erforscht Falk die Bedeutung von prozeduraler und prozessbezogener Fairness für wirtschaftliches Verhalten. Aus dieser Perspektive interessiert etwa nicht

nur, wie hoch das Einkommen eines Arbeitnehmers im Vergleich zu anderen Arbeitnehmern ist; genauso wichtig ist, wie er und die anderen ihr jeweiliges Einkommen erlangt haben und wie sie dies unter Fairness-Gesichtspunkten bewerten.

**Prof. Dr. Burkhard Wilking** (38), Differentialgeometrie, Mathematisches Institut der Universität Münster. Burkhard Wilking, der jüngste der neuen Leibniz-Preisträger, gilt international als einer der führenden Differentialgeometer. Mit seinen Arbeiten hat er insbesondere die Riemannsche Geometrie entscheidend beeinflusst. Sowohl auf dem Gebiet der Klassifikation Riemannscher Mannigfaltigkeiten positiver Krümmung als auch im Bereich der Konvergenz des Ricci-Flusses sind ihm spektakuläre Durchbrüche gelungen.

**Prof. Dr. Martin R. Zirnbauer** (50), Mathematische Physik, Institut für Theoretische Physik der Universität zu Köln. Martin Zirnbauer forscht über kondensierte Materie und hier wiederum insbesondere über mesoskopische elektronische Systeme, die aufgrund von Unordnung oder eines Mangels an geometrischen Symmetrien Chaos aufweisen. Herausragende Beispiele seines Wirkens sind die Forschungen zur Color-Flavor-Transformation und die Verallgemeinerung der drei Wigner-Dyson-Universitätsklassen von Zufallsmatrizen auf den „tenfold way“.

**Prof. Dr. Heinrich Detering** (49), Neuere Deutsche und Nordische Literatur, Seminar für Deutsche Philologie der Universität Göttingen. Als Literaturwissenschaftler befasst sich Detering mit der deutschen und skandinavischen Literatur seit dem 18. Jahrhundert, in der er mit originellen Fragestellungen ebenso grundlegenden wie bislang unbeachteten Zusammenhängen nachspürt.

Die feierliche Verleihung der Leibniz-Preise 2009 findet am 30. März 2009 in der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften in Berlin statt.

## Zitronensäurezyklus • $\beta$ -Faltblatt • Phospholipide? ... das erklär' mir mal einer!

Antje Galuschka: *Biochemie für Ahnungslose. Eine Einstiegshilfe für Studierende*; 276 Seiten; S. Hirzel Verlag, Stuttgart 2009; ISBN-978-3-7776-1544-8; 29,80 Euro.

Die Biochemie ist aus den Naturwissenschaften nicht mehr wegzudenken. Egal ob in der Medizin, der Biologie, der Lebensmittel- oder Biotechnologie – in allen naturwissenschaftlichen Fächern sind biochemische Kenntnisse erforderlich. Neue Methoden und neue Erkenntnisse vermehren das Wissen permanent.

Dieses Kurzlehrbuch fasst den aktuellen Stand der Wissenschaft in den wichtigsten Bereichen zusammen:

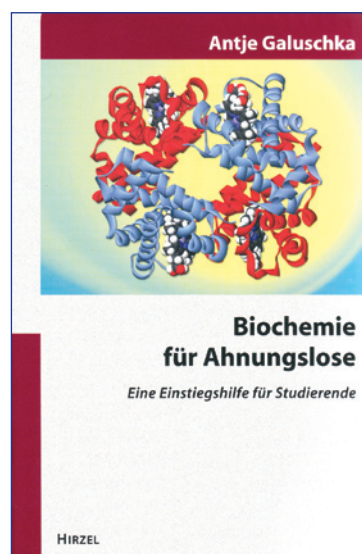
- Physikalische und chemische Grundlagen
- Nukleotide – Enzyme – Hormone
- Kohlenhydrate – Lipide – Proteine
- Stoffwechsel und Immunsystem
- Molekulare Genetik
- Labortechniken (DNA-Sequenzierung, Mikroarrays, Gentests ...)

Neben übersichtlichen Strukturformeln und Reaktionsgleichungen verdeutlichen Infografiken komplizierte Sachverhalte. Zahlreiche Abbildungen

wären jedoch in Farbe noch einprägsamer und leichter begreifbar gewesen.

Dieses Lehrbuch ist nicht einfach nur eine kompakte Sammlung von Wissen, sondern erklärt Zusammenhänge allgemein verständlich und liefert Antworten auf die Frage nach dem „Warum“.

Es richtet sich in erster Linie an Studierende der Biowissenschaften und ist gerade in den ersten Semestern ein hilfreicher Begleiter. Auch Schüler mit Leistungskurs Biologie oder Chemie werden dieses Buch zu schätzen wissen. CS



## Mitochondrien • Mendel'sche Regeln • Muskelkontraktion – da war doch mal was!?

Christa Söhl: *Biologie für Ahnungslose. Eine Einstiegshilfe für Studierende*; 292 Seiten; S. Hirzel Verlag, Stuttgart 2009; ISBN-978-3-7776-1607-0; 29,80 Euro.

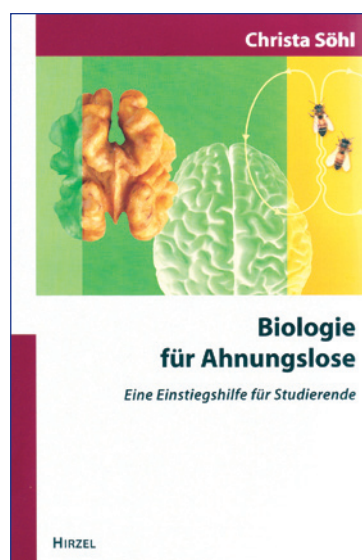
Die Biologie als die Lehre vom Leben ist wohl die Wissenschaft, die uns am unmittelbarsten betrifft. Verständnis für die Vorgänge des Lebens erleichtert uns unseren Alltag. Schon lange nutzen Menschen die Erkenntnisse aus den biologischen Wissenschaften, etwa bei der Züchtung von Nutztieren und -pflanzen, oder bei der Herstellung von Käse, Wein und Bier. Biologie begegnet uns jeden Tag, sei es der Vogelzug im Herbst oder das Ausschlagen der Bäume im Frühling.

Das Schulwissen über die Blümchen und die Bienen ist aber nicht lange Thema in Unterricht und Studium. Schnell häufen sich die Fachbegriffe, und das Fach Biologie beginnt an Schwierigkeit zu gewinnen.

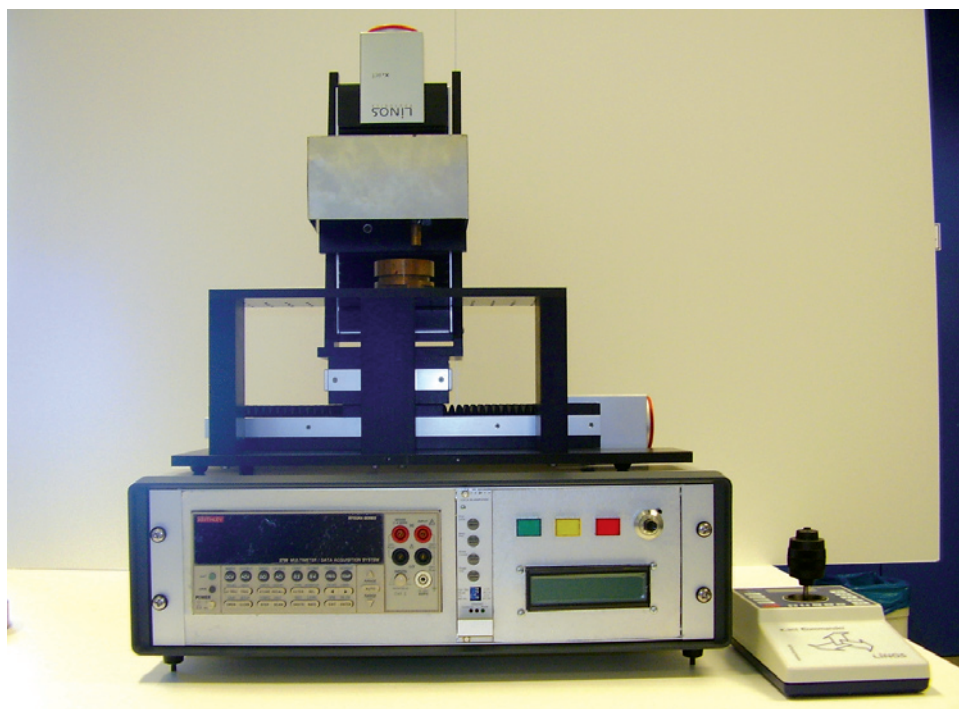
Biologie für Ahnungslose will daher Oberstufenschülern und Studienanfängern mit Nebenfach Biologie als kompetenter Begleiter zur Seite stehen. Auch Studierende der Bachelor- und Masterstudiengänge Biologie werden hier sicherlich die Möglichkeit finden, Vergessenes nachzulesen und bereits Gelerntes

aufzufrischen. Orientierungspunkte dieses Buchs sind die Grundlagen des Fachs und das Oberstufenwissen. Auch hier gilt wie oben: Der Gesamteindruck dieses nützlichen Buchs könnte durch eine ansprechendere Präsentation von Text und Abbildungen optimiert werden.

Aus dem Inhalt:  
Zellbiologie • Stoffwechsel • Nerven- und Sinnesphysiologie • Muskulatur und Bewegung • Hormonsystem • Fortpflanzung und Ontogenese • Genetik • Immunabwehr • Verhalten • Ökologie • Evolution. CS



## PSM – die Potential-Seebeck-Mikrosonde



Die Potential-Seebeck-Mikrosonde wurde von der Panco GmbH in Zusammenarbeit mit dem Institut für Werkstoff-Forschung des Deutschen Zentrums für

Luft- und Raumfahrt entwickelt und wird zur gleichzeitigen und orts aufgelösten Messung des Seebeck-Koeffizienten  $S$  und der elektrischen Leitfähigkeit eingesetzt.

Dadurch sind Aussagen zur Materialhomogenität beziehungsweise zur räumlichen Verteilung von unterschiedlichen Materialkomponenten möglich. So ist zum Beispiel für Halbleiter oder thermoelektrische Materialien und Baugruppen, wie Peltier-Elementen eine homogene elektrische Leitfähigkeit wichtig. Mit diesem Messsystem sind solche Untersuchungen durchführbar.

Neben der elektrischen Leitfähigkeit ist auch der Ohmsche Kontaktwiderstand zwischen verschiedenen Materialkomponenten bestimmbar. Dieser ist beispielsweise bei thermoelektrischen Baugruppen, die immer mehr Anwendungen finden, von großer Bedeutung.

Die Positioniergenauigkeit der Sonde beträgt  $1\ \mu\text{m}$  (bidirektional  $3\ \mu\text{m}$ ) bei einem maximalen Scanbereich von  $150\ \text{mm} \times 150\ \text{mm}$ ; S-Messungen können mit einer Ortsauflösung bis  $10\ \mu\text{m}$  durchgeführt werden.

LOT-Oriel GmbH & Co. KG  
64293 Darmstadt  
Tel +49 6151 88060  
Fax +49 6151 896667  
[www.LOT-Oriel.com/de](http://www.LOT-Oriel.com/de)



## Atlas-Pressen – auch voll programmierbar

Die elektrisch betriebenen, hydraulischen 8 t- und 25 t-Pressen der Atlas-Serie sind auch als voll programmierbare Versionen lieferbar. Die Pressen ermöglichen den kontrollierten Lastauf- und -abbau sowie eine programmierbare Pressdauer.

Auch komplexe „Pressprogramme“ mit mehreren Schritten sind einfach durchzuführen. Das integrierte grafische Display informiert über den Programmstatus und den aktuellen Druck. Die Programmierung ist einfach und erfolgt über grafische Symbole.

Die Pressen der Atlas-Serie eignen sich für die unterschiedlichsten Anwendungen. So können sie zusammen mit evakuierbaren Presswerkzeugen für die Herstellung von KBr-Presslingen genauso eingesetzt werden, wie für die XRF-Probenpräparation.

Die Atlas-Pressen eignen sich auch hervorragend für allgemeine Pressaufgaben im Laborbereich, beispielsweise in der pharmazeutischen Industrie.

LOT-Oriel GmbH & Co. KG  
64293 Darmstadt  
Tel +49 6151 88060  
Fax +49 6151 896667  
[www.LOT-Oriel.com/de](http://www.LOT-Oriel.com/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



06151/8806-0  
Fax 06151/896667  
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



06151/8806-0  
Fax 06151/896667  
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



06151/8806-0  
Fax 06151/896667  
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



Köttermann GmbH & Co KG  
Tel. 05147 976-0 Fax 05147 976-844  
www.koettermann.de,  
systemlabor@koettermann.de

## 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, Speziallaser, 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>

## CLB-Geschichte

Der Chemieindustrie Japans sagte man Anfang der 60er Jahre ein fulminantes Wachstum voraus, wie dieser Artikel-Zuschnitt aus CLB 05-1962 zeigt. Tatsächlich liegt Japan mit einem Weltmarktanteil am Chemieumsatz von 7,5 Prozent (180 Milliarden Euro) nur 0,1 Prozentpunkte vor Deutschland. Beim Chemieexport übertrifft Deutschland das asiatische Industrieland jedoch mit einem Weltmarktanteil von 12,4 Prozent um Längen: Japan erreicht 4,9 Prozent (51 Milliarden Euro). Beim Weltchemieumsatz nimmt übrigens China mit 13,7 Prozent den 2. Platz ein, gefolgt von Japan und Deutschland.

213

### Chemiewirtschaft

Die chemische Industrie Japans hat sich seit Kriegsende außerordentlich entwickelt. Der Wert der Produktion hat gegenüber 1938 bis 1960 um 236% zugenommen. Der Umsatz dieses Jahres bezifferte sich auf über 22 Mrd. DM.

Damit nimmt Japans Chemie in der Weltrangliste den fünften Platz ein, hinter den USA (116 Mrd.), Rußland (34 Mrd.), Großbritannien (26 Mrd.) und der Bundesrepublik (24 Mrd. DM).

Die Wachstumsrate der japanischen Chemie (236%) entsprach im Durchschnitt der letzten zehn Jahre etwa derjenigen der großen europäischen Industrieländer, blieb aber weit hinter derjenigen der Vereinigten Staaten (544%) und der Sowjetunion (820%) zurück. Dies dürfte sich in den nächsten Jahren ändern, denn Japan will seine Produktion an chemischen Erzeugnissen bis 1965 mindestens verdoppeln, also innerhalb der nächsten Jahre um durchschnittlich 15% ausweiten.

Weder in der Bundesrepublik noch in Großbritannien sind in diesem Zeitraum ähnliche Wachstumsraten zu erwarten; daher dürfte Japan mit großer Wahrscheinlichkeit in dieser Zeitspanne zum drittgrößten Chemieland der Erde aufzurücken.

Dem Umfang seiner Bevölkerung nach

käme ihm dieser Platz auch zu, denn mit einer Einwohnerzahl von 94 Mill. Menschen steht Japan — wenn wir von China und Indien absehen — hinter der Sowjetunion (209) und den USA (180) weit vor der Bundesrepublik mit 56 und Großbritannien mit 52 Mill. Einwohnern.

Die wichtigsten Sparten der chemischen Industrie sind in Japan die Fabrikation von anorganischen und organischen Industrie-Chemikalien, von Kunststoffen mit Synthese-Kautschuk, von Chemiefasern und von Düngemitteln. 1955 begann der Aufbau der Erdölchemie; schon 1952 hat man die chemische Verarbeitung von Erdgas aufgenommen und zwar vorzugsweise zur Produktion von Stickstoff-Düngemitteln. 1960 erzeugte Japan allein an Harnstoff 600000 t und war damit hinter den USA der bedeutendste Produzent dieses für den Reisanbau so wichtigen Düngemittels. Bis 1963 sollen die japanischen Kapazitäten für Harnstoff auf 1,3 Mill. t jährlich zunehmen; sie werden dann diejenigen der USA erheblich übertreffen.

In der Produktion von Chemiefasern spielte Japan schon vor dem Kriege eine führende Rolle. Heute steht die japanische Industrie auf diesem Gebiet mit einer Produktion von 552000 t (1960) hinter den USA an zweiter Stelle in der Welt; bei Zellwolle hält das Land sogar die Spitze vor allen anderen Produzenten.

Besonders stark hat sich nach dem Kriege die Erzeugung von Kunststoffen entwickelt; die Wachstumsraten übertrafen in den letzten fünf Jahren diejenigen aller anderen großen Chemieländer. Mit einer Produktion von 571000 t eroberte sich das Land 1960 den vierten Platz auf der Weltrangliste hinter den USA (2,6 Mill.), der Bundesrepublik (981000 t) und Großbritannien (613000 t), vor Frankreich und der Sowjetunion. (Chem. Industrie 13, 782 [1961].)

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

68 Die chemische Industrie in den USA

*Naturfasern*

Trotz des Vordringens der synthetischen Fasern aber hat die Baumwolle noch längst nicht ausgedient, und das ist wohl auch künftig kaum zu erwarten. Die Forschung hat neue chemische Behandlungsmethoden erarbeitet, mit denen Fasern und Textilien aus Baumwolle erheblich verbessert werden, so daß sie mit den Synthefasern den Wettbewerb aufnehmen können.

Die Wollfaserindustrie steht in ihren Bemühungen, ihre Erzeugnisse konkurrenzfähig zu halten, hinter der Baumwollindustrie nicht zurück. Die gesteuerte Oxydation der Wolle unter Verwendung von Chlor macht den Faden noch weicher und läßt seine Verarbeitung zu dichteren Gewebestrukturen zu, bei denen die Gefahr des Einlaufens erheblich geringer ist. Harz- und Gummimassen, als Bindemittel der Wollfasern benutzt, verhindern ebenfalls das Schrumpfen bzw. Einlaufen. Mit Ammoniumthioglycolat (das auch für Dauerwellen benutzt wird) erzielt man bei Wolle ein haltbares Plissee.

*Chemikalien für die Landwirtschaft*

In den letzten 20 Jahren konnte in der amerikanischen Landwirtschaft der Ausstoß pro geleistete Arbeitsstunde auf das Doppelte erhöht werden. Dieser Fortschritt ist zwar nicht ausschließlich der Verwendung von chemischen Düngemitteln und Schädlingsbekämpfungsmitteln zuzuschreiben, jedoch sind diese nicht unerheblich daran beteiligt.

Zur Bekämpfung der Verluste durch Pflanzen- und Tierkrankheiten, Unkraut und Insektenschädlinge, die jährlich 13 bis 15 Mrd. Dollar ausmachen, sind 45000 verschiedene chemische Verbindungen offiziell registriert und auf dem Markt. Über 80% der heute verbrauchten Substanzen sind Verbindungen, die es in der jetzigen Form vor dem Zweiten Weltkrieg noch nicht gab.

Bei den Düngemitteln wurde der Nährstoffgehalt laufend erhöht. Sie sind heute auch als Granulat und als Flüssigkeit verfügbar. Die flüssigen Düngemittel gaben der Produktion von synthetischem Ammoniak, Ammoniumnitrat, Hornstoff u. a. großen Auftrieb.

Eine ähnliche Entwicklung verzeichnet die großtechnische Produktion von Phosphorsäure hohen Reinheitsgrades, die in Verbindung mit den flüssigen Düngemitteln keinen Säureniederschlag und damit Rückstände in den Sprühdüsen verursacht; durch derartige Rückstände ist die gleichmäßige und wirksame Verteilung des Düngers auf dem Feld stets in Frage gestellt. Durch die „Superphosphor“-Säure mit ihrem Gehalt von 76% Phosphorperoxyd ( $P_2O_5$ ) wurde dieses Problem weitgehend gelöst.

Von den Schädlingsbekämpfungsmitteln, die vielfach in sehr geringen Dosen wirksam sind und wenig oder gar keine gefährlichen Rückstände hinterlassen, seien nur einige der neuesten Präparate genannt: Sevin — ein Carbamat gegen Insekten; Barban gegen wilden Hafer, und Thuricid, ein mikrobiologisches Schädlingsbekämpfungsmittel.

111 Die chemische Industrie in den USA

Eine metallische Verbindung von Mangan, Antimon und Chrom nimmt bei einer bestimmten Temperatur, bei der eine Gefügeumwandlung eintritt, starke magnetische Eigenschaften an, wie in der *Du Pont Company* ermittelt wurde. Die Umwandlungstemperatur ist vom Chromgehalt abhängig und kann zwischen einem Temperaturpunkt in der Nähe von 0°K (absoluter Nullpunkt) und 373°K (100°C) variieren.

*Elektronische Verstärker*

Einen besonderen Platz nehmen die MASER<sup>1)</sup> und LASER ein, elektronische Verstärker, die den Energiezustand von Atomen oder Molekülen ausnutzen. Die Bezeichnung MASER ist die Abkürzung von „Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation“ (Mikrowellenverstärkung durch induzierte Emission von Strahlung), wobei zu erwähnen ist, daß in den USA alle Frequenzen oberhalb 890 Megahertz als „Mikrowellen“ bezeichnet werden. LASER und neuerdings IRASER sind MASER mit Frequenzen im Bereich des sichtbaren Lichts und des Infrarotlichts; um Verwechslungen zu vermeiden, hat man auch schon vorgeschlagen, generell die Bezeichnung QUASER einzuführen (aus „Quantum Amplification by Stimulated Emission of Radiation“ = Quantenverstärkung durch induzierte Emission von Strahlung), denn die Unterschiede zwischen den einzelnen Verfahren und Geräten beziehen sich im Grunde nur auf den jeweiligen Wellenlängenbereich.

Die besonderen Vorteile der MASER, für die gewöhnlich synthetische Rubine (Aluminiumoxyd-Einkristalle mit kleinen Mengen von Chrom, Kosten: 5 Cent pro Karat) benutzt werden, sind im Vergleich zu Röhren oder Transistoren sehr hohe Genauigkeit und ein Arbeitsbereich bei sehr hohen Frequenzen, die besonders in der Raumfahrt und in bestimmten Forschungsgebieten von großer Bedeutung sind. Die Empfindlichkeit des MASER ermöglicht, schwächste Signale von Planeten und von Sternen anderer Sonnensysteme aufzufangen. Der MASER wird bei minus 233°C betrieben, einer Temperatur also, bei der die Bewegung der Atome und Moleküle nahezu aufhört — es sei denn, sie werden durch von außen einwirkende Energie angeregt. Im Vergleich dazu liegt die Arbeitstemperatur von Vakuumröhren bei etwa 980°C, von Transistoren bei 26°C. Die MASER können jedoch nicht nur zur Verstärkung, sondern auch dazu verwendet werden, Schwingungen hervorzurufen und auf diese Weise Energie zu erzeugen. Der besondere Vorteil eines solchen Oszillators ist der Umstand, daß er Schwingungen einer ganz bestimmten Frequenz erzeugt.

Dieses „kohärente“ Licht, wie es in der Optik genannt wird, erleidet einen unvergleichlich geringeren Energieverlust durch Streuung, weil es sehr scharf

<sup>1)</sup> Ein MASER ist ein Höchstfrequenz-Generator bzw. Verstärker, der nicht auf der Beschleunigung geladener Teilchen (z. B. Elektronen) beruht, sondern bei dem die Erzeugung bzw. Verstärkung elektromagnetischer Wellen (im cm-Wellenbereich) durch die Abgabe von Energie aus angeregten Atom- und Molekül-Zuständen bewirkt wird. Atome oder Moleküle werden etwa durch die Energie  $E = h \cdot \nu$  angeregt; tritt jetzt eine Strahlung der Frequenz  $\nu$  auf sie, so erzwingt sie die Abgabe jener Anregungsenergie, d. h. sie wird phasen- und frequenzrichtig verstärkt.

110 Die chemische Industrie in den USA

## Die chemische Industrie in den USA

### II. Materialien für die Elektronik\*)

Von Dr. Richard L. Kenyon

Die chemische Forschung ist auch maßgeblich an der gewaltigen Ausweitung der Elektronik beteiligt. Die Halbleiter haben ihren Siegeszug angetreten, und es ist gar nicht abzusehen, welche Gebiete durch sie der Elektronik noch eröffnet werden. Die bahnbrechenden Arbeiten der amerikanischen Nobelpreisträger Dr. *William Shockley*, Dr. *John Bardeen* und Dr. *Walter H. Brattain* mit Germanium und Silicium haben eine wahre Revolution in der Elektrotechnik bzw. im elektronischen Apparatebau herbeigeführt.

Die Anwendung des sogenannten Tunneffekts bei Schicht („sandwich“), Transistoren und anderen Bauelementen verspricht eine ganze Serie neuartiger, vielseitig verwendbarer Konstruktionseinheiten in Form von Mikroschaltern, Dioden, negativen Widerstandsdiolen, Trioden, Kondensatoren und vielleicht sogar komplizierter Schaltkreise. Es ist denkbar, daß diese Baueinheiten sogar in einem Arbeitsgang hergestellt werden.

Ein „Tunnelsandwich“ besteht im wesentlichen aus einem dünnen, auf einer chemisch neutralen Fläche niedergeschlagenen Aluminiumfilm. Auf diesen Film läßt man einige Minuten lang Luft einwirken, um an seiner Oberseite eine dünne Schicht von natürlichem Aluminiumoxyd zu erzeugen. Auf der Oxydschicht wiederum wird ein dünner Bleifilm niedergeschlagen, die zweite „Deckschicht“ des jetzt von metallischem Aluminium und Blei eingeschlossenen Oxyds. Ein elektronisches Potential zwischen den Metallen bei sehr tiefen Temperaturen (–263°C) löst einen Stromfluß aus; dabei ist die Durchlässigkeit der Elektronen-Barriere der Spannung direkt proportional.

Die Bedeutung dieser neuartigen elektronischen Bauelemente für die Wirtschaft erhellt aus den monatlichen Umsatzzahlen; im April 1961 wurden 16 Millionen Transistoreinheiten abgesetzt; Wert 32 Millionen Dollar. Im Vergleich dazu beliefen sich die Verkäufe an Elektronenröhren auf 37 Millionen Einheiten; Wert 31 Millionen Dollar.

Supraleitfähige Solenoide auf der Basis der intermetallischen Verbindung Niob-Zinn sind bei den *Bell Telephone Laboratories* entwickelt worden. Bei sehr tiefen Temperaturen können damit, wenn der Stromfluß erst einmal ausgelöst ist, ohne weiteren Energieverbrauch starke Magnetfelder aufrecht erhalten werden. Speziell in der Nachrichtentechnik und der Energieerzeugung auf der Basis der Kernfusion werden diese Materialien noch eine große Rolle spielen. *Atomics International* entwickelte eine supraleitfähige Legierung aus Niob und Zirkon, während Mitarbeiter des *National Bureau of Standards* mit einem supraleitenden Magneten aus Aluminium erfolgreich experimentieren.

\*) Teil I diese Ztschr. 13, 65 [1962].

112 Die chemische Industrie in den USA

Pro Kopf-Umsatz chemischer Produkte in den USA von 1900 bis 1960 (in DM).

gebündelt und auch über größte Entfernungen auf verhältnismäßig kleinen Flächen gerichtet werden kann. Bei bestimmten optischen MASERN erzeugen beispielsweise Uran(III)- oder Samarium(II)-Ionen in Calciumfluorid-Kristallen bei Anregung durch eine Xenon-Entladungslampe einen außerordentlich scharf gebündelten Lichtstrahl.

Theoretisch könnten mit derartigen Geräten Lichtstrahlen erzeugt werden, die bei einer Reichweite von 16000 km nur über eine Fläche von 1,6 km Durchmesser — bei gewöhnlichen Mikrowellen 16000 km Durchmesser! — gestreut würden. Ein solcher Strahl könnte beispielsweise als Navigationshilfe für Flugzeuge und Raumschiffe dienen; man könnte damit aber auch in der Datenverarbeitung oder bei der Beobachtung und Phasenanalyse chemischer Reaktionen, bei denen viele freie Elektronen auftreten, zu sehr viel genaueren Ergebnissen als mit den heute verfügbaren Mitteln kommen. Als Initiator bei chemischen Reaktionen oder zur Sterilisierung von Geräten und Substanzen angewandt, dürfte kohärentes Infrarotlicht viele neue Möglichkeiten bieten. Bis zu einer technischen Anwendung ist es jedoch noch ein weiter Weg.

Ein mit Helium und Neon betriebener optischer MASER (*Bell Telephone Laboratories*) vermag bei Raumtemperatur kohärentes Infrarotlicht zu erzeugen. Die durch Hochfrequenzentladungen angeregten Heliumatome übertragen die aufgenommene Energie durch atomare Kollisionen auf Neonatome. Diese wiederum strahlen sie als sehr scharfen Strahl infraroten Lichtes ab, das praktisch nur eine einzige Wellenlänge aufweist. Etwa 40 Watt an den MASER angelegte Energie erzeugen Infrarotlicht von  $1/100$  Watt Stärke.

*Keramische Stoffe*

Verformbare Keramikmassen, seit langem angestrebt, scheinen nun in greifbare Nähe gerückt zu sein. An der *Universität Kalifornien* ist es gelungen, aus pulverförmigem kristallinen Lithiumfluorid einen nahezu durchsichtigen Stab zu pressen. Auf Grund von Beobachtungen über das Verhalten von Magnesiumoxydkristallen unter Belastung scheint es, daß dieses Material wahrscheinlich ebenfalls vielseitige Verwendungsmöglichkeiten bietet.



Das Online-Magazin  
für Labor und Analytik

25.02.2008
Kontakt
Abos
Werbung
Service
Referenzen
Profil
FAQ
AGB
Impressum
DE
EN

Suche:

**Das Online-Magazin für Labor und Analytik**

**Aktuelles und Neues**

- ANALYTIK NewsFlash
- Produktneuheiten
- Labor Nachrichten
- Labor Stellenmarkt
- Labor Veranstaltungen
- Diskussionsforum
- Biete/Suche
- Webseite des Monats

**Labor Branchenbuch**

- Hersteller, Händler
- Laboratorien
- Sonstiges

**Analytik Weblinks**

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

**Ihr Ansprechpartner**



Dr. Torsten Beyer

**Labor Partnerseiten**

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

ANALYTIK NewsFlash Extra: Februar 2008

Monatlicher Newsletter mit Meldungen, Fachartikeln, Produktneuheiten, Veranstaltungen, Linktips u.v.m.

[Archiv](#)
[ANALYTIK NewsFlash abonnieren](#)
[Inserieren](#)

- **Produktneuheiten:**    a1 envirotech, Berghof, Gilson, LAUDA DR. R. WOBSE, Metrohm, Retsch, Sartorius
- **Fachbeiträge:**        Lichtstreuung und Universelle Kalibration - Einsatzmöglichkeiten und Grenzen  
Zweidimensionale kapillarelektrophoretische Methoden: Sehr geringe Matrixempfindlichkeit
- **Veranstaltungen:**    Dr. Schömer | QMBalance, Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen, Sartorius,
- **Webseite des Monats:** CS-Chromatographie Service GmbH

--> ANALYTIK NewsFlash Extra lesen

Labor Produktneuheiten

[alle](#)
[ANALYTIK NewsFlash abonnieren](#)
[RSS-Feed](#)
[Laborprodukt inserieren](#)

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

- **MS Spezialitäten für mobile oder besonders schnelle MS-Messungen**  
Das Constellation CT-1128 ist ein mobiles GC/MS System auf der Basis eines Agilent 5975 Quadrupol. Bei einer Größe von nur 39x42x66 cm (HxTxB) und einem Gewicht von nur 34 kg besitzt das System alles...
- **Sicheres Wägen toxischer, pulverförmiger Substanzen im Labor: Wägekabine SWC - denn Sicherheit geht vor**  
Aktive Forschung und Entwicklung in der pharmazeutischen und chemischen Industrie erzeugen immer effektivere Medikamente und Zubereitungen. Für Forscher und Labormitarbeiter bedeutet dies jedoch eine...
- **Gilson's neue einzigartige Purification Plattform!**  
Profitieren Sie von Gilson's neuer einzigartiger Purification Plattform die allen Ihren analytischen und präparativen HPLC-Anwendungen gerecht wird! Gilson's neue Detektionslösungen (171 und 172 DAD)...
- **Reduzieren Sie Ihr Probenvolumen mit CentriVap - kontrolliert heizen bis +100°C und kühlen bis -4°C**  
Heizen und Kühlen in einem Gerät, das geht nur mit dem CentriVap von Labconco. Temperieren Sie Ihre Proben während des Einengens zwischen -4°C und +100°C mit individuell anpassbarem Temperaturprogramm...
- **Bis zu 20 Proben gleichzeitig zerkleinern und homogenisieren: Die neue Schwingmühle MM 400**  
Die neue Schwingmühle MM 400 von RETSCH ist das ideale Gerät für die schnelle und effiziente Homogenisierung kleiner Probenmengen im Labor. Sie zerkleinert unterschiedlichste Materialien wie z.B. Tab...

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

Die Adresse  
für Analytik-  
Literatur



WILEY-VCH

© 2000-2008 Dr. Beyer Internet-Beratung    Kontakt    Link vorschlagen    Abos    Werbung    AGB    Impressum

## Was Sie bei uns finden

- Verschiedene E-Mail-Newsletter
- Produktneuheiten
- Stellenmarkt
- Nachrichten und Fachbeiträge
- Veranstaltungskalender
- Diskussionsforum und Pinwand
- Laborbranchenbuch „LabFirms“
- Linksammlung und Suchmaschine