CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

Analytik

Biotechnik

Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung

- Jugend forscht: Magnetit
- Parfüm-Chemie
- Nanotech-Regulatorien
- Chemie rund ums Auto

07 / 2007

D 2046 E

Zu CLB-Geschichte siehe das Editorial rechts.

Die Chemie hilft der Landwirtschaft

Die modernen Pflanzenschutzmittel I. Insektizide

Von Dr. phil. nat. W. Holz, Pflanzenschutzamt Oldenburg

Nach dem letzten Weltkriege setzte auf dem Gebiet der Pflanzenschutzmittelforschung geradezu eine Revolution ein. Sie wurde eingeleitet durch die Entdekkung der insektiziden Wirkung des DDT, eines organisch-synthetischen Stoffes, durch den Schweizer Dr. *Müller*, der hierfür 1948 mit dem Nobelpreis ausgezeichnet wurde. Damit hatte sich die organische Chemie den Pflanzenschutz erobert, und zwar nicht nur bei den Insektiziden, sondern auf dem gesamten Gebiet der Pflanzenschutzmittelchemie, also auch bei den Fungiziden, Herbiziden und Rodentiziden.

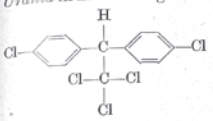
Ohne chemische Pflanzenschutzmittel ist heute die Ernährung unserer ständig wachsenden Erdbevölkerung nicht mehr sichergestellt; betragen doch nach *Morstatt* die Verluste an unseren Kulturpflanzen durch Krankheiten und Schädlinge bei Unterlassung von Bekämpfungsmaßnahmen im Durchschnitt 15-20% der Ernte. In den USA werden z. B. die durch Pflanzenkrankheiten jährlich verursachten Schäden auf rund 2,8 Milliarden Dollar geschätzt. Zur Minderung dieser Verluste verbraucht man dort jährlich rund 20 000 t Pflanzenschutzmittel. Im Bundesgebiet schätzte man nach *Reisch* die Ausgaben für Pflanzenschutzmittel im Wirtschaftsjahr 1953/54 auf 100 Millionen DM. Interessant ist in diesem Zusammenhang auch eine Aufstellung von *Jürgens* über die jährlichen Aufwendungen für Pflanzenschutzmittel in den verschiedenen westdeutschen landwirtschaftlichen und gärtnerischen Betrieben. Sie betragen im Blumen- und Zierpflanzenbau ca. 293.— DM/ha, im Obstbau 121,— DM/ha, im Gemüsebau 90,— DM/ha und im Ackerbau 7,— DM/ha, das sind 1—10% der Betriebsausgaben und je nach Kultur bis zu 12% des Rohertrages.

Bei den neuartigen Insektiziden muß man zwei Hauptgruppen unterscheiden, die chlorierten Kohlenwasserstoffe, dazu gehören das DDT, HCH, Toxaphen, Chlordan, Aldrin, Dieldrin und Endrin und die Phosphorsäureester mit den Untergruppen Parathion, Chlorthion, Diazinon, Malathion, Dipterex und den systemischen Insektiziden Systox und Metasystox. Bei allen diesen Stoffen handelt es sich um Nervengifte, die entweder durch die Haut, durch die Atmungsorgane oder über den Verdauungstrakt an die Nerven der Schadinsekten gelangen und den Tod der Tiere bewirken. Jede dieser Insektizidgruppen hat ganz bestimmte Eigenschaften, durch die mit gewissen Überschneidungen ihr Anwendungsbereich bestimmt ist. Durch das Aufkommen dieser neuen Insektizide sind die alten auf Blei- und Kalkarsenbasis und die ehemaligen Insektizide pflanzlichen Ursprungs Derris, Pyrethrum, Quassia und Nikotin fast völlig in den Hintergrund getreten; sie werden in der Landwirtschaft kaum noch verwendet.

Die chlorierten Kohlenwasserstoffe

DDT.

Die Buchstaben DDT stellen die Abkürzung der chemischen Bezeichnung des Wirkstoffes Dichlor-diphenyl-trichloräthan dar. Es ist ein Produkt der Fa. *Geigy* (Schweiz) und wird in Deutschland von den Firmen *Schering* und *Spieß-Urania* in Lizenz hergestellt.



DDT: $C_{14}H_9Cl_5$

Seine wichtigsten Eigenschaften sind: Gute Dauerwirkung infolge geringer Verdampfung, dadurch aber kleinere Anfangswirkung. Die Bedeutung des DDT liegt in erster Linie auf hygienischem Gebiete. Denken wir doch nur an die Großentseuchungen von Truppenlagern, ja ganzer Landschaften während des letzten Krieges zur Niederhaltung der Malaria, der Gelbfieberseuche usw. Die Amerikaner geben heute unumwunden zu, daß DDT ihnen im letzten Kriege mit zum Siege verholfen hat. Damit soll jedoch nicht die große Bedeutung des DDT auch für den Pflanzenschutz geschmälert werden. Es wird dort vornehmlich im Ackerbau, im Obstbau, im Gemüsebau und im Vorratsschutz verwendet. Man kann wohl sagen, daß DDT gegen fast alle Käfer, Falter, Fliegen, die als Pflanzenschädiger auftreten, wirksam ist. Lediglich bei Blattläusen ist seine Wirkung unzureichend und bei Roter Spinne ist es sogar völlig wirkungslos. Im Gegenteil, es fördert durch die Vernichtung der Milbenfeinde sogar den Rote-Spinne-Befall.

Bei häufiger, ununterbrochener Anwendung von DDT-Mitteln — dies gilt mehr oder weniger für sämtliche modernen Pflanzenschutzmittel — tritt nach einer gewissen Generationsfolge eine Resistenz der Schädlinge gegenüber diesen Stoffen ein. Sie ist darauf zurückzuführen, daß alle Individuen einer Gattung, die nicht die Fähigkeit besitzen, das DDT vor seinem Wirksamwerden im Körper zu einer ungiftigen Äthylen-Verbindung abzubauen, bald aussterben und sich dann nur noch die giftresistenten vermehren.

Hexachlorcyclohexan (HCH).

Als leicht flüchtiger Stoff besitzt das HCH ($H_6C_6Cl_6$) eine sehr gute Anfangswirkung, jedoch nur geringe Dauerwirkung. Lediglich im Boden, wo ein schneller Gasaustausch nicht möglich ist, hält es sich monatelang, unter Umständen sogar jahrelang. Aus diesem Grunde verwendet man es auch gern zur Bekämpfung von Bodenschädlingen, wie auch zur Saatgutbehandlung gegen Drahtwurmfraß, dabei häufig in Kombination mit einer Quecksilberbeize zur gleichzeitigen Bekämpfung von Pilzkrankheiten. Bei Verwendung von Hexachlorcyclohexan als Bodenentseuchungsmittel kann es, besonders bei Überdosierungen, gelegentlich zu Keimschädigungen kommen; HCH ist nämlich ein ausgesprochenes Mitose-Gift. Man hat sich daher bei der Anwendung immer

genau an die Gebrauchsvorschriften zu halten und muß Überdosierungen unter allen Umständen vermeiden. Die anfänglichen starken Geschmacks- und Geruchsbeeinträchtigungen sind bei der heute im allgemeinen verwendeten γ-Isomere des HCH, dem Lindan, geringer geworden, sind aber immer noch vorhanden. Dies ist besonders bei Wurzelfrüchten zu beachten.

Es würde zu weit führen, hier die Schädlinge, die mit HCH-Mitteln bzw. dem Lindan erfolgreich zu bekämpfen sind, aufzuführen. Gegen Blattläuse genügen sie nicht mehr unseren heutigen Ansprüchen; in den Phosphorsäureestermitteln kennen wir jetzt bessere Blattlausmittel. Ebenso genügen die HCH-Mittel auch nicht bei der Bekämpfung älterer Raupenstadien. Gegen Spinnmilben sind sie — ebenso wie DDT — vollkommen unwirksam. Ausnahme: die Erdbeermilbe. HCH-Mittel werden von fast sämtlichen deutschen, Pflanzenschutzmittel herstellenden Firmen geliefert.

Den HCH-Mitteln in jeder Beziehung sehr ähnlich sind die Chlorbenzolhomologe (CBHo-Präparate der Fa. *Schacht*); wir wollen sie daher hier nicht näher behandeln.

Toxaphen.

Chemisch ein chloriertes Camphen, etwa der Formel $C_{10}H_{10}Cl_8$, besitzt es wie DDT eine lange Wirkungsdauer bei sehr geringer Anfangswirkung. Es ist das Mittel gegen Schädlinge mit langen Zuwanderungszeiten. Seine Wirkung ist jedoch sehr temperaturabhängig; es entfaltet erst bei Temperaturen über 15 °C seine volle Wirksamkeit. Besonders interessant ist dieser Wirkstoff wegen seiner Bienenungefährlichkeit. Er ist der einzige chlorierte Kohlenwasserstoff, der daher als Blütespritzmittel verwendet werden darf. Gegen Blattläuse ist Toxaphen nicht genügend wirksam.

Chlordan und Chlordan-ähnliche Verbindungen.

Die heutigen Chlordane und Chlordan-ähnlichen Verbindungen, wie die chlorierten Indene der *Farbwerke Hoechst* und das auch neuerdings im Handel befindliche Heptachlor, sind chemisch von dem — nach dem Kriege erstmalig von dem Amerikaner *Kearns* beschriebenen — Chlordan, einem Oktachlorendomethylen-tetrahydroinden, z. T. stark abgewandelt, zeigen jedoch im wesentlichen die gleichen insektiziden Grundeigenschaften. Wir wollen sie daher in der kurzen Beschreibung auch nicht trennen.

Die Chlordan-Mittel sind ausgesprochene Bodeninsektizide. Ganz besonders haben sie sich bei der Bekämpfung der Tipulalarven bewährt. Im Gemüsebau werden sie in den verschiedensten Verfahren (als Streumittel, Vordrill-, Beidrillmittel usw.) verwendet. Sie besitzen eine gute Dauerwirkung, sind für Pflanzen nicht giftig, mit alkalischen Düngemitteln mischbar und in dieser Mischung im Gegensatz zu den HCH-Mitteln lange lagerfähig.

Dieldrin, Aldrin und Endrin.

Das Dieldrin ist ein Hexachlor-epoxy-oktahydro-dimethylnaphthalin von der Formel $C_{12}H_8OCl_6$, das Aldrin ein Hexachlor-hexahydro-dimethylnaphthalin von der Formel $C_{12}H_8Cl_6$ und das Endrin ein Stereoisomeres des Dieldrin. Die Bezeichnungen der beiden Wirkstoffe Dieldrin und Aldrin sind von den Namen der deutschen Chemiker *Diels* und *Alder* abgeleitet. Die insektizide Eigenschaft wurde in den USA entdeckt.

Das Dieldrin besitzt eine besonders gute Wirkung gegen Gemüsefliegen. Es wurden hierfür in den letzten Jahren viele Anwendungsverfahren (Streuverfahren, Beidrill-, Vordrill-, Topferde- und Inkrustierungsverfahren) entwickelt. Die Meinungen, welches Verfahren das bessere ist, gehen heute noch sehr auseinander. Nach den neuesten Untersuchungen scheint das Inkrustierungsverfahren, bei dem die Sämereien zunächst mit Wasser angefeuchtet und dann in dem Dieldrinpuder gewälzt werden, als das einfachste, billigste und anscheinend auch genügend sichere Verfahren sich in den Vordergrund zu schieben.

Das Aldrin wird wie das Dieldrin in erster Linie zur Bekämpfung von Bodenschädlingen verwendet. Es wird auch, ebenso wie Dieldrin, mit Quecksilber gemischt als Beizmittel auf den Markt gebracht. Sowohl bei Dieldrin als auch bei Aldrin sind Schädigungen an keimenden Samen und jungen Pflanzen, wie sie beim Lindan auftreten, nicht zu befürchten. Außerdem sind beide Mittel mit alkalischen Düngemitteln ohne weiteres mischbar und lagerfähig.

Wir haben schon beim Lindan gesehen, daß dieser Wirkstoff bei empfindlichen Kulturen, z. B. Kartoffeln und Wurzelgemüse, den Geschmack beeinträchtigen kann. Es wird daher empfohlen, derartige Mittel schon im Herbst vor dem Auspflanzen bzw. noch früher auszubringen. Ähnlich sollen die Verhältnisse nach schweizerischen und österreichischen Erfahrungen auch beim Chlordan liegen. Die Schweizer und Österreicher haben daher für diese beiden Wirkstoffgruppen strenge Richtlinien erlassen. Danach dürfen z. B. auf mit Lindan bzw. Chlordan behandelten Flächen geschmacksgefährdete Kulturen erst wieder zwei Jahre nach der Behandlung angepflanzt werden. Bei den Mitteln auf Dieldrin- oder Aldrin-Basis soll dagegen keine ernsthafte Geschmacksbeeinträchtigung zu befürchten sein.

Das Endrin hat sich bisher in Deutschland bei der Bekämpfung der Weichhautmilben und bei der Rübenfliege besonders bewährt. Nach amerikanischen Angaben wird ihm auch eine besonders gute Wirkung gegen Blattläuse und gewisse Schmetterlingsraupen nachgesagt. Für den Gemüsebau muß es jedoch wegen seiner hohen Toxizität, verbunden mit großer Beständigkeit, abgelehnt werden.

Giftigkeit.

Grundsätzlich ist zur Giftigkeit der chlorierten Kohlenwasserstoffe zu sagen, daß sie im allgemeinen in der bei der Anwendung vorgeschrie-

Fortsetzung auf Umschlagseite 3

Editorial

Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,

die CLB blickt mit ihren Artikeln auch immer wieder in die Zukunft. In den vergangenen Ausgaben waren dies zum Beispiel die Energie aus Kernfusion bzw. Produkte der Nanotechnologie. In dieser CLB ist es insbesondere der Umschau-Teil, und dabei speziell der Artikel über Direkt-Ethanol-Brennstoffzellen („Schluckspecht" fährt mit „Schnaps"; S. 271-272).

Mit Spekulationen über die Anwendung neuer Techniken lag man in der Vergangenheit oft völlig daneben. Das betrifft Technik *(„Das Auto ist fertig entwickelt. Was kann noch kommen?" Karl Benz um 1920)*, Wirtschaft *(„Ich glaube, es gibt einen weltweiten Bedarf an vielleicht fünf Computern." IBM-Chef Thomas Watson 1943)*, Wissenschaft *(„Es gibt nicht das geringste Anzeichen, dass wir jemals Atomenergie entwickeln können." Albert Einstein 1932)*, Umwelt *(„Im Jahr 2000 werden wir keine Straßenbäume mehr haben." Aloys Benatzky, renommierter deutscher Gartenarchitekt, 1981)*, Gesellschaft *(„Mehr als dreieinhalb Milliarden Menschen bevölkern bereits unseren sterbenden Planeten – und etwa die Hälfte von ihnen wird verhungern." Paul Ehrlich 1972 in einem Zukunftsszenario)* oder Kultur *(„Uns gefällt ihr Sound nicht. Gitarrengruppen sind von gestern." Aus der Begründung der Plattenfirma Decca, die 1962 die Beatles ablehnte)*. Selbst in jüngerer Zeit denkt man oft in selbstgesetzten Schranken *(„Das Internet wird kein Massenmedium, weil es in seiner Seele keines ist." Die Tageszeitung WELT am 24.03.2001)*.

Umso wichtiger ist es, mögliche Gefahren neuer Techniken rechtzeitig abzuschätzen. In dieser CLB zeigt – als Ergänzung des Nano-Schwerpunktes in Ausgabe 05/2007 – der Artikel „Regulatorische Instrumente für die Nanotechnologie" ab Seite 261, dass man weltweit darum sehr bemüht ist. Vor über 50 Jahren, im März 1957, veröffentlichte diese Zeitschrift den Artikel „Die Chemie hilft der Landwirtschaft, Teil 1: Insektizide" (siehe CLB-Geschichte auf den Umschlagseiten). Alle dort genannten Mittel sind heute in Deutschland als Pflanzenschutzmittel nicht mehr zugelassen oder sogar weltweit verboten – ein Beispiel dafür, wie sinnvoll rechtzeitige Prüfungen und Abschätzungen sein können.

Bei aller Gefahrenabwehr gilt es aber auch, Chancen wahrzunehmen. Unglaubliche Chancen entwickeln sich gerade auch aus der Biotechnologie heraus. In der vorigen Ausgabe gab es einen Artikel über einen Biochip zur Diagnostik von Netzhauterkrankungen, mit dem sich 72 Gene in einem Arbeitsgang analysieren lassen (06/2007, S. 228 + 229). Jetzt ist auch die gleichzeitige Analyse von 500 000 über das gesamte Genom verteilten Genvarianten (SNP, single nucleotide polymorphisms; Abweichung in einem einzelnen Gen-Buchstaben) technisch durchführbar. Deutsche, britische und französische Wissenschaftler analysierten so die genetischen Daten von knapp 3000 herzkranken Patienten und 4500 gesunden Probanden. Ergebnis: Eine der dabei aufgefundenen genetischen Varianten, die sich in einem bestimmten Bereich des Chromosoms 9 befindet, verdoppelt das Herzinfarktrisiko, wenn beide Kopien des Chromosoms betroffen sind. Da diese Variante häufig vorkam kann sie wohl jeden fünften Herzinfarkt erklären. Es lässt sich absehen: Diese Chiptechnik bietet zukünftig für alle neue medizinische Chancen – oder eher Bedrohungen im Sinne des „gläsernen Erbguts"?

Ich habe vor neun Jahren als Chefredakteur im *Informatik Spektrum* von der Gesellschaft für Informatik für 2008 Festplatten mit Terabyte-Kapazität (damals waren 5 Gigabyte Standard), Filmbearbeitung am Computer und – in der ISDN-Zeit mit 8 KB/s Datentransfer – Filme sowie 3D-Welten im Internet vorausgesagt. Prognosen können auch zutreffen ;-)

Viel Spaß beim Lesen wünscht

Ihr

INHALT

Aufsätze

Jugend forscht 2007
Magnetitherstellung aus Eisen(II)-Sulfat ____ 248

Im Roman von Patrick Süskind
Parfüm-Chemie ____ 254

Regulatorische Instrumente für die Nanotechnologie
Weltweite Suche in vollem Gange ____ 261

Zum Titelbild:
Das Bild zeigt natürliche Magnetit-Kristalle; im Original ist der Bildausschnitt etwa 2,5 cm groß. Die Magnetitherstellung aus Eisen(II)-Sulfat beschreibt der Artikel ab Seite 248 (Abb.: Siim Sepp, Estland).

Rubriken

Editorial ____ 241
Impressum ____ 243
F & E im Bild ____ 243
Unternehmen ____ 244
Personalia ____ 246
Förderungen / Preise ____ 247

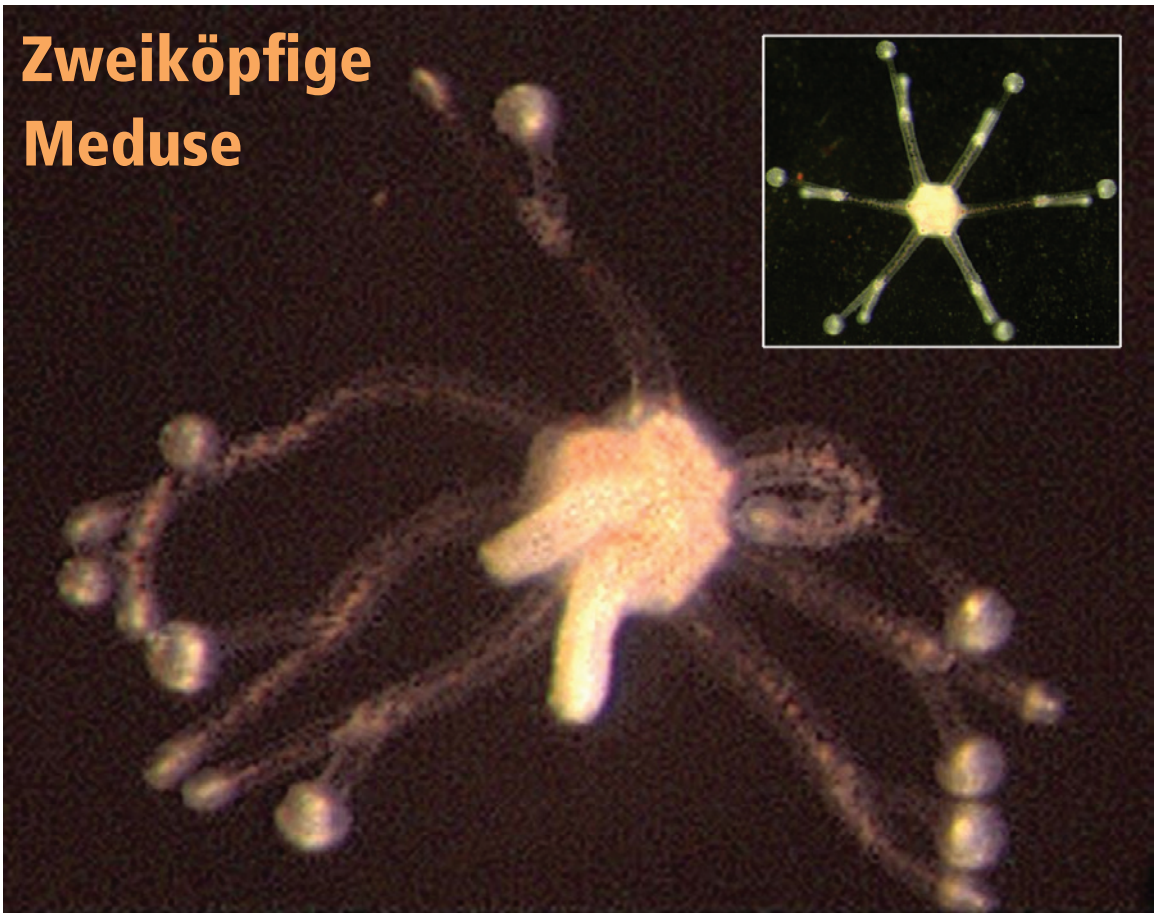
Umschau
Chemie und Analytik rund um das Auto ____ 268
Forschung und Technik ____ 275
Neue Produkte ____ 278
Bezugsquellenverzeichnis ____ 279

CLB-Memory

BfR warnt vor Henna-Tattoos
Besondere Probleme bei Urlaubs-Mitbringseln ____ M49
Lernen aus der Geschichte Mallorcas (Teil 2)
Der Alchemist Raimundus Llullus aus Palma ____ M50
Fortschreibung der MAK- und BAT-Liste
107 Änderungen und Neuaufnahmen ____ M52
Nützliche Ratgeber 89 - 93
Verfahrenstechnik, Genetik und Elektrochemie ____ M54
Statistik der Chemiestudiengänge
Mehr Chemiker für die Industrie ____ M55
Organische Chemie
Eliminierungsreaktionen ____ M56

Zweiköpfige Meduse

Während die Entstehung mehrköpfiger Tiere bisher als seltene Entwicklungsanomalie unbekannter Ursache bei verschiedenen Tieren bekannt war, wurde jetzt erstmals die Vielköpfigkeit als induzierbare und reproduzierbare Entwicklung gezeigt, indem ein einziges regulatorisches Gen experimentell ausgeschaltet wurde. Wird ein bestimmtes Cnox-Gen ausgeschaltet, können die Wissenschaftler Medusen (Quallen) der Art Eleutheria dichotoma mit genau zwei Köpfen entstehen lassen, wobei beide Köpfe funktionsfähig, z.B. zur Nahrungsaufnahme, sind.



Die Cnox-Gene sind nahe verwandt mit den Hox-Genen der höheren Tiere und verantwortlich für die Ausbildung der Körpergrundgestalt entlang der Hauptkörperachse, von vorne (anterior) nach hinten (posterior). Das große Bild zeigt Eleutheria dichotoma mit zwei Köpfen; das kleine Bild die Meduse in der Natur (Abb.: Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover).

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. Maren Bulmahn (MB, CLB-Memory,
E-Mail: redaktion@clb.de),
Dr. Christiane Soiné-Stark
(CS, E-Mail: stark@clb.de).

Ständige Mitarbeiter:
Ans de Bruin (Grafik), Heidelberg; Prof. Dr. Wolfgang Hasenpusch, Hanau;
Dr. Mechthild Kässer, Diekholzen; PD Dr. Röbbe 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 – 8,60 Euro, im persönlichen Abonnement jährlich 87 Euro zuzüglich Versandkosten; ermäßigter Preis für Schüler, Studenten und Auszubildende (nur gegen Vorlage der Bescheinigung) jährlich 67,10 Euro zuzüglich Versandkosten, inkl. 7% MWSt. Ausland sowie Firmenabonnements (Staffelpreisliste nach Anzahl) auf Anfrage. Bezug durch den Buchhandel und den Verlag. Das Abonnement verlängert sich jeweils um ein weiteres Jahr, falls nicht 8 Wochen vor Ende des Bezugsjahres Kündigung erfolgt. Erfüllungsort ist Heidelberg. Mitglieder des VBTA, des VCÖ sowie des VDC erhalten die CLB zu Sonderkonditionen.

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

Bei Nichterscheinen durch Streiks oder Störung durch höhere Gewalt besteht kein Anspruch auf Lieferung.
Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar.
Für die Rückgabe unverlangt eingesandter Buchbesprechungsexemplare kann keinerlei Gewähr übernommen werden.

ISSN 0943-6677

NACHRICHTEN & NOTIZEN

Die Degussa GmbH hat die Kapazität ihrer Produktionsanlage für Carbon Black in Paulinia, Brasilien, auf 100 000 Tonnen/Jahr verdoppelt. Damit baut die Degussa ihre weltweite Position als zweitgrößter Hersteller von Carbon Black aus.

Poulten & Graf aus Wertheim am Main, führender Anbieter von Liquid Handling Produkten, Volumenmessgeräten aus Glas und Glasspritzen, bietet nun die Möglichkeit, seine Laborprodukte auch Online über www.poulten-graf.com einzukaufen.

Die Lanxess Business Unit Polybutadiene Rubber hat einen 3-Jahresvertrag mit dem Beijing Research & Design Institute of Rubber Industry (BRDI) in China unterzeichnet. Die Kooperation soll die Sondierung und weitere Erschließung des am stärksten wachsenden Reifenmarktes der Welt begleiten. Das BRDI ist das nationale Testzentrum für Reifen und gleichzeitig das führende Forschungsinstitut.

Die rap.ID Particle Systems GmbH, weltweit führender Anbieter von Mikropartikelidentifikations-Ausrüstung im Labor- und Auftragsanalysenbereich, verdoppelt ihre Laborfläche und Mitarbeiterzahl und etabliert REM-EDX und FTIR-Spektroskopie im Haus, um steigenden Qualitätsansprüchen gerecht zu werden.

Die Binder GmbH in Tuttlingen, weltweit größter Spezialist für Simulationsschränke, baut ihr internationales Standort-Netz weiter aus. Das seit 1999 bestehende Binder Asia Representative Office in Kuala Lumpur, Malaysia, zuständig für Südasien, Südostasien, Fernost, China und Australien, ist nun als eigenständige Tochterfirma registriert. Die im Dezember 2006 gegründete Binder SDN BHD in Kuala Lumpur besitzt nun OHQ (Operational Head Quarter) Status.

Die BASF Venture Capital GmbH, Ludwigshafen, erhöht ihren Anteil an der amerikanischen SDCmaterials Inc., Arizona. SDCmaterials entwickelt und produziert Nanomaterialien für die Automobil- und Luftfahrtindustrie sowie die Chemie- und Medizintechnikbranche.

Roche plant die Unterbreitung eines öffentlichen Kaufangebots für die Ventana Medical Systems Inc. in Tucson, Arizona, zu einem Preis von 3 Milliarden US-Dollar. Durch die Übernahme von Ventana, einem führenden Unternehmen im rasch wachsenden Histopathologie-Segment will Roche ihr diagnostisches Angebot weiter ausbauen. Die Expansion in das Segment der gewebebasierten Diagnostika ist ein wichtiger Schritt in der Strategie von Roche, den Patienten personalisierte Gesundheitslösungen anzubieten.

Die febit synbio gmbh hat ihr Pilotprojekt zur Produktion synthetischer Gene erfolgreich abgeschlossen. Basierend auf der bereits seit Jahren erfolgreich für die Synthese von Biochips für die Microarrayanalyse eingesetzten Geniom Plattform von febit, können auch Oligonukleotide, die Bausteine synthetischer Gene, effizient und mit hoher Qualität produziert werden.

Rentschler erhöht Produktionskapazitäten

Full-Service Angebot

2006 gab Rentschler ein Investitionsprogramm von 50 Millionen Euro zur Erweiterung seiner Produktionsanlagen bekannt. Mit der Inbetriebnahme von zwei neuen GMP-Anlagen wurde die erste Stufe der Anlagenerweiterung erreicht.

Beide Anlagen mit je 500 L Arbeitsvolumen sind für die Produktion von therapeutischen Proteinen und monoklonalen Antikörpern vorgesehen.

Für Mitte 2008 ist die Inbetriebnahme der ersten von zwei neuen 2500-Liter-Multi-Prozess-Fermentationslinien geplant. Das gesamte Projekt umfasst außerdem ein neues Laborgebäude, eine Energiezentrale, einen Logistikbereich sowie zusätzliche Einrichtungen für die Sterilabfüllung von Spritzen und Injektionsfläschchen. Damit kann das Unternehmen künftig nicht nur die Entwicklung und Herstellung von biopharmazeutischen Arzneimitteln für die Phasen der klinischen Prüfung, sondern auch die Produktion größerer Wirkstoffmengen für die Marktversorgung anbieten.

Als Full-Service Auftragshersteller bietet die Rentschler Biotechnologie GmbH in Laupheim demnächst insgesamt 10 GMP-Anlagen für die Prozessentwicklung im kleinsten Maßstab bis hin zur cGMP Produktion im 2500-Liter-Maßstab an. Neben der Prozessentwicklung und Produktion inklusive der Formulierung und Abfüllung wird zusätzlich Unterstützung bei der Zulassung und Formulierungsentwicklung angeboten.

Cognis gliedert Process Chemicals aus

Pulcra Chemicals

Seit Juli 2007 agiert die Geschäftseinheit Process Chemicals von Cognis als eigenständiges Unternehmen und unter dem Namen Pulcra Chemicals GmbH.

Die Ausgliederung ist ein strategischer Schritt, um die langfristige Wettbewerbsfähigkeit und die Qualität der angebotenen Leistungen weiter zu verbessern. Das Portfolio von Pulcra Chemicals umfasst Produkte für die Chemiefaser-, Textil- und Lederindustrie.

Pulcra Chemicals wird individuell angepasste Produkte, kombiniert mit Anwendungsberatung und Service beim Kunden entwickeln, herstellen und weltweit vertreiben. Produktionsstätten und Servicecenter wird es in Deutschland, der Türkei, Italien, Spanien, USA, Mexiko, Brasilien, China, Indien und Indonesien geben.

Im Bereich Fiber Technology liefert Pulcra Chemicals Additive für die Herstellung und Verarbeitung von Chemiefasern. Im Textilbereich bietet das Unternehmen Produkte und technischen Service für alle Verarbeitungsschritte in der Fertigungskette. Für die Lederindustrie werden Chemiespezialitäten für Wasserwerkstatt, Gerberei und Zurichtung geliefert.

Um Kunden im Wachstumsmarkt China und weiteren asiatischen Ländern besser bedienen zu können, wurden 2006 für rund 3,8 Millionen Euro die Produktionskapazitäten am Standort Jinshan bei Shanghai erweitert.

2006 erzielte die Geschäftseinheit Process Chemicals einen Umsatz von 258 Millionen Euro und steigerte sich somit um 4,1 Prozent. Maßgeblich für den Anstieg war die starke Nachfrage in der Region Asien/Pazifik. Cognis erzielte 2006 einen Gesamtumsatz von 3,37 Mrd. Euro und ein Adjusted EBITDA von 394 Mio. Euro.

Ticona kommt in den Industriepark Hoechst

Größtes Polyacetalwerk geplant

Das Board of Directors der Celanese Corporation hat in seiner Sitzung am 26. Juli 2007 in Dallas, Texas entschieden, dass der Industriepark Höchst der neue Standort für die Kelsterbacher Produktionsbetriebe der Ticona sein wird.

Im November 2006 hatten sich Celanese, Ticona und die Betreiberin des Frankfurter Flughafens, Fraport, geeinigt, das Chemie-werk Ticona Kelsterbach bis Mitte 2011 zu verlagern, um dem beantragten Flughafenausbau Platz zu machen. Fraport zahlt hierfür eine Entschädigung in Höhe von insgesamt 670 Millionen Euro.

Der Standort Höchst hat sich gegen einen alternativen Standort in Wiesbaden durchsetzen können. „Höchst bietet alle notwendigen Voraussetzungen, um den Unternehmenserfolg der Ticona für die nächsten 40 Jahre in Deutschland und weltweit zu sichern“, so der

Sandra Beach Lin

Geschäftsführer der Ticona GmbH Dr. Joachim Gersdorf, zur Begründung der Wahl. Sandra Beach Lin, Präsidentin der Ticona ergänzt: „In den nächsten vier Jahren wird in Höchst das größte und modernste Werk zur Herstellung von Polyacetal weltweit entstehen, das dann ab Mitte 2011 die Produktionskapazität der Kelsterbacher Anlagen und die Belieferung der Kunden vollständig übernehmen und weiterführen wird.“

Sandra Beach Lin (49) wurde am 6. Juli zur Executive Vice President von Celanese und Präsidentin der Ticona ernannt. Celanese machte 2006 mit etwa 8900 Mitarbeitern einen Umsatz von 6,7 Milliarden Dollar (siehe auch Meldung im Kasten).

Eppendorf übernimmt New Brunswick Scientific

Die Eppendorf Gruppe und New Brunswick Scientific Co., Inc. (NBS) aus Edison, New Jersey, haben eine Vereinbarung unterzeichnet, nach der Eppendorf alle Aktien von NBS zum Preis von USD 11,50/Aktie übernehmen wird. Des weiteren wird Eppendorf alle Aktienoptionen von NBS durch Barausgleich ablösen. Der Gesamtwert der Transaktion beläuft sich auf etwa USD 110 Mio. Eppendorf konnte sich bereits verbindliche Zusagen vom Chairman von NBS und weiteren Mitgliedern des Managements und des Board of Directors sichern. Eppendorf wird NBS als Center of Excellence weiterführen. In Ergänzung zu der bereits vorhandenen Vertriebsorganisation wird Eppendorf NBS den Zugang zu seinem weltweiten Distributionsnetzwerk ermöglichen, um das langfristige Wachstum des gemeinsamen Produktprogramms zu beschleunigen.

Dow Wolff Cellulosics verstärkt globale Position

Methylcellulosics und LV-Produkte

Dow Wolff Cellulosics, ein neues Spezialchemie-Unternehmen der Dow Chemical Company, erweitert seine MHEC-Kapazitäten und baut seine Möglichkeiten für die Produktion von LV-Produkten aus.

Dow Wolff Cellulosics plant, eine Produktionsstätte für Methylhydroxyethylcellulose (MHEC) in Bitterfeld zu errichten. Ab dem ersten Quartal 2009 soll MHEC vor allem für den Baumaterialienmarkt produziert werden.

Weiterhin soll in den nächsten Monaten an mehreren Produktionsstätten die Gesamtproduktion an MHEC, wie angekündigt, auf 10 000 Tonnen gesteigert werden. In Stade werden im letzten Quartal 2007 die Kapazitäten für Methocel cellulose ethers erhöht. Die Maßnahmen sind Teil des langfristigen Expansionsprogramms von Dow, das 2005 initiiert wurde.

In den letzten Jahren ist die weltweite Nachfrage nach Cellulose-Derivaten stark gestiegen. Analysten schätzen, dass der Weltmarkt für Methylcellulosics im Jahr 2006 etwa 6 Prozent gewachsen ist. 2007 wird mindestens ein ähnliches Wachstum erwartet.

Darüber hinaus plant Dow Wolff Cellulosics, auch die Kapazitäten für low-viscosity (LV) Produkte in den Bereichen Lebensmittel, persönliche Hygiene und pharmazeutische Industrie zu erhöhen. Produktionsmöglichkeiten für LV-Produkte werden in Midland und in Plaquemine, USA, und später auch in Deutschland geschaffen werden.

Ticona ist „Polymerhersteller des Jahres 2007“

Kunststoffverarbeiter haben Ticona UK Ltd. 2007 erneut als „Polymerhersteller des Jahres“ ausgezeichnet, zum zweiten Mal innerhalb von drei Jahren. Die Unternehmen wurden im Hinblick auf Materialqualität und -eigenschaften, technischen Support, Kundenservice, Lieferzeit sowie Materialinnovationen beurteilt. Ticona, das Geschäft mit technischen Kunststoffen der Celanese Corporation, produziert und vertreibt technische Kunststoffe an Standorten in Deutschland, den USA und Brasilien. Das Unternehmen hat weltweit etwa 2000 Mitarbeiter.

BASF **Dr. Harald Schwager** (47, Personal, Verbundstandorte Europa, Engineering, Umwelt, Sicherheit und Energie) und **Dr. Wolfgang Büchele** (48, Öl & Gas, Region Europa, Globaler Einkauf & Logistik) wurden neu in den BASF-Vorstand berufen. Darüber hinaus wurden die Verträge der Vorstandsmitglieder Dr. Kurt Bock (49, Finanzvorstand, Region Nordamerika, Catalysts, Finanzen, Information Services) und Dr. Andreas Kreimeyer (52, Sprecher der Forschung, Chemikalien, Forschung & Technologie Chemikalien) bis 2012 verlängert.

Heinrich

Sahner

CAESAR Der Biophysiker **Prof. Dr. U. Benjamin Kaupp** (58) vom Forschungszentrum Jülich wurde zum wissenschaftlichen Direktor des Forschungszentrums caesar berufen. Das Forschungszentrum wird sich künftig auf die Neurowissenschaften, vor allem in den Bereichen Neurodegeneration/Neuroregeneration, Neurosensorik und Neuroprothetik konzentrieren.

Schwan

DFG Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) in Bonn, Europas größte Forschungsförderorganisation, wählte vier neue Mitglieder für das zehnköpfige Präsidium: Neue Vizepräsidenten sind **Prof. Dr.-Ing. Bernd Scholz-Reiter** (Ingenieurwissenschaften), **Prof. Dr. Konrad Samwer** (Physik), **Prof. Dr. Ferdi Schüth** (Chemie) sowie als zweite Frau im Präsidium **Prof. Dr. Dorothea Wagner** (Informatik).

Schartl

ECerS **Dr. Jürgen Heinrich** (58) von der Technischen Universität (TU) Clausthal, Abteilung Ingenieurkeramik, ist zum Präsidenten der Europäischen Keramischen Gesellschaft (ECerS) gewählt worden. Heinrich ist Nachfolger des Engländers Professor Derek Thompson und war in den vergangenen vier Jahren Präsident der Deutschen Keramischen Gesellschaft.

Amann

MPI **Prof. Dr. Rudolf Amann** übernahm die Geschäftsführung des Bremer Max-Planck-Instituts für marine Mikrobiologie (MPI). Amann ist seit 2001 Direktor und Leiter der Abteilung Molekulare Ökologie und lehrt an der Universität Bremen im Fachbereich Biologie. Mit seiner Forschung verknüpft Amann die Forschungsschwerpunkte des Instituts, der Mikrobiologie und der Biogeochemie des Meeres.

Friesen

Toste (re)

ROCHE **Severin Schwan** (40), Leiter der Division Diagnostics von Roche, wird 2008 zum CEO der Roche-Gruppe ernannt. Er tritt die Nachfolge von Franz B. Humer an, der sich auf das Verwaltungsratspräsidium konzentrieren wird. Die Nachfolge von Schwan als Diagnostics-Chef wird zu einem späteren Zeitpunkt bekannt gegeben.

EHRUNGEN

Dr.-Ing. Kathy Sahner, die sich in ihrer Doktorarbeit mit speziellen Gassensoren zur Detektion von unverbrannten Kohlenwasserstoffen beschäftigte, und **Dipl.-Ing. Matthias Spörl**, dessen Diplomarbeit eine neue Methode zur Überwachung von Abgaskatalysatoren beschreibt, sind an der Universität Bayreuth zu gleichen Teilen mit dem diesjährigen **Vishay-Technologiepreis** ausgezeichnet worden. Die Vishay Electronic GmbH, führender Hersteller elektronischer Bauelemente, hat den mit 3000 Euro dotierten Vishay Technologiepreis gestiftet, um Studenten für die Ingenieurwissenschaften und eine spätere Tätigkeit in diesem Bereich zu interessieren.

Dr. Claudia Friesen von der Ulmer Universitätsklinik für Nuklearmedizin erhielt in Freiburg den mit 6000 Euro dotierten **Dietrich-Schmähl-Preis**. Er wird alle zwei Jahre von der (CESAR) Central European Society for Anticancer Drug Research (EWIV), für herausragende Arbeiten zur Erforschung neuer Krebsmedikamente vergeben. Der Dietrich-Schmähl-Preis würdigt ihre gesamte Forschungstätigkeit.

Der diesjährige International **Aspirin Award** von Bayer HealthCare ging an **Prof. Hans Christoph Diener**, den Direktor der Essener Universitätsklinik für Neurologie und Leiter des Westdeutschen Kopfschmerzzentrums Essen. Die mit 20 000 Euro dotierte Auszeichnung erhielt er für seine zahlreichen Untersuchungen, mit denen er und sein Team die Wirksamkeit von Aspirin bei der Therapie von Spannungskopfschmerzen und Migräne nachweisen konnte. Mit seinen Studien zeigt er neue Wege auf, die die Selbstbehandlung von Migräne zu vereinfachen.

In Anerkennung seiner Beiträge zu katalytischen Verfahren für die organische Synthese erhielt **Professor Dr. F. Dean Toste** (36) von der University of California in Berkeley, USA, in Heidelberg den mit 10 000 Euro dotierten **BASF Catalysis Award 2007**. Für die chemische Industrie ist die Katalyse eine Schlüsseltechnik, mehr als 80 % der Produkte werden mit katalytischen Verfahren hergestellt.

Die Hormonforscherinnen **Sarah Funderburk** und **Liubov Shatkina** vom Forschungszentrum Karlsruhe zeigten am Beispiel des Kennedy-Syndroms, einer angeborenen Muskelschwäche, dass Mutationen die Krankheitssymptome abschwächen können. Die Deutsche Gesellschaft für Endokrinologie (DGE) zeichnete sie dafür mit dem **Schoeller-Junkmann-Preis** aus. Der Preis ist mit 10 000 Euro dotiert.

Der Biologe und Chemiker **Manfred Schartl** (54, Uni Würzburg) bekam den **Prinz-Hitachi-Preis 2007 für vergleichende Krebsforschung** in Tokio verliehen. Der Preis wird seit 1995 von der Japanischen Stiftung für Krebsforschung einmal jährlich verliehen. Schartl hat ein Gen identifiziert und charakterisiert, das bei Aquarienfischen Hautkrebs auslöst. Aufgrund einer Mutation ist das Protein bei den betroffenen Fischen fälschlicherweise dauernd aktiv. Als Folge entstehen schnell wachsende Hauttumoren.

Jugendsoftwarepreis: Naturwissenschaften

Die Klaus Tschira Stiftung ruft Kinder und Jugendliche auf, über die Sommerferien anschauliche digitale Darstellungen zu mathematisch-naturwissenschaftlichen Themen zu erstellen. Für besonders gelungene Arbeiten werden attraktive Preise vergeben. Einsendeschluss ist der **17. September 2007**. Schülerinnen und Schüler, die im vergangenen Schuljahr ein beeindruckendes Referat über ein naturwissenschaftliches Thema gehalten haben oder sich für ein solches begeistern, sind eingeladen, sich mit einer digitalen Ausarbeitung um den Jugendsoftwarepreis zu bewerben. Einzige Voraussetzung dafür: Der Inhalt stammt aus den Fächern Mathematik, Physik, Biologie oder Chemie. Junge Tüftler bis einschließlich Klasse 10 sollen ihr Thema in nacheinander ablaufenden Folien, Seiten oder Bildern erläutern. Zur Vermittlung der Botschaften sollen neben prägnanten Texten auch selbst erstellte digitale Medien wie Pixelbilder, Grafiken, Video oder Ton eingesetzt werden. Von Jugendlichen, die sich bereits in der Sekundarstufe II befinden, wird erwartet, dass sie in ihre Präsentationen Interaktionsmöglichkeiten wie die Simulation von Versuchen, die Einbindung von Übungen sowie eine aktive Navigation einbinden. Mitmachen lohnt sich. Die besten Arbeiten werden mit bis zu 1000 Euro prämiert und online veröffentlicht.

Ernährungsmedizinische Forschung

Die Deutsche Gesellschaft für Ernährungsmedizin e. V. (DGEM) schreibt eine Forschungsförderung von insgesamt 50 000 Euro und bis zu 25 000 Euro pro Antrag aus, um die ernährungsmedizinische Forschung zu fördern. Eingereicht werden können Forschungsprojekte mit hoher ernährungsmedizinischer Relevanz sowohl zur Grundlagenforschung als auch zu klinischen, ernährungswissenschaftlichen, pharmazeutischen, epidemiologischen oder sozialmedizinischen Studien, die mit den Zielsetzungen der DGEM in Einklang stehen. Bewerben können sich bis zum **30. September 2007** Wissenschaftler von Universitäten und anderen öffentlich-rechtlichen Einrichtungen. Weitere Informationen unter www.dgem.de.

NanoBioNet fördert bundesweit

Ab sofort können sich Mitglieder des Netzwerkes NanoBioNet mit neuen Forschungsvorhaben aus dem Bereich der Nanotechnologie an die Geschäftsstelle von NanoBioNet wenden. Bisher mussten die Antragsteller – kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) – im Saarland angesiedelt sein. Aufgrund eines neuen Projektes („Arbeitsgemeinschaft der Nanotechnologie-Kompetenzzentren in der Bundesrepublik Deutschland“, kurz: AGeNT-D) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) können nun auch Unternehmer aus dem gesamten Bundesgebiet einen Antrag stellen. Die maximale Fördersumme beträgt 25 000 Euro. Infos: Martin Monzel; info@nanobionet.de.

Preis für umfassende Recherche in der Wissenschaft

Die Stiftung experimentelle Biomedizin (Zürich) schreibt 2007 erstmals einen Recherchepreis für Wissenschafts- und Medizinjournalismus aus. Gesucht werden journalistische Arbeiten aus den Bereichen Wissenschaft und Forschung, die sowohl durch eine saubere Darstellung wissenschaftlicher Fakten als auch durch die Recherche politischer, wissenschaftlicher oder gesellschaftlicher Hintergründe überzeugen. Ausdrücklich erwünscht sind Beiträge, die Struktur und Funktion von Selbstkontrolle und Qualitätssicherung in der Wissenschaft beleuchten. Der mit 20 000 Schweizer Franken dotierte Preis wird in Form eines zweckgebundenen Recherchestipendiums (Honorar sowie Reise- und Sachkosten) vergeben. Die Frist zur Einreichung der Bewerbung endet am **30. Oktober 2007**. Die Preisträger werden bei den Mediengesprächen des Netzwerk Recherche in Berlin bekannt gegeben. Weitere Informationen unter www.recherchepreis-wissenschaftsjournalismus.ch.

Erforschung von Bewegung beim Menschen

Der mit 10 000 Schweizer Franken dotierte „Susanne Klein-Vogelbach-Preis zur Erforschung der menschlichen Bewegung“ richtet sich an Forscher, die sich in den Neurowissenschaften, in der Orthopädie und in der Anatomie in hervorragender Weise den Grundlagen der menschlichen Bewegung im weitesten Sinne und ihrer Rehabilitation nach traumatischen Schädigungen beziehungsweise neurologischen Erkrankungen widmen. Dabei ist Bewegung nicht allein auf Fortbewegung beschränkt, sondern jede muskulär induzierte Bewegung bis hin zur Mimik und Musik ist als Forschungsthema willkommen. Seit 2004 werden zusätzlich Arbeiten aus der Physiotherapie mit dem Susanne Klein-Vogelbach Special Award ausgezeichnet. Der Preis ist mit 10 000 sFr (Schweizer Franken) dotiert. Bewerbungen sollten bis spätestens **15. September 2007** an Georg und Susanne Klein-Vogelbach-Stiftung, Seestrasse 127, CH-8027 Zürich, gesandt werden.

Jugend forscht 2007

Magnetitherstellung aus Eisen(II)-sulfat

Johannes Wandt

In Ammoniaklösungen, deren Konzentration mindestens 1,25 mol/l beträgt, kann durch Oxidation mit Luftsauerstoff aus $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ Magnetit hergestellt werden. Durch eine neuartige Versuchsanordnung, die Kombination des Reaktionsraums mit einer selbstgebauten Magnetwaage, welche mit einem Computer verbunden ist, kann der Reaktionsverlauf zeitgetreu beobachtet werden. Dabei zeigt sich, dass die Magnetitbildung nach dem Reaktionsstart zeitlich verzögert einsetzt.

Einen in der Fachliteratur beschriebenen möglichen Reaktionsverlauf konnte ich experimentell widerlegen. Ich zeigte, dass auch nach Beginn der Magnetitbildung weiter Sauerstoff für die Reaktion benötigt wird. Das steht im Widerspruch zum beschriebenen Reaktionsmechanismus.

In der vorliegenden Arbeit wird ein alternativer Reaktionsmechanismus vorgeschlagen, der in Einklang mit den experimentellen Befunden steht. Dabei spielt die Eisenverbindung Green Rust eine zentrale Rolle als Zwischenprodukt in der Magnetitherstellung.

Sowohl der Verlauf der Reaktion als auch die Menge des gebildeten Magnetits hängen stark von der Ammoniakkonzentration ab. Wenn der Quotient aus Ammoniak- und Eisenstoffmenge den Wert 4,7 unterschreitet läuft die Reaktion nicht ab. Im ähnlichen Verhältnis treten Eisen und Ammoniak in Komplexverbindungen auf. Diese Beobachtung und die Tatsache, dass die Reaktion unter Verwendung alternativer Basen nicht abläuft, wirft die Frage auf, ob im Verlauf der Reaktion Eisenamminkomplexe eine Rolle spielen.

Einleitung

Die Chemie der verschiedenen Eisenverbindungen, die in einer alkalischen Lösung durch Oxidation von Eisen(II)salzen entstehen können, ist sehr kompliziert. Es treten viele verschiedene Verbindungen auf: die Eisen(III)oxide Hämatit (α-Fe_2O_3) und Maghemit (γ-Fe_2O_3), die Eisen(III)oxidhydroxide Goethit (α-FeOOH), Akaganeit (β-FeOOH), Lepidokrokit (γ-FeOOH) und Feroxyhyt (δ-FeOOH), die Mischoxide Magnetit (Fe_3O_4) und Green Rust (z.B. $[Fe^{III}Fe_2^{II}(OH)_5]^{2+}$).

Bei dem Versuch, eine Komplexverbindung aus Eisen und Ammoniak herzustellen, habe ich eine Reaktion entdeckt, bei der Magnetit gebildet wird, ein schwarzes und stark magnetisches Eisenoxid. Aufgrund der Vielfalt der Eisenverbindungen und des hohen technischen Aufwands zur Charakterisierung der Produkte, habe ich eine Versuchsanordnung speziell für die Magnetitherstellung entworfen. Der Aufbau ist einfach und liefert dennoch die gewünschten Informationen.

Versuchsanordnung und deren Anwendung

Aufbau der Magnetwaage

Von zwei Literaturstellen, die den Bau einer Magnetwaage beschreiben [1] [2], habe ich meinen Versuchsaufbau abgeleitet. Im Zentrum (Abbildung 1) stehen eine Analysewaage (Sartorius, BP 210S; Messgenauigkeit: 0,1mg) und ein starker Neodym-Eisen-Bor-Magnet (Firma Supermagnete; Fabrikat Q-20-20-10-N).

Um eine Beeinflussung der Waage durch den Magneten zu verhindern, ist der Magnet auf einem etwa 25 cm hohen Holzgerüst angebracht, welches auf der Waagschale steht. Direkt darüber befindet sich ein Holzgestell, welches das Reagenzglas sehr knapp über dem Magneten fixiert, jedoch ohne direkten Kontakt. Das Reagenzglas ist zylinderförmig, sein Durchmesser beträgt 2,5 cm.

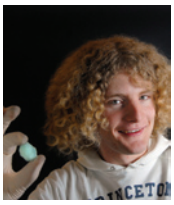
Die Verwendung eines Magnetrührers war nicht möglich, da ein Magnetrührer den Magneten, der auf der Waageschale angebracht ist, beeinflussen würde. Daher fungiert das Gas (N_2, O_2 oder Luft), das durch ein dünnes Glasrohr in Lösung einströmt, einerseits als Reaktionspartner, andererseits durchmischt es die Lösung. Es strömen bei allen Versuchen konstant 0,65 l Gas pro Minute durch die Lösung.

Die Waage wird von einem Kasten aus Plexiglas umgeben, um sie vor Luftzügen zu schützen. Im 0,2s-Takt werden die Messwerte an einen Computergeschickt und dort auswertet (Excel).

Anwendung der Magnetwaage

Theoretische Grundlagen

Der Magnet auf der Waage zieht para- und ferrimagnetische Testsubstanzen an; im selben Maße wird auch der Magnet zu den Testsubstanzen hingezogen (actio = reactio). Die Stärke der magnetischen Wechselwirkung hängt von folgenden vier Faktoren ab:



Der Autor

Johannes Wandt ist in diesem Jahr 1. Bundessieger im Fach Chemie des Bundeswettbewerbs „Jugend forscht". Er besuchte bis zum Sommer das König-Karlmann-Gymnasium in Altötting. Nach einem Praktikum bei der Wacker Chemie AG wird er im Herbst das Chemiestudium an der TU München aufnehmen.

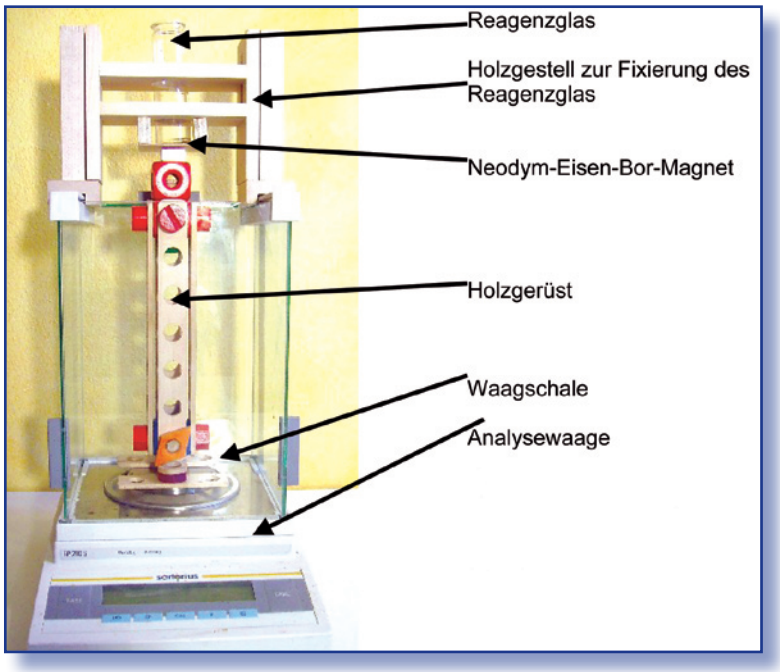


Abbildung 1: Versuchsanordnung. Der Schutzkasten aus Plexiglas ist in der Abbildung nicht zu sehen, da er zu sehr spiegelt und so die restliche Konstruktion verdecken würde.

- magnetische Eigenschaften der Testsubstanz
- mittlere Entfernung zwischen Magnet–Testsubstanz
- Temperatur
- Menge der Testsubstanz

Abbildung 2 zeigt den linearen Zusammenhang der magnetischen Wechselwirkung zwischen Magnet und Testsubstanz (Gewichtsänderung ΔG) und der Konzentration der Testsubstanz. Die Steigung der Geraden hängt von den magnetischen Eigenschaften der verschiedenen Testsubstanzen ab.

Ermittlung der Magnetitmenge

Da Magnetit ferrimagnetisch ist, kann man den vergleichsweise schwachen Diamagnetismus des Wassers und den Paramagnetismus der anderen auftretenden Eisenverbindungen vernachlässigen.

Das entstehende Magnetit ist ein Feststoff. Durch die konstante Gaszufuhr wird das Magnetit gleichmäßig im Reagenzglas verteilt. Das Volumen der Eisenlösung ist in allen Versuchen gleich: 13ml. Bei allen Versuchen beträgt die Temperatur 20 °C (±2°C).

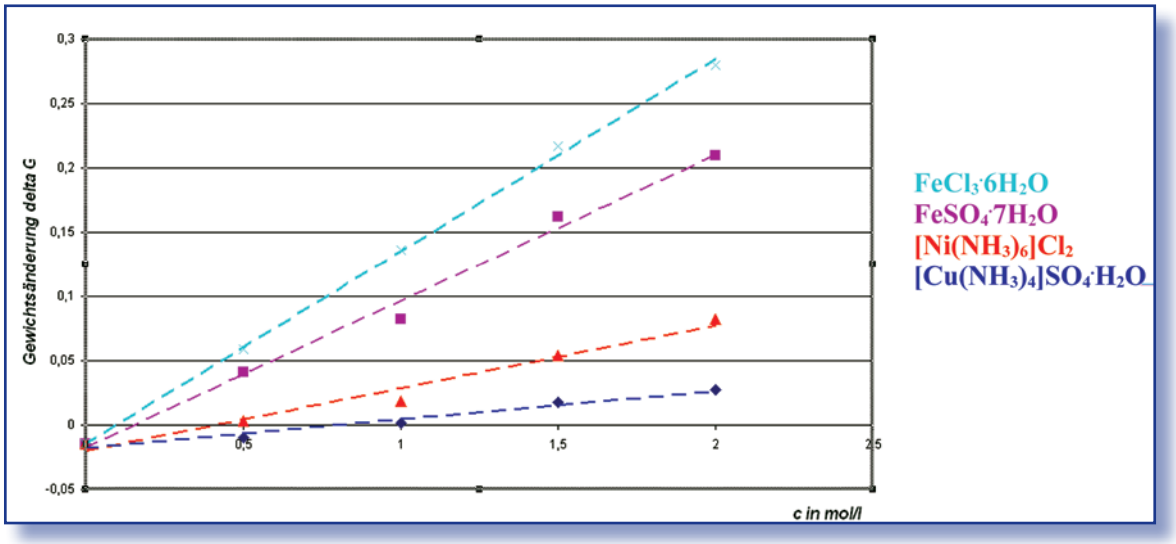
Hieraus ergibt sich, dass die ersten drei der oben genannten Faktoren konstant sind. Folglich ist die Gewichtsänderung ΔG direkt proportional zur Menge des Magnetits; man kann aus den Messwerten der Waage direkt auf die Menge des Magnetits schließen.

Klärung des Reaktionsmechanismus

Reaktionsverlauf und Reaktionsmechanismus nach Kunda und Hitesman

Der Versuch 1 (Abbildung 3) zeigt den Reaktionsverlauf der Magnetitherstellung. Kunda und Hitesman schlagen folgenden Reaktionsmechanismus vor [3]: $Fe(OH)_2$ wird ausgefällt, welches teilweise zu $Fe(OH)_3$ oxidiert wird. Das $Fe(OH)_3$ reagiert mit nicht oxidiertem $Fe(OH)_2$ unter Wasserabspaltung zu Fe_3O_4.

Abbildung 2: Linearer Zusammenhang der magnetischen Wechselwirkung zwischen Magnet und Testsubstanz (Gewichtsänderung ΔG) und der Konzentration der Testsubstanz. Die Messwerte der Waage sind immer negative Werte, da der Magnet von der Waage weggezogen wird. Der Einfachheit halber wird deswegen in der vorliegenden Arbeit der Messwert der Waage generell mit (-1) multipliziert und dann als „Gewichtsänderung ΔG" bezeichnet.



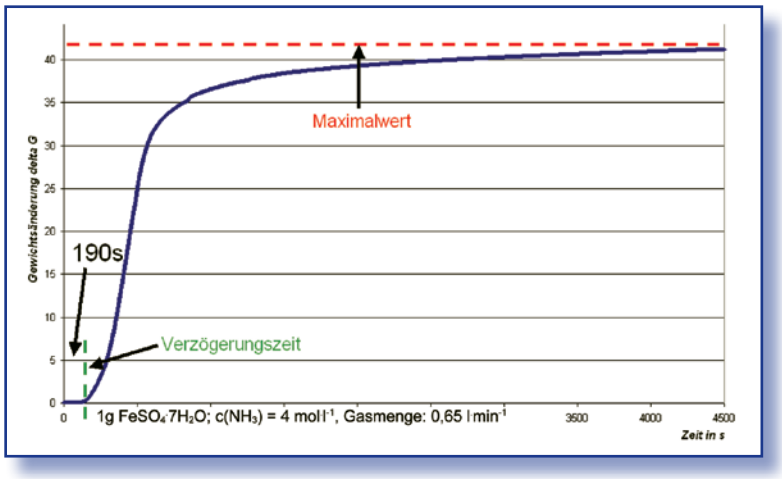


Abbildung 3: Versuch 1. Reaktionsverlauf der Magnetitherstellung. Die Magnetitbildung setzt nach dem Reaktionsbeginn verzögert ein. Die Zeit zwischen Reaktionsbeginn und der ersten Magnetitbildung wird in der vorliegenden Arbeit als „Verzögerungszeit" bezeichnet. Die Gewichtsänderung ΔG nähert sich asymptotisch einem Endwert. Dieser Wert wird hier als „Maximalwert" bezeichnet.

$$(1)\ 3FeSO_4 + 6NH_3 + 6H_2O \rightarrow 3Fe(OH)_2 + 3(NH_4)_2SO_4$$

$$(2)\ 2Fe(OH)_2 + 0{,}5O_2 + H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_3$$

$$(3)\ Fe(OH)_2 + 2Fe(OH)_3 \rightarrow Fe_3O_4 + 4H_2O$$

Dieser Vorschlag liefert eine mögliche Erklärung des Reaktionsverlaufes. Während der Verzögerungszeit laufen die ersten beiden der oben genannten Reaktionen ab: die Fällung und die Oxidation von 2/3 der Menge an Eisen(II)-hydroxid. In dieser Zeit wird kein Magnetit gebildet und die Gewichtsänderung ΔG bleibt unverändert. Erst nach Ablauf der Verzögerungszeit läuft die dritte Reaktion ab und die Magnetitbildung beginnt.

Überprüfung des Reaktionsmechanismus nach Kunda und Hitesman

Während der Verzögerungszeit läuft die Fällung des Eisen(II)-oxids und dessen teilweise Oxidation ab. Im Folgenden soll geklärt werden, ob die Fällung oder die Oxidation die langsamer ablaufende und damit geschwindigkeitsbestimmende Reaktion ist.

Abbildung 4: Verzögerungszeiten (blauer Graph), die Quotienten aus Verzögerungszeit und Eisenmenge (roter Graph) und die Maximalwerte (rosa Graph) in Abhängigkeit von der Menge an Eisen(II)-sulfat.

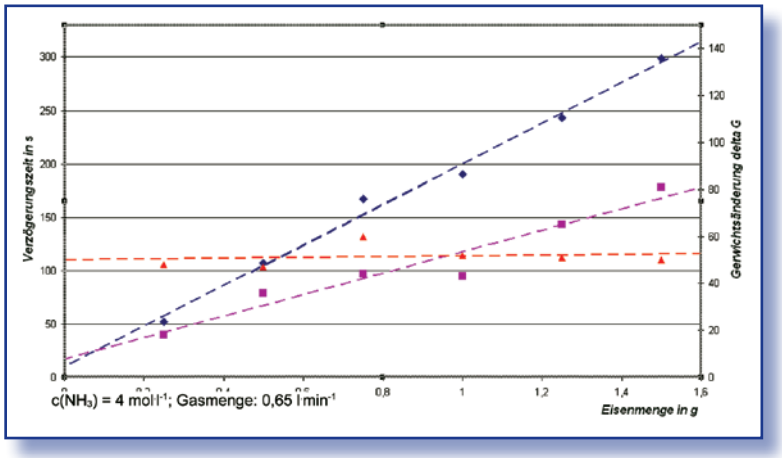


Abbildung 4 zeigt die Verzögerungszeiten (blauer Graph), die Quotienten aus Verzögerungszeit und Eisenmenge (roter Graph) und die Maximalwerte (rosa Graph) in Abhängigkeit von der Menge an Eisen(II)-sulfat. Die lineare Entwicklung der Verzögerungszeiten und der annähernd konstante Wert der Quotienten aus Verzögerungszeit und Eisenmenge legen die Vermutung nahe, dass die Oxidation die Verzögerungszeit verursacht. Die ebenfalls lineare Entwicklung der Maximalwerte zeigt, dass das Eisen(II)-sulfat unabhängig von der Eisenmenge im gleichen Verhältnis zu Magnetit umgesetzt wird.

Versuch 2

Es wird 340 Sekunden lang Stickstoff durch die Lösung geblasen, dann erst der Sauerstoff (Luft). So laufen die, bei Versuch 1 parallel ablaufenden Reaktionen (Fällung und Oxidation) nacheinander ab (Abbildung 5). Während der ersten 380 Sekunden wird das Eisen(II)-hydroxid ausgefällt, es findet keine Oxidation statt. Ab dem Moment der Sauerstoffzufuhr läuft die Oxidationsreaktion ab.

Bei diesem Versuch vergehen nach Beginn der Sauerstoffzufuhr weitere 170 Sekunden, bis die Bildung des Magnetits startet. Diese Zeit ist im Vergleich zu der bei Versuch 1 ermittelten Verzögerungszeit (190s) nur geringfügig kürzer. Folglich verursacht die Oxidationsreaktion und nicht die Fällung des Eisen(II)-hydroxides die Verzögerungszeit.

Gemäß dem Reaktionsmechanismus nach Kunda und Hitesman läuft die Oxidation des $Fe(OH)_2$ während der Verzögerungszeit ab, danach reagiert das restliche $Fe(OH)_2$ mit dem neu gebildeten $Fe(OH)_3$. Nach dieser Theorie bildet sich das Magnetit nach der Verzögerungszeit ohne weitere Oxidation. Dieser Sachverhalt wird im Versuch 3 untersucht.

Versuch 3

Es wird 190 Sekunden lang Sauerstoff durch die Lösung geblasen, der bei Versuch 1 ermittelten Verzögerungszeit. Anschließend wird die Luftzufuhr für weitere 700 Sekunden unterbrochen (Abbildung 6). Während dieser Zeit bildet sich kein Magnetit; erst bei erneuter Sauerstoffzufuhr setzt die Magnetitbildung ein. Folglich findet auch nach der Verzögerungszeit eine Oxidation statt, im Widerspruch zu dem von Kunda und Hitesman beschriebenen Reaktionsmechanismus. Dieser wird daher als widerlegt betrachtet.

Vorschlag eines alternativen Reaktionsmechanismus

Bei pH-Werten zwischen 8 und 10 liegen Eisen(II)-Ionen als $Fe(OH)^+$ und Eisen(III)-Ionen als $Fe(OH)_2^+$ vor [4]. Diese Verbindungen können bei pH-Werten zwischen 6,8 und etwa 10 zu Green Rust reagieren

[4][5][6], aus welchem durch weitere Oxidation Magnetit entstehen kann [4][6][7]:

(1) $FeSO_4 + 2NH_3 + 2H_2O \rightarrow Fe(OH)^+ + (NH_4)_2SO_4 + OH^-$

(2) $2Fe(OH)^+ + 0{,}5O_2 + H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_2^+$

(3) $Fe(OH)_2^+ + 2Fe(OH)^+ + OH^- \rightarrow [Fe^{III}Fe_2^{II}(OH)_5]^{2+}$

(4) $2[Fe^{III}Fe_2^{II}(OH)_5]^{2+} + 0{,}5O_2 + 4OH^- \rightarrow 2Fe_3O_4 + 7H_2O$

Während der Verzögerungszeit laufen die Reaktionen (1), (2) und (3) ab: Die Eisen(II)-Ionen werden in Form von Hydroxoeisen(II)-Kationen ausgefällt, welche zu einem Drittel oxidiert werden. Die entstehenden Dihydroxoeisen(III)-Kationen reagieren mit nicht oxidiertem $Fe(OH)^+$ zu Green Rust. Am Ende der Verzögerungszeit sind sämtliche Eisen(II)-Ionen entweder oxidiert oder in Green Rust gebunden und Reaktion (4) läuft an: Green Rust wird weiter oxidiert und die Bildung des Magnetits beginnt. Damit setzt auch der Anstieg der Gewichtsänderung ΔG ein.

Dieser Reaktionsmechanismus liefert eine Erklärung für den Verlauf des Graphen der Gewichtsänderung ΔG und stimmt mit den Ergebnissen der Versuche 2 und 3 überein: Während der Verzögerungszeit laufen die Reaktionen (1) bis (3) ab, wobei die Oxidation die langsamste dieser Reaktionen ist und daher die Verzögerungszeit verursacht (Übereinstimmung mit Versuch 2). Auch nach der Verzögerungszeit wird Sauerstoff benötigt, da weiterhin eine Oxidation abläuft (Übereinstimmung mit Versuch 3).

Verschiedene Einflussfaktoren

Ammoniakkonzentration

Die Abbildung 7 zeigt die Entwicklung der Verzögerungszeiten (blauer Graph) und der Maximalwerte (rosa Graph) in Abhängigkeit der Konzentration der Ammoniaklösung.

Die pH-Werte der Lösung von 1g $FeSO_4$ in 1,25 M NH_3-Lösung und in 13,5 M NH_3-Lösung wurden mittels pH-Meter bestimmt: pH = 9 bzw. 11.

Verzögerungszeiten

Mit der Zunahme der Ammoniakkonzentration fällt der Graph der Verzögerungszeiten exponentiell ab. Da bei jedem Versuch die Menge an Eisen(II)-sulfat gleich ist, muss die Reaktionsgeschwindigkeit der Oxidation zunehmen, was mittels Nernst'scher Gleichung erklärt werden kann:

$Fe(OH)^+ + OH^- \rightarrow Fe(OH)_2^+ + e^-$

$$E = E^\circ + \frac{RT}{nF} \cdot \ln \frac{c(Fe(OH)_2^+)}{c(Fe(OH)^+) \cdot c(OH^-)}$$

Für die Annahme $c(Fe(OH)^+) = c(Fe(OH)_2^+)$ ergibt sich durch Umformen:

$$E = -pH \cdot 2{,}3 \cdot \frac{RT}{F} + E^\circ + 32 \cdot \frac{RT}{F}$$

Mit steigendem pH-Wert nimmt das Elektrodenpotenzial E linear ab ($\frac{RT}{F}$ und E° sind konstante Werte), der pH-Wert wiederum steigt durch eine Erhöhung der Ammoniakkonzentration. Daraus kann man schließen, dass die Reduktionskraft des Eisen(II)-Kations mit zunehmender Ammoniakkonzentration steigt, wodurch auch die Reaktionsgeschwindigkeit steigt.

Maximalwerte

Im Bereich zwischen 1,25 mol/l und 4 mol/l steigt mit zunehmender Ammoniakkonzentration auch der jeweilige Maximalwert schnell an. Zwischen 4 mol/l und 6,5 mol/l bleibt der Maximalwert auf konstant hohem Niveau. Anschließend fallen die Maximalwerte wieder ab (vergleiche Abbildung 7).

Abbildung 8 zeigt den Zusammenhang zwischen den Maximalwerten und dem Quotienten aus der Stoffmengen von Ammoniak und Eisen(II)-sulfat (es liegen die Messwerte aus Abbildung 7 zugrunde).

Bei einem Verhältnis von 1,9 läuft die Reaktion nicht ab, bis zum Verhältnis 8,4 steigt der Maximalwert schnell an, eine weitere Erhöhung des Verhältnisses

Abbildung 5: Versuch 2. Fällung und Oxidation laufen nacheinander ab.

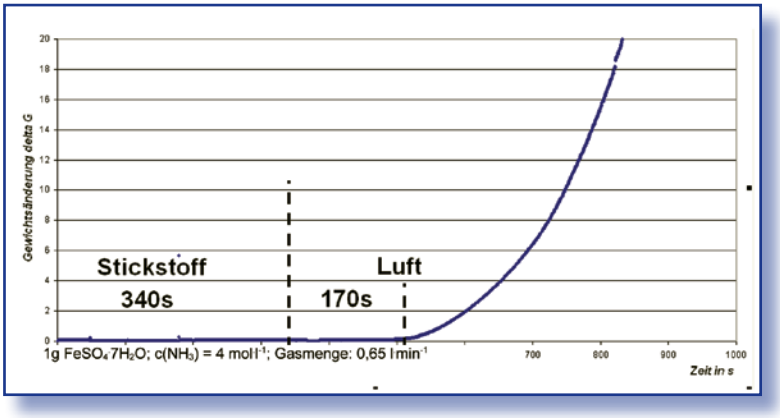
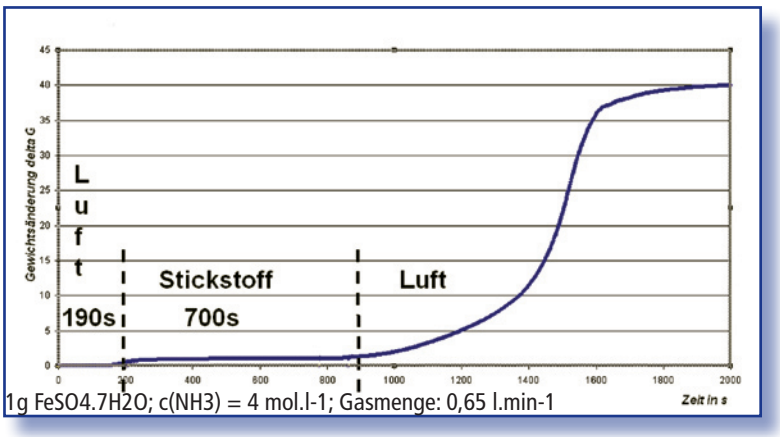


Abbildung 6: Widerlegung des von Kunda und Hitesman beschriebenen Reaktionsmechanismus: auch nach der Verzögerungszeit findet eine Oxidation statt.



auf 15 lässt den Maximalwert nur noch geringfügig weiter ansteigen.

Es wird auf diesen Sachverhalt aufmerksam gemacht, da sich in diesem Bereich der Reaktionsverlauf durch geringfügige Änderungen des Verhältnisses stark ändert. Es ist zu bezweifeln, dass das eine Folge der nur minimal unterschiedlichen pH-Werte ist. In ähnlichem Verhältnis stehen oft Liganden und Metallkationen in Komplexverbindungen. Daher stellt sich die Frage, ob Ammoniak nicht nur als Base fungiert, sondern möglicherweise auch eine bisher nicht beschriebene Funktion als Ligand erfüllt.

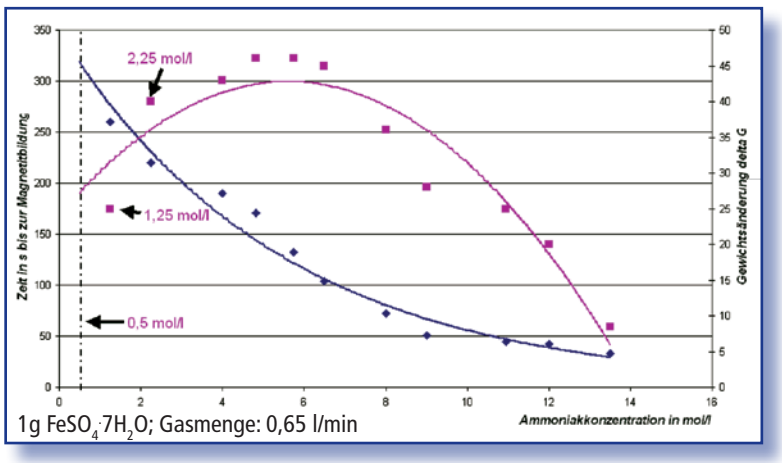
Die Abnahme der Maximalwerte ab einer Ammoniakkonzentration von 6,5 mol/l ist wird dadurch bedingt, dass der Anstieg der Oxidationsgeschwindigkeit die Bildung von Lepidokrokit begünstigt [6].

Erhöhung der Sauerstoffkonzentration

Versuch 4 (Abbildung 9) zeigt den Reaktionsverlauf, wenn reiner Sauerstoff statt Luft verwendet wird. Die Magnetitbildung beginnt sofort nach Reaktionsbeginn. Die einzelnen Oxidationsreaktionen werden jedoch nicht wesentlich beschleunigt, da eine deutlich höhere Oxidationsgeschwindigkeit die Bildung von Lepidokrokit begünstigt und somit ein Absinken des Maximalwertes verursacht. Da die Maximalwerte der Versuche 1 und 4 jedoch fast identisch sind, kann eine wesentliche Erhöhung der Oxidationsgeschwindigkeit ausgeschlossen werden.

Der Sauerstoffgehalt ist bei Versuch 4 im Vergleich zu den anderen Versuchen vier bis fünf mal höher. Folglich ist genug Sauerstoff vorhanden, dass neben der Oxidation der Hydroxoeisen(II)-Kationen gleichzeitig das gebildete Green Rust zu Magnetit oxidiert werden kann. Da die Reaktionen, die bei niedrigen Sauerstoffkonzentrationen (Versuch 1) nacheinander ablaufen, nun gleichzeitig ablaufen können, beginnt die Magnetitbildung sofort nach dem Reaktionsstart.

Abbildung 7: Entwicklung der Verzögerungszeiten (blauer Graph) und der Maximalwerte (rosa Graph) in Abhängigkeit zur Konzentration der Ammoniaklösung. Bei der Verwendung einer 0,5M NH_3-Lösung läuft die Reaktion nicht ab, die Lösung wird zu braunem Eisen(III)-oxid oxidiert.Die senkrechte, gestrichelte Linie markiert diese Ammoniakkonzentration.



Alternative Basen

Die folgende Tabelle zeigt weitere Basen, die statt Ammoniak auf ihre Verwendbarkeit getestet wurden:

NaOH	Na_2CO_3	TMAH	Ethylen diamin	Pyridin
0.008 mol/l	0.05 mol/l	1 mol/l	4 mol/l	1 mol/l
0.1 mol/l	0.5 mol/l	3 mol/l		
2 mol/l	2 mol/l			
4 mol/l				

TMAH ist eine Abkürzung für Tetramethylammoniumhydroxid. Der pH-Wert einer 0,008M NaOH-Lösung entspricht in etwa dem einer 4M NH_3-Lösung.

Bei sämtlichen Versuchen wurde kein Magnetit gebildet.

Sowohl Ethylendiamin als auch Pyridin sind Liganden, die wie Ammoniak über Stickstoffatome mit freien Elektronenpaaren verfügen (Pyridin über eine, Ethylendiamin über zwei) und die so Metallkationen komplexieren können.

Diese Beobachtung wirft erneut die Frage auf, welche Rolle Ammoniak bei der Magnetitdarstellung spielt, da die Reaktion sowohl in stark verdünnter Natronlauge als auch in Gegenwart anderer potentieller Liganden nicht abläuft.

In der Fachliteratur habe ich zwei mögliche Erklärungen gefunden. Zum einen soll Ammoniak verhindern, dass sich Eisenhydroxid in großen Agglomeraten anordnet [3]; zum anderen soll Ammoniak die Oxidation der Eisen(II)verbindungen verlangsamen [8] und somit die Bildung reiner Eisen(III)-oxide einschränken. Beide Literaturstellen geben allerdings keinen Aufschluss, wie Ammoniak diese Effekte hervorruft.

Magnetfeld

Aufgrund des Versuchsaufbaus wirkt während der Reaktion auf die Substanzen ein starkes Magnetfeld. Im Folgenden soll untersucht werden, ob die Magnetwaage das Ergebnis der Reaktion beeinflusst.

Wie bei Versuch 1 wird 1 Gramm $FeSO_4 \cdot H_2O$ in 13ml 4M Ammoniakwasser gelöst und durch Luftsauerstoff oxidiert. Das Reagenzglas wird aber nicht in der Magnetwaage fixiert; somit sind die Substanzen während des Ablaufes der Reaktion keinem Magnetfeld ausgesetzt.

Nach zwei Stunden wird die Luftzufuhr abgebrochen und Stickstoff durch die Lösung geblasen. Nach weiteren 10 Minuten wird das Reagenzglas in der Magnetwaage fixiert, um den Maximalwert dieser Reaktion zu ermitteln. Der Maximalwert beträgt 41 g.

Dieser Versuch zeigt, dass das Magnetfeld keinen Einfluss auf das Resultat der Reaktion hat (Maximalwert). Trotzdem kann nicht ausgeschlossen werden, dass das Magnetfeld den Reaktionsverlauf (Verzöge-

rungszeit) beeinflusst, da für diese Fragestellung die Verwendung einer Magnetwaage ungeeignet ist.

Zusammenfassung und Diskussion

Üblicherweise läuft die Reaktion der Magnetitdarstellung in einem geschlossenen Gefäß ab, und es werden in regelmäßigen Abständen Proben entnommen um sie zu analysieren. Allerdings werden bei diesem Verfahren durch die wenigen Messpunkte wichtige Informationen nicht erfasst; es ergibt sich daher ein sehr ungenaues Bild des Reaktionsverlaufes. Die Folge ist eine Fehlinterpretation des Reaktionsverlaufs und die Formulierung eines fehlerhaften Reaktionsmechanismus, wie dies Kunda und Hitesman unterlaufen ist.

Die von mir entwickelte Kombination des Reaktionsraums mit der Magnetwaage hat sich als sehr geeignet erwiesen, um den Reaktionsverlauf genauer, als dies bisher gelungen ist, zu beobachten und Sekunden-genau aufzuzeichnen. Außerdem ist der Versuchsaufbau mit einfachen Mitteln realisierbar und somit insbesondere für Schüler geeignet, welche nur auf beschränkte technische und finanzielle Mittel zurückgreifen können.

Diese neue Art der Versuchsaufzeichnung machte es erstmals möglich, die Zeit zu ermitteln, die zwischen dem Start der Reaktion und dem Beginn der Magnetitbildung vergeht. So konnte gezeigt werden, dass auch nach Beginn der Magnetitbildung weiterhin eine Oxidationsreaktion abläuft. Damit wurde der Reaktionsmechanismus nach Kunda und Hitesman widerlegt.

Auch den Einfluss der Ammoniakkonzentration auf die Kinetik dieser Reaktion konnte exakter als dies bisher möglich war beobachtet werden.

Die vorliegende Arbeit wirft des Weiteren die Frage auf, ob Ammoniak in der Magnetitdarstellung nur als Base reagiert oder auch als Ligand eine Rolle spielt.

Danksagung

Ich möchte mich insbesondere bei Prof. Dr. Peter Härter (TU München) für die große Unterstützung und die Bereitstellung der Analysewaage bedanken. Des Weiteren gilt mein Dank Dr. Constantin Hoch (MPI Stuttgart). *CLB*

Literaturverzeichnis

[1] Yoshinori Itami, Kozo Sone: Simple Measurement of Magnetic Susceptibility with a Small Permanent Magnet and a Top-Loading Electronic Balance. Journal of Chemical Education; Vol 79 No.8 August 2002, p. 1002- 1004

[2] Adolf Cortel: Demonstration on Paramagnetism with an Electronic Balance. Journal of Chemical Education; Vol. 75 No.1 January 1998, p 61-63

[3] W. Kunda, R. Hitesman: Recovery of Iron as Magnetite From Aqueous Ferrous Sulphate Solution. Canadian Metallurgical Quarterly; 1977/18, p. 121

[4] Yutaka Tamaura, Takashi Yoshida: The Synthesis of Green Rust II (FeIII1-FeII2) and Its Spontaneous Transformation into Fe3O4. Bulletin Chemical Society of Japan, 1984/57, p. 2411-2416

[5] Jose R. Correa, Dora Canetti: Influence of the Precipitation pH of Magnetite in the Oxidation Process to Maghemite. Materials Research Bulletin, Volume 41, Issue 4, April 2006, p. 703-713

[6] T. Misawa, K. Hashimoto: Formation of Fe(II)1-Fe(III)1 Intermediate Green Rust Complex on Oxidation of Ferrous Ion in Neutral al and Slightly Alkaline Sulphate Solutions. Journal of nuclear Chemistry, 1973/35, p- 4167-4174

[7] http://www.concretecorrosion.net/html_en/maitrise/rouille.htm; 29.12.2006

[8] R.P. Das, S. Anand: Precipitation of iron oxides from ammonia-ammonium sulphate Solutions. Hydrometallurgy 1995/38, p. 161-173

Abbildung 8: Zusammenhang zwischen den Maximalwerten und dem Quotienten aus der Stoffmengen von Ammoniak und Eisen(II)-sulfat.

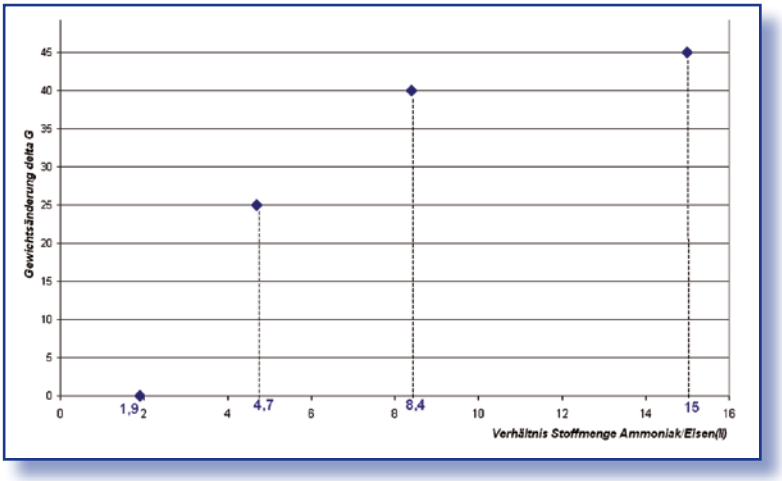
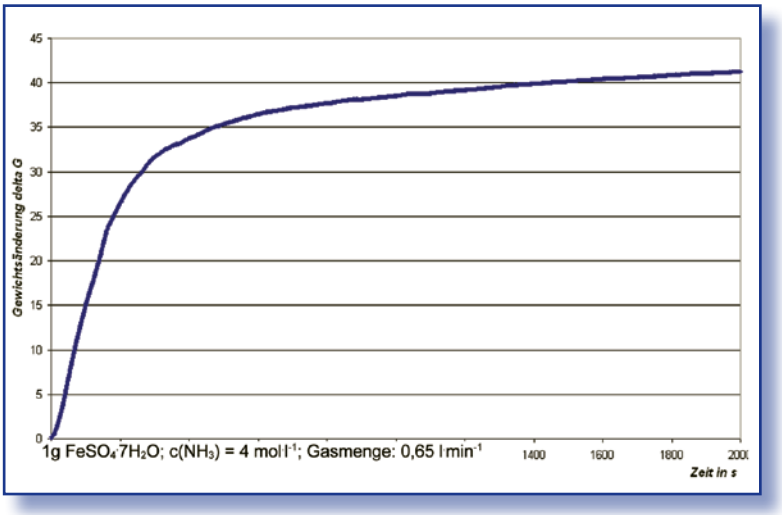


Abbildung 9: Versuch4. Reaktionsverlauf, wenn statt Luft reiner Sauerstoff verwendet wird.



Im Roman von Patrick Süskind

Parfüm-Chemie

Georg Schwedt, Bonn

Bereits durch den Vorabdruck das Romans „über Düfte und Morde" in der Frankfurter Allgemeinen Zeitung ab Oktober 1984 sowie in der Schweizer Illustrierten Zeitung ab November 1984 zeichnete sich ein großer Erfolg für die anschließende Buchausgabe ab. In wenigen Monaten war die Startauflage von 10 000 Exemplaren vergriffen, obwohl der Autor seinem Verlag geraten hatte, nur 5000 Exemplare zu drucken. Ab 1985 stand der Roman über 316 Wochen (über 6 Jahre) ununterbrochen in den Beststellerlisten. 2006 kam dann auch der Film zum Roman in die Kinos – mit vergleichbarem Erfolg.

Zur Handlung

Die Handlung des Romans spielt in der Mitte des 18. Jahrhunderts. Die Hauptperson des Romans, Jean-Baptiste Grenouille, kommt zunächst zum Gerber Grimal in die Lehre. In der geringen Freizeit, die er ab dem 12. Lebensjahr erhält, erforscht er die Stadt Paris als das „größte Geruchsrevier der Welt". Süskind schreibt, dass Grenouille, nicht nur die Gesamtheit eines Duftgemenges roch, „sondern er spaltete es analytisch auf in seine kleinsten und entferntesten Teile und Teilchen." Seine Nase sei in der Lage gewesen, das Knäuel aus Dunst und Gestank zu einzelnen Fäden von Grundgerüchen, die nicht mehr weiter zerlegbar waren, zu entwirren. Auf seinen Streifzügen durch die unterschiedlichsten Viertel von Paris gelangt er schließlich auch „in das Sorbonneviertel und in den Faubourg Saint-Germain, wo die reichen Leute wohnten." Und hier riecht Grenouille erstmals Parfüms.

Grenouilles erste Parfümgerüche

Süskind zählt sie auf: Zunächst nimmt er den Duft des Ginsters und der Rosen sowie der frisch geschnittenen Liguster wahr – dann einfache Lavendel- und Rosenwässer, „mit denen bei festlichen Anlässen die Springbrunnen der Gärten gespeist wurden". Auch komplexere und kostbarere Düfte wie Mischungen mit Moschus, dem Öl von Neroli und Tuberose, Joncquille, Jasmin und Zimt. Süskind stellt fest, dass Grenouille viele dieser Gerüche, die „abends wie ein schweres Band hinter den Equipagen" herwehten, schon von den Blumen- und Gewürzständen der Märkte gekannt habe. Und daraus habe er weitere herausgefiltert und namenlos im Gedächtnis behalten, wie Amber, Zibet, Patschuli, Sandelholz, Bergamotte, Vetiver, Opoponax, Benzoe, Hopfenblüte, Bibergeil.

Aus dem Lavendelöl, das aus den frischen Blütenständen des Echten Lavendels (Lavendula angustifolia Mill.) durch Wasserdampfdestillation gewonnen wird, stellte man Lavendelwasser durch Lösen in „reinstem Weingeist" (50 g in 1 l) her, oft auch durch Zusatz von 100-200 ml Rosenwasser. Der Lavendelgeruch wird als angenehm frisch, süß-balsamisch mit blumig-waldigen Nuancen beschrieben. Hauptinhaltsstoffe des Lavendelöls sind Linalylacetat (30-40%) und Linalool (30-35%).

Gutes Rosenwasser gewann man durch direkte Destillation der Rosenblumenblätter mit Wasser, wobei für 1 kg Rosen 1 kg Wasser verwendet wurden. Hauptinhaltsstoffe des Rosenöls sind Citronellol, Geraniol und Nerol. Die wässrige Phase der Wasserdampfdestillation, das Rosenwasser, enthält vor allem auch den wasserlöslichen Phenylethylalkohol.

Als Moschus wird das Drüsensekret der im ostasiatischen Hochland beheimateten männlichen Moschushirsche (Moschus moschifera L.) bezeichnet. Die am Bauch vor den Geschlechtsorganen liegende Drüse enthält etwa 30 g Sekret, das sich beim Trocknen aus einer salbenartigen braunen Paste in ein schwarzes körniges Pulver verändert. Der fein-holzige und angenehme moschusartige Geruch entfaltet sich erst in einer starken Verdünnung. Der Geruch ist auf ein charakteristisches cyclisches Keton, das Muscon (3-Methylcyclopentadecanon) zurückzuführen.

Als Neroli wird Pomeranzen- oder Orangenblütenöl bezeichnet, das aus den Blüten des unter anderem im Mittelmeerraum, Guinea, Brasilien und auf den Westindischen Inseln beheimateten Pomeranzen- oder Bitterorangenbaumes (Citrus aurantium L.) durch Wasserdampfdestillation gewonnen wird. Orangenblütenwasser enthält neben Phenylethanol vor allem Terpenalkohole.

Mit Tuberose ist eine Nachthyazinthe (Polianthes tuberosa L.), ein Agavengewächs, gemeint, aus deren Blüten früher in Südfrankreich durch Enfleurage das Tuberosen-Absolue gewonnen wurde. Es weist einen schweren betäubend-süßen honigartigen Blütengeruch auf. Charakteristisch sind verschiedene Lactone und der Anthranilsäuremethylester.

Joncquille, französisch jonquille (seit 1596 nachweisbar) vom spanischen Wort juncquillo oloroso

Der Autor

Der Buchautor und Mitherausgeber der CLB, Prof. Dr. Georg Schwedt, war von 1987 bis zu seiner Emeritierung 2006 Professor für Anorganische und Analytische Chemie an der Technischen Universität Clausthal. Jetzt lebt er in Bonn und widmet sich in vielfacher Weise der Aufgabe, die Naturwissenschaften den Menschen nahe zu bringen.

bezeichnet die Narzisse. Aus den Blüten der Weißen oder Dichter-Narzisse (Narcissus poeticus L.) gewinnt man durch Extraktion mit einem Lösungsmittel ein ätherisches Öl mit einem erdigen heuartig-würzigem Geruch, das erst in einer verdünnten Lösung seinen typischen Narzissengeruch entfaltet.

Aus den Blüten des Echten Jasmin (Jasminum grandiflorum L.) wurde früher durch Enfleurage (siehe unten; heute durch Extraktion mit n-Hexan) das sehr wertvolle ätherische Öl als wichtige Grundkomponente für Parfüm-Kompositionen gewonnen. Neben zahlreichen Inhaltsstoffen wie Benzylalkohol, Estern der Benzoesäure, Geraniol, Farnesol und anderen spielt vor allem das cis-Jasmon, ein cyclisches Keton eine entscheidende geruchsaktive Rolle.

Amber beziehungsweise Ambra zählt wie Moschus zu den animalischen Riechstoffsekreten. Es handelt sich um eine pathologische, wachsartige graue Ausscheidung des Pottwals. Aus dem geruchlosen Triterpenalkohol Ambrein entstehen durch Autoxidation und Photooxidation die geruchsaktiven Komponenten.

Zibet wird das aus den Afterdrüsen der in Äthiopien heimischen Zibetkatze (auch in China, Indien, Malaysia, Indonesien lebend) gewonnene Sekret (nach arab. Zabad = Schaum) genannt. Hauptgeruchsträger sind makrocyclische Ketone. In einer ethanolischen Tinktur weisen sie einen blumig-süßen Geruch auf.

Aus den getrockneten, nicht fermentierten Blättern des Patchouli-Strauches (Pogostemon cablin oder P. patchouli, aus der Familie der Lippenblütler) wird durch Wasserdampfdestillation ein viskoses Öl mit einem aufdringlichen (bis betäubenden) und sehr stark anhaftenden blattähnlich-holzigen balsamisch-süßem, leicht campferartigen Geruch gewonnen. Der Strauch ist auf den Philippinen heimisch. Hauptinhaltsstoff ist der Sesquiterpenalkohol Patschoulo.

Sandelholz liefert durch Wasserdampfdestillation des zerkleinerten Kernholzes ein Öl mit balsamisch-süßem samtig-warmem holzigen Geruch, der auf Sesquiterpenalkohole zurückzuführen ist. Die Bäume müssen mindestens 30 Jahre alt sind.

Bergamotteöl wird aus den Fruchtschalen (durch Pressen) der unreifen Früchte des in Italien und Westafrika angebauten Bergamottebaumes Citrus aurantium L. ssp. Bergamia gewonnen.

Aus den Wurzel des im tropischen Asien beheimateten Vetivergrases (Vetiveria zizanoides L.) wird ebenfalls durch Wasserdampfdestillation ein rötlichbraunes Öl mit einem schweren, stark haftenden edigen holzig-balsamischem wurzelartigen Geruch gewonnen.

Opoponax-Öl bildet ein mit dem echten Myrrhenöl verwandtes ätherisches Öl, gewonnen aus dem Gummiharz der arabischen Myrrhen-Art Commiphora kataf oder auch aus nordafrikanischen Arten wie C. eryhthraea, C. guidotti. Das Öl weist einen warmen süßen holzig-balsamischen Geruch auf.

Mit Benzoe wird das viskose rötliche bis hellbraune Öl bezeichnet, das heute durch Extraktion mit Lösungsmittel aus dem Harz von Styrax tonkinensis (Vorkommen in Südostasien und Indonesien) gewonnen wird. Es enthält Benzoe- und Zimtsäureester sowie Vanillin.

Bibergeil (Castoreum) wurde aus den Drüsensäcken des in Noramerika und Russland heimischen kanadischen Bibers (Castor fiber) gewonnen (durch Extraktion mit Alkohol). Erst verdünntes Castoreum riecht angenehm nach Birkenteer und Moschus, mit einer leicht fruchtigen Note.

Alle diese Gerüche saugt Grenouille in sich hinein: „Und auch in der synthetisierenden Geruchsküche seiner Phantasie, in der er ständig neue Duftkombinationen zusammenstellte, herrschte noch kein ästhetisches Prinzip."

Beim Parfumeur Baldini

Schließlich kommt Grenouille zum Parfumeur Guiseppe Baldini in Paris, Pont au Change, in die Lehre. Baldini, „in silberbepuderter Perücke und blauem, goldbereßtem Rock" verströmte eine „Wolke von Frangipaniwasser". Süskind beschreibt ihn vor dem Erscheinen von Grenouille, der Ziegenleder seines

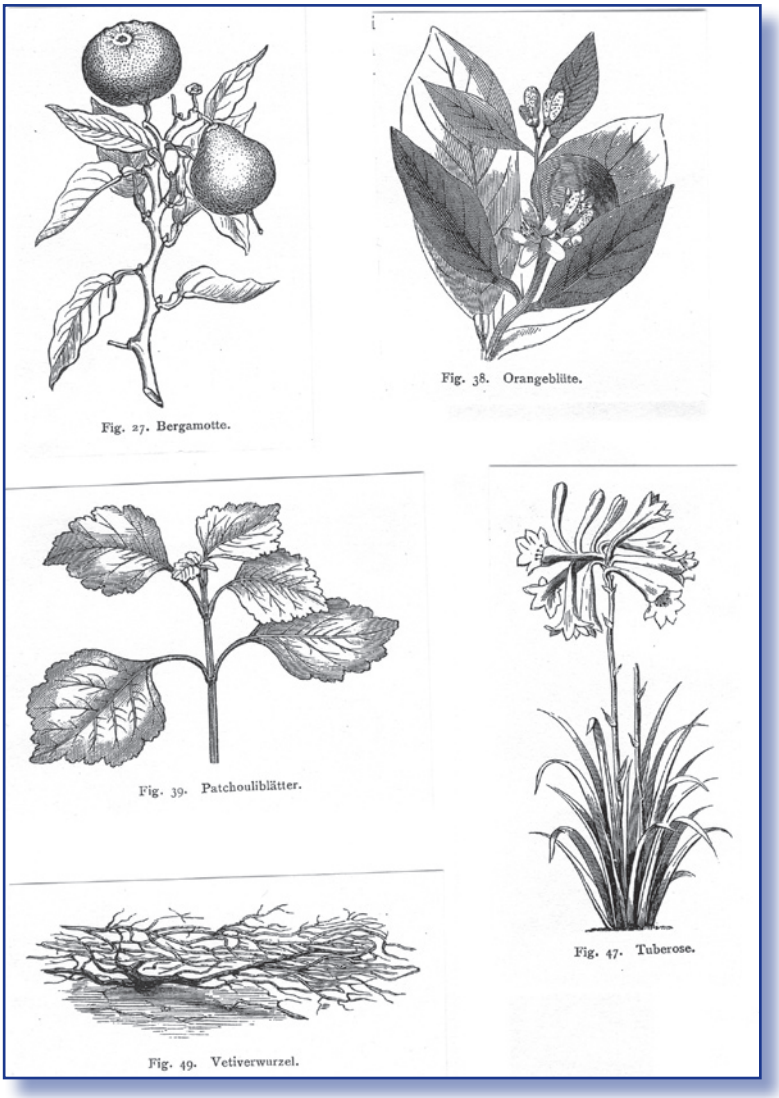


Abbildung 1: Klassische Pflanzen beziehungsweise Pflanzenteile zur Gewinnung von Duftölen (aus Heinrich Hirzel: Die Toiletten-Chemie, Leipzig 1892).

Meisters Grimal abliefern soll: „Sein Angebot reichte von Essences absolues, Balsamen, Harzen und sonstigen Drogen in trockener, flüssiger oder wachsartiger Form über diverse Pomaden, Pasten, Puder, Seifen, Cremes, Sachets, Bandolinen, Brillantinen, Bartwichsen, Warzentropfen und Schönheitspflästerchen bis hin zu Badewässern, Lotionen, Riechsalzen, Toilettenessigen und einer Unzahl echter Parfums.“

Frangipani, auch Tempelstrauch (Plumeria alba) genannt, ist ein aus Indien stammendes, in den Tropen weit verbreitetes Hundsgiftgewächs. Der Strauch oder kleine Baum besitzt auffallend dicke, Milchsaft führende Zweige. Die weißen bis gelblich oder rosafarbenen Blüten duften stark. Das Frangipaniwasser soll seinen Namen aber nach dem Feldmarschall Mauritius Frangipani, der aus dem alten römischem Adelsgeschlecht Frangipane stammte, erhalten haben. Er führte die Parfümierung von Handschuhen ein. Mauritius Frangipani diente König Ludwig XIII. (1601-1643). In der Geschichte des Parfüms spielt der Namen Frangipani zweimal eine Rolle: Ein Mitglied des römischen Adelsgeschlechts soll als Erster ein Riechpulver hergestellt haben, „aus gleichen Teilen der bekanntesten Gewürze, mit ein Prozent Moschus oder Zibeth und mit so viel gepulverter Veilchenwurzel versetzt (haben), als das Gewicht aller angewandten Gewürze zusammen beträgt“ (Hirzel: Toiletten-Chemie 1892). Ein Enkel, Mercutio Frangipani habe dann das Frangipanische Riechpulver mit starkem Weingeist erwärmt, und so das erste flüssige Parfüm hergestellt.

Absolues sind die aus Blütenölen (Concrètes) durch Behandlung mit warmem absolutem Ethanol gewonnenen alkoholischen Auszüge ätherischer Öle. Concrètes werden durch Extraktion mit niedrigsiedenden Lösungsmitteln und anschließendem Abdestillieren der Lösungsmittel als konkrete Blütenöle gewonnen. Durch die Behandlung mit Ethanol werden mitextrahierte Wachse, Paraffine, Harze und Blütenfarbstoffe abgetrennt.

Abbildung 2: Destillationsanlage zur Gewinnung von Weingeist aus Hieronymus Brunschwig: De arte destillandi (1507).

Mit Sachet bezeichnet man Duftsäckchen aus Seide oder Leinen (für die Tasche), mit Bandolinen Haarbänder aus Leinen.

Baldini komponiert Parfüm

Aus einem Gespräch zwischen Baldini und seinem Gesellen Chénier erfahren wir Einzelheiten darüber, wie beziehungsweise woraus Baldini ein Parfüm komponieren will, zur „Beduftung einer spanischen Haut für den Grafen Verhamont“. Das Parfüm soll zwar neu sein, aber Ähnlichkeit mit dem Parfüm „Amor und Psyche“ seines Konkurrenten Antoine Pélissier aus der Rue Saint-André des Arts haben, den Baldini als Stümper bezeichnet. Chénier kennt dieses Parfüm, das man an jeder Straßenecke rieche und meint, dass Limettenöl, Orangenblütenessenz und vielleicht Rosmarintinktur Bestandteile des Parfüms seien. Im Kapitel 11 des Romans erfährt der Leser zahlreiche Einzelheiten über die Arbeit der Parfumeure. Der alte Baldini ist offensichtlich nicht mehr in der Lage, neue Parfüms zu kreieren. Sein Kontrahent Pélissier dagegen bringt mit seinen Kreationen „den ganzen Markt in Unordnung“. In einem Jahr ist Ungarisches Wasser in Mode, wofür sich Baldini mit Lavendel, Bergamotte und Rosmarin eindeckt. Das Ungarische Wasser gilt als eines der ersten volkstümlichen Parfüms, ein weingeistiges Destillat aus Terpentin- und Rosmarinöl, verstärkt durch Lavendelöl. Das Rezept des Aqua Regina Hungarica, eigentlich ein einfaches Rosmarinwasser und Verläufer des Eau de Cologne, sollen geheimnisvolle Mönche 1335 der rheumakranken, siebzigjährigen Königin Elisabeth von Ungarn als Heilmittel vermacht haben. 1370 wird das Ungarische Wasser am Hof des französischen Königs Karl V. erwähnt. Der Parfumeur Pélissier bringt anschließend sein „Air de Musc“ mit Moschusduft auf den Markt, und Baldini will sich anschließen, indem er Moschus, Zibet und Castoreum (Bibergeil) bestellt. Aber dann kreiert Pélissier ein Parfüm mit dem Namen „Waldblume“, danach „Türkische Nächte“, „Lissabonner Duft“ und „Bouquet de la Cour“. Baldini bezeichnet Pélissier als „Ausderreihetanzer“, als „Duftinflationär“, den man mit einem Berufsverbot belegen müsste: „Wozu brauchte man in jeder Saison einen neue Duft?“ Früher, seit Jahrtausenden, hätte man mit Weihrauch und Myrrhe, ein paar Balsamen, Ölen und getrockneten Würzkräutern sich begnügt. Und auch als sie gelernt hätten, mit Kolben und Alambic zu destillieren, vermittels Wasserdampf den Kräutern, Blumen und Hölzern das duftende Prinzip in Form von ätherischem Öl zu entreißen, es mit eichenen Pressen aus Samen und Kernen und Fruchtschalen zu quetschen oder mit sorgsam gefilterten Fetten den Blütenblättern zu entlocken, sei die Zahl der Düfte noch bescheiden gewesen.

In diesem einen Satz werden drei klassische Verfahren der Riechstoff-Gewinnung angesprochen: die Wasserdampf-Destillation zerkleinerter Pflanzenteile zur Gewinnung ätherischer Öle (Alambic, oder Alembik,

ein Helm als Kühlaufsatz auf einem Kolben, von dem das Kondensat über ein ableitendes Rohr abtropfen konnte), das Auspressen (zum Beispiel von Citrusfruchtschalen zur Gewinnung von Citrusöl), und Mazeration oder Enfleurage zur Extraktion empfindlicher Blütenöle mit fetten Ölen beziehungsweise tierischen Fetten. Wenige Sätze später wird auch das Concrète als Produkt der Extraktion mit einem leichtflüchtigen Lösungsmittel genannt.

Als Anforderungen an den Beruf des Parfumeurs meint Süskind (lässt er Baldini feststellen), dass man nicht nur destillieren können, sondern zugleich der Fähigkeiten eines Salbenmachers, Apothekers, Alchimisten sowie Handwerkers, Händlers, Humanisten und Gärtners in sich vereinigen müsste, um erfolgreich zu sein. Man müsste Hammelnierenfett von jungem Rindertalg und ein Viktoriaveilchen von einem Veilchen aus Parma unterscheiden können, die lateinische Sprache beherrschen und Kenntnisse über den richtigen Zeitpunkt der Heliotrop-Ernte (Heliotrop: Sonnenwende-Raublattgewächs, einige Arten wurden früher zur Parfümherstellung verwendet), der Pelargonium-Blüte (Pelargonium: Geranien, zur Familie der Storchschnabelgewächse; mit duftenden Blüten und Blättern) haben und darüber hinaus wissen, dass die Jasminblüte mit aufgehender Sonne ihren Duft verliert. Baldini ist der Meinung, dass sein Konkurrent Pélissier seine parfümistischen Erfolge nur einer Entdeckung verdanke, die vor zweihundert Jahren (also in der Mitte des 16. Jahrhunderts) der Italiener Maurice Frangipani gemacht habe, der festgestellt habe, dass Duftstoffe sich in Weingeist lösen. Seine Riechpülverchen habe er mit Alkohol vermischt und auf diese Weise das Parfüm erschaffen. Und danach habe man gelernt, „den Geist der Blumen und Kräuter, der Hölzer, Harze und der tierischen Sekrete in Tinkturen festzubannen und auf Fläschchen abzufüllen“. Damit jedoch sei die Kunst des Parfümierens aus der Händen der wenigen universalen handwerklichen Könner entglitten und hätte nun den Quacksalbern offen gestanden.

Im 14. Kapitel taucht Grenouille bei Baldini mit dem Ziegenleder vom Gerber Grimal auf, und teilt ihm mit, dass er bei ihm arbeiten wolle. Er überrascht ihn dadurch, dass er das Parfüm „Amor und Psyche“ von Pélissier am Geruch erkennt, und es kritisiert: „... es ist schlecht, es ist zuviel Bergamotte darin und zuviel Rosmarin und zuwenig Rosenöl.“ Auf die verblüffte Nachfrage Baldinis „und was noch?“ nennt Grenouille noch Orangenblüte, Limette, Nelke, Moschus, Jasmin, Weingeist und etwas, dessen Namen er zwar nicht kennt, nach dessen Geruch er jedoch eine Flasche im Regal bezeichnen kann, mit Storax (Balsam aus dem Styraxbaum).

Auf eine sehr unkonventionelle Weise beweist Grenouille dem Parfumeur Baldini sein Können. Er habe „die beste Nase von Paris“, ist er überzeugt. Ohne die üblichen Gerätschaften, Pipette, Reagenzglas, Messglas, Löffelchen und Rührstab, zu benutzen, mischt Grenouille aus „Orangenblütenessenz, Limettenöl, Nelken- und Rosenöl, Jasmin- und Bergamott- und Rosmarinextrakt, Moschustinktur und Storaxbalsam“ sowie „hochprozentigem Weingeist“ das Baldini nicht gelungene Parfüm „Amor und Psyche“. Die Folge: Grenouille wird vom Gerber Grimal freigekauft und wird Lehrling des Parfumeurs Guiseppe Baldini. Dieser entlockt Grenouille „die Rezepturen sämtlicher Parfums, die dieser bisher erfunden hatte“.

Destillation

Im 18. Kapitel zählt Süskind zunächst alle Tätigkeiten auf, die Grenouille bei Baldini lernen muss, vom Seifenkochen bis zur Herstellung von Likören und Marinaden. Er lernt, Bittermandelkerne in der Schraubenpresse zu quetschen, Moschuskörner zu stampfen und Veilchenwurzeln zu raspeln. Alle zerkleinerten Materialien werden dann mit Alkohol augezogen. Weil sich auch Baldinis „Alchimistenader“ regt, wird auch destilliert. Materialien sind frischer Rosmarin, Salbei, Minze, Anissamen, Irisknollen, Baldrianwurzeln, Kümmel, Muskatnuss und trockene Nelkenblüte. Baldini holt dann „seinen großen Alambic hervor, einen kupfernen Destillierbottich mit oben aufgesetztem Kondensiertopf, einen Maurenkopfalambic“. Die beschriebene Apparatur verfügt auch schon über eine Wasserkühlungskonstruktion. Der Ablauf einer solchen Wasserdampfdestillation wird ausführlich beschrieben: Das Destillat fließt aus der dritten Röhre des Maurenkopfes in eine Florentinerflasche. Im Verlauf der Destillation erhielt man eine „Brühe“, die sich in zwei Flüssigkeiten trennt: das untere Blüten- oder Kräuterwasser und darauf schwimmend das

Abbildung 3: Darstellung einer Destillationsanlage im Farina-Duftmuseum in Köln (siehe Beitrag in CLB Juni 07).

ätherische Öl. Aus der Florentinerflasche gießt man dann durch den unteren Schnabelhals vorsichtig das Blütenwasser ab, die Essenz, „das stark riechende Prinzip der Pflanze" bleibt als reines Öl zurück. So wird Grenouille auch zu einem „Spezialisten auf dem Gebiet des Destillierens".

Baldini hat eine umfangreiche Formelsammlung von neuen Düften aus den Rezepten Grenouilles angelegt. Nach drei Jahren verlässt Grenouille mit einem Gesellenbrief dessen Haus. Das Ende das Parfumeurs ist abenteuerlich: Die Seine-Brücke, auf der sein Haus steht, bricht eines Nachts zusammen. Zwei Häuser stürzen in den Fluss. Baldini und seine Frau ertrinken. Mehrere Wochen lang schwebt über dem Fluss (bis nach Le Havre) der gemischte Duft von Moschus, Zimt, Essig, Lavendel und tausend anderen Stoffen.

Mazeration und Enfleurage

Im 3. Teil des Romans (Kapitel 35 bis 50) lernt Grenouille schließlich auch noch die Verfahren der Mazeration und Enfleurage bei der Witwe Arnulfi in Grasse, Rue de la Louve (Südfrankreich, Zentrum der Riechstoffgewinnung) kennen. Am Beispiel der Narzissen wird die Vorgehensweise beschrieben: Frühmorgens werden die Blüten angeliefert. In einem großen Kessel werden Schwein- und Rindertalg zu „einer cremigen Suppe" verflüssigt. Grenouille hat die Aufgabe, die verflüssigten Fette mit einem langen Spatel zu rühren, während der Geselle Dominique Druot die frischen Blüten hineinschüttet. Für kurze Zeit liegen sie auf der Oberfläche, dann werden sie beim Umrühren vom warmen Fett umschlossen. Je mehr Blüten im Fett untergerührt werden, um so deutlicher beginnt es zu duften. Wird die „Suppe" zu dick, wird sie schnell durch Siebe gegossen, um die ausgelaugten Blüten abzutrennen und wieder für frische Blüten verwendbar zu machen. Aus den Abfällen wird durch Überbrühen mit kochendem Wasser und durch Abpressen in einer Spindelpresse weiteres „zart duftendes Öl" gewonnen. Erst nach einigen Tagen ist des Fett gesättigt, es ist eine parfümierte Pomade entstanden. Und dann wird die „ganze Produktion einer Lavage" [Auswaschung] unterzogen, um sie in „Essence Absolue" umzuwandeln. Dazu wird die Pomade in verschlossenen Töpfen vorsichtig erwärmt, mit Weingeist versetzt und mit Hilfe eines Rührwerks durchmischt. Im Keller kühlt die Mischung wieder ab, der Alkoholextrakt trennt sich vom erstarrenden Fett. „Doch damit war die Operation noch nicht zu Ende. Nach gründlicher Filtrage durch Gazetücher, in denen auch die kleinsten Klümpchen Fett zurückgehalten wurden, füllte Druot den parfümierten Alkohol in einen kleinen Alambic und destillierte ihn über dezentestem Feuer ab." Zurück blieb nach der Destillation das „schiere Öl der Blüten, ihr blanker Duft, hunderttausendfach konzentriert zu einer kleinen Pfütze Essence Absolue." In der Regel ist jetzt der Geruch so intensiv, dass er als unangenehm empfunden wird. Aus einem Tropfen in einem Liter Alkohol, entsteht in der Verdünnung wieder der Duft der Blüte. Nach den Narzissen werden Ginster und Orangenblüten, im Mai Rosen, Ende Juli Jasmin und im August Nachthyazinthen mazeriert.

Im 39. Kapitel berichtet Süskind über Düfte, die jahrzehntelang haften: „Ein mit Moschus eingeriebener Schrank, ein mit Zimtöl getränktes Stück Leder, eine Amberknolle, ein Kästchen aus Zedernholz besitzen geruchlich fast das ewige Leben. Und andere, Limetteöl, Bergamotte, Narzissen- und Tuberosenextrakte und viele Blütendüfte, verhauchen sich schon nach wenigen Stunden..." Flüchtige Duftstoffe zu binden war Grenouille am Beispiel des Tuberosenöls gelungen, dessen ephemeren (kurzlebigen) Duft er mit sehr geringen Mengen an Zibet, Vanille, Labdanum (Labdanumharz der Zitrose, Strauch mit rosenfarbigen Blüten, Cistus ladanifer, bereits im Alten Testament genannt) gebunden hatte.

Und nachdem Grenouille auch das Verfahren der Enfleurage meisterlich beherrscht, beginnt er Düfte von Tieren, die er zuvor tötet, zu gewinnen, bevor er schließlich zum Mädchen-Mörder wird, um aus dem Duft von Jungfrauen das erotischste Parfüm aller Zeiten herzustellen. ***CLB***

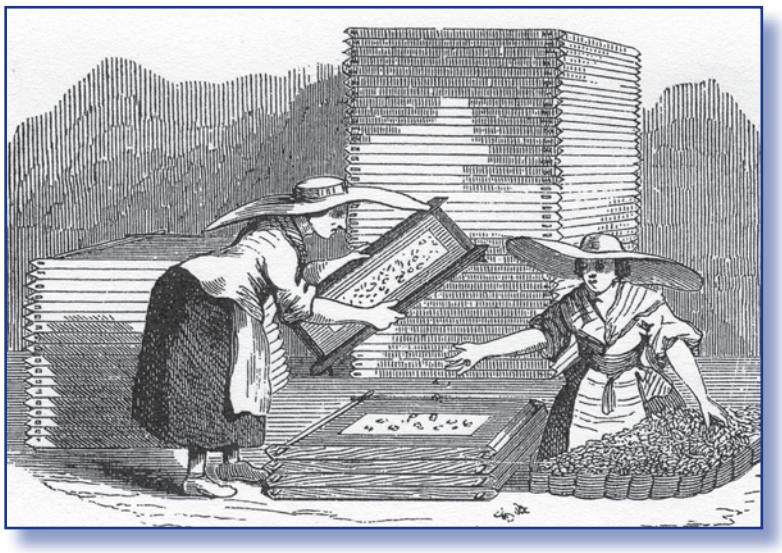


Abbildung 4: Zur Enfleurage: Absorption der Duftstoffe in gereinigtem Fett auf Glastafeln (in Südfrankreich entwickelt), aus Heinrich Hirzel: Die Toiletten-Chemie, Liepzig 1892).

Literatur

[1] Süskind, Patrick: Das Pafum. Die Geschichte eines Mörders, Diogenes, Zürich Erstausgabe 1985

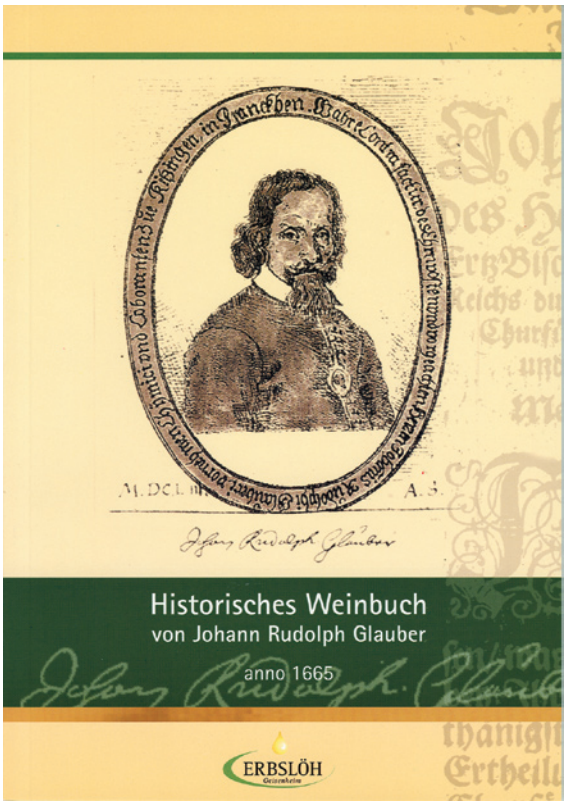
[2] Matzkowski, Bernd: Erläuterungen zu Patrick Süskind >Das Parfum<, Bange Verlag, Hollfeld 2001 (Königs Erläuterungen und Materialien Band 386)

[3] Bernsmeier, Helmut: Lektüreschlüssel für Schüler. Patrick Süskind Das Parfum, Reclams Universal-Bibliothek Nr. 15370, Stuttgart 2005

[4] Delseit, Wolfgang und Ralf Drost: Erläuterungen und Dokumente. Patrick Süskind Das Parfum, Reclams Universal-Bibliothek Nr. 16018, Stuttgart 2005

[5] Hirzel, Heinrich: Die Toiletten-Chemie, Leipzig, 4. Aufl. 1892

[6] Martinetz, Dieter u. Roland Hartwig: Taschenbuch der Riechstoffe, Verlag Harri Deutsch, Thun und Frankfurt am Main 1998



Der Redakteur Georg Schwedt

CLB-Mitherausgeber und Stammautor Prof. Georg Schwedt hat sich kürzlich auch als Redakteur betätigt: In dem Weinkenner-Team mit Prof. Heinz Eschnauer (Institut für Önologie Ingelheim, siehe CLB 01/2005: „Auch den „Vinum Caroli Magni“ bereitet) und Siegmar Görtges (Technologie- und Innovations-Management der Erbslöh Geisenheim AG) übernahm er die Textgestaltung und Redaktion des „Historischen Weinbuch“ von Johann Rudolph Glauber. Die Idee dazu lieferte Heinz Eschnauer, der auch die fundierte Literaturrecherchen durchführte. Sponsor und Herausgeber ist Siegmar Görtges.

Der Inhalt des 84-seitigen Büchleins ist die „Gründliche und warhaftige Beschreibung, wie man aus der Weinhefen einen guten Weinstein in grosser Menge extrahiren soll. Erfunden, beschrieben und dem Vaterland zum Besten an Tag gegeben durch Johann Rudolph Glaubern.“

Auf 25 Seiten wird das ursprüngliche Buch aus dem Jahre 1665 in Originaldarstellung wiedergegeben. Zur besseren Lesbarkeit steht der Text dann auf der jeweils gegenüberliegenden Seite in heutiger Typographie, hier und da erweitert um fachliche Erläuterungen. Anschließend zeigen zwei Farbtafeln die Verwertung der Weinhefe um 1650 sowie die Essig-Produktion nach Glauber. Ergänzt wird der Band durch den Nachdruck des Fachartikels „Vinum Glauberi / von Johann Rudolph Glauber – von Tresterwein und Weinsäure“ aus der Deutschen Lebensmittel-Rundschau Heft 10/2005; Autoren: s.o. ;-) sowie H. Dietrich, M. Kreck und C.-D. Patz von der Forschungsanstalt Geisenheim, Fachgebiet Weinanalytik und Getränkeforschung.

Das Buch ist für 10 Euro bei der Erbslöh Geisenheim AG zu beziehen (Tel.: 06722/708-176, e-Mail siegmar.goertges@erbsloeh.com). *RK*

CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

Die beliebten Fragen aus dem CLB-Memory gibt es auch als Buch (244 Seiten mit ca. 80 Abbildungen; ISBN 3-9810449-0-8). Hier stehen Antworten und ausführliche Erläuterungen dazu. Die Themen werden zudem durch einen geschichtlichen Rückblick und Randinformationen in einen Gesamtzusammenhang eingeordnet. Karikaturen von Ans de Bruin lockern die harte Arbeit beim Lösen der Fragen auf.
Preis je Buch: 24,50 Euro incl. MWSt. und Versand.

Alles Repetitio – 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 Repetitio – oder was???

Rubikon

Alles Repetitio – 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 91,35 Euro zzgl. Versandkosten (Inland: 12,80 Euro, Ausland: 23,20 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, Bammentaler 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 Widerrufrechts durch meine 2. Unterschrift.

Straße / Postfach

Land / PLZ / Ort

Datum / 2. Unterschrift

Telefon oder e-Mail

FAX-Hotline: 06223-9707-41

Für 91,35 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).

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

CLB – Memory

Die CLB-Beilage für Ausbildung in Chemie, Labortechnik, Chemietechnik, Biologie und Biotechnik

Juli 2007

BfR warnt vor Henna-Tattoos

Besondere Probleme bei Urlaubs-Mitbringseln

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) warnt erneut vor Henna-Tattoos. Einige Inhaltsstoffe – insbesondere dann, wenn das Tattoo im Ausland aufgebracht wurde – können allergische Reaktionen hervorrufen.

Allergologen sind besorgt: Immer öfter kommen Patienten in die Praxis, weil sie auf ein Henna-Tattoo, auf Haarfarben oder Textilien allergisch reagieren. Auslöser ist oft ein so genanntes „Body painting“, das sie aus dem Urlaub mitgebracht haben. Die filigranen schwarzen Henna-Tattoos sind begehrte Mitbringsel aus südlichen Ländern, wo Künstler sie auf Straßen und an Stränden günstig anbieten. Damit die Hennafarbe dunkler und intensiver wirkt, wird ihr para-Phenylendiamin (PPD) zugesetzt. Die Substanz hat ein stark sensibilisierendes Potential, so dass es bei erneutem Kontakt mit PPD zu Allergien kommen kann. In Europa darf para-Phenylendiamin kosmetischen Mitteln zur Färbung der Haut deshalb nicht zugesetzt werden. Im Kosmetikbereich ist die Verwendung auf Haarfarben beschränkt. „Ein Laie sieht einer Bodypainting-Farbe aber nicht an, ob sie das sensibilisierende PPD enthält“, sagt BfR-Präsident Professor Dr. Andreas Hensel und rät Urlaubern, vorsorglich auf Henna-Tattoos zu verzichten.

Bei Henna handelt es sich um ein Pulver aus den Blättern des Cyperstrauchs (Lawsonia inermis), der unter anderem in Indien, Afrika und auf Sri Lanka heimisch ist. Der Farbstoff wird in Haarfarben eingesetzt. Für die kosmetische Anwendung auf der Haut ist er in Europa nicht zugelassen. Für Henna selbst ist keine sensibilisierende Wirkung nachgewiesen. Allergische Reaktionen nach Anwendung von Henna werden meist durch para-Phenylendiamin ausgelöst, das der orangegelben Hennafarbe zum Abdunkeln und zur Farbintensivierung zugesetzt wird.

Hensel (BfR)

Para-Phenylendiamin hat eine stark sensibilisierende Wirkung und kann bei erneutem Kontakt folgenschwere Dermatosen auslösen. Personen, die einmal gegenüber PPD sensibilisiert sind, können lebenslänglich allergisch auf den Stoff oder auf Farben mit ähnlicher chemischer Struktur reagieren. Sie müssen Produkte meiden, die diese Substanz enthalten. Das ist gar nicht so einfach, weil para-Phenylendiamin außer in Haarfarben auch als Bestandteil von Farbstoffen in dunklen Lederwaren und dunklen Textilien vorkommen kann, in denen es ebenfalls eingesetzt wird.

Metallhaltige Bestandteile der Farbmischungen können ebenfalls Allergien auslösen.

Weitere Gefahrenquellen sind Verunreinigungen in den Farbmischungen sowie bestimmte Azo- Farbstoffe, die in krebserzeugende aromatische Amine gespalten werden können. Derartige Azo-Farbstoffe stellen auch bei der Entfernung von Tätowierungen mittels der Lasertechnik eine Gefahr dar. Sie können möglicherweise auch durch Laserstrahlen in krebserzeugende Amine gespalten werden, die dann über die Blutbahn im ganzen Körper verteilt werden.

Kosmetische Mittel

Kosmetische Mittel sind Stoffe oder Zubereitungen aus Stoffen, die ausschließlich oder überwiegend dazu bestimmt sind, äußerlich am Körper des Menschen oder in seiner Mundhöhle zur Reinigung, zum Schutz, zur Erhaltung eines guten Zustandes, zur Parfümierung, zur Veränderung des Aussehens oder dazu angewendet zu werden, den Körpergeruch zu beeinflussen. Der Begriff „kosmetische Mittel“ umfasst also nicht nur dekorative Kosmetika, sondern auch pflegende Mittel wie Hautcremes oder Mittel zur Körperreinigung wie Zahnpasten, Seifen, Haarshampoos etc. Kosmetische Mittel sind nicht zulassungspflichtig. Zugelassen werden müssen jedoch bestimmte Inhalts- und Zusatzstoffe kosmetischer Mittel wie Konservierungsstoffe, Farbstoffe und UV- Filter. Vor Vermarktung müssen die Rezepturen nach § 5d Abs. 2 Kosmetikverordnung an das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) gemeldet werden.

Lernen aus der Geschichte Mallorcas (Teil 2)

Der Alchemist Raimundus Llullus aus Palma

Auf Mallorca verehrt man Ramón Llull als Philosophen und katalonischen Schriftgelehrten. In Palma steht ein Denkmal und im Franziskanerkloster befindet sich seine Grabstätte. Als Alchemist hat er jedoch in „Das Buch der großen Chemiker“ und auch in das „Lexikon bedeutender Chemiker“ Eingang gefunden.

Zur Zeit der Herrschaft der Könige Jaume (Jaime = Jakob) I. beziehungsweise II. von Aragon und Katalonien (ab 1229 beziehungsweise 1276) lebte auch Raimundus Llullus (im Katalanischen wird das doppelte ll wie j gesprochen), geboren in Palma de Mallorca um 1235 als Sohn adeliger Eltern. Die Zeit um 1279 wird in Reiseführern [1] besonders hervorgehoben: Der Philosoph und Sprachgelehrte Ramón Llull (katalanische Schreibweise) habe mit seinen Werken das Katalanische zur Literatursprache erhoben. Jedoch ist das Verhältnis zu diesem mittelalterlichen Gelehrten offensichtlich zwiespältig, denn an gleicher Stelle ist unter einem Bild des Denkmals (Abbildung 1) im zitierten Reiseführer zu lesen: „Ramón Llull, erst Playboy, dann zum Kirchenmann bekehrt“. Im Rahmen der Beschreibung eines Stadtrundganges in Palma widmet die Autorin des Reiseführers dem Werdegang von Llull eine ausführliche Darstellung. Das Geburtsjahr ist nicht gesichert, 1232 oder 1235 werden genannt. Sein Vater stand im Dienst des Königs Jaume I. und Ramón kam als Page an dessen Hof und wurde dort wegen seiner Klugheit später auch Hauslehrer der Prinzen. In dieser Phase seines Lebens wird er jedoch wegen seines ausschweifenden Lebensstils und Liebeslebens als Don Juan bezeichnet, der offensichtlich häufig für Skandale sorgte, zwei uneheliche Kinder hatte und dem Liebreiz der verheirateten Senyora Ambrosia de Castello verfallen sei. Ihr sei er sogar hoch zu Pferde bis zum Altar der Kathedrale La Seu gefolgt, um sie zu einem Treffen zu überreden: „Ambrosia soll beim Rendevouz ihre Bluse aufgerissen und dem aufdringlichen Ramón mit den Worten „Ich bin eine Ausgestoßene der Liebe, mein Geliebter ist der Tod“ ihre vom Aussatz zerfressende Brust gezeigt haben. [1] Dieses Ereignis habe ihn bekehrt, auf dem Tafelberg von Randa habe er mit Gott in einer Grotte Zwiesprache gehalten. Der Berg Randa liegt östlich von Palma und südlich von Algaida. Ein Serpentinenweg

Abbildung 1: Denkmal für Ramon Llull in Palma (Abbildungen: Schwedt).

Abbildung 2: Kreuzgang des Klosters de Sant Francesc.

Abbildung 3: Das barocke Portal der Klosterkirche.

Abbildung 4: Gedenktafel für Ramon Lull (hier Lebensdaten 1232-1315) an der Straße des Convento de Sant Francesc mit seinem Namen.

führt auf eine Höhe von 542 m, wo sich heute drei Klöster befinden. Die dort im 13. Jahrhundert bereits bestehende franziskanische Eremitei erweiterte Llull um ein „Kolleg der lateinischen Grammatik". Als sein größtes Verdienst für Mallorca (und Katalonien) wird die Anerkennung und Etablierung der katalanischen Volkssprache als Schriftsprache angesehen.

Aus dem Lebenslauf

Geht man vom Geburtsjahr 1232 aus, so kam Llull etwa 1245 als Page an den Hof von König Jaume (Jakob) I. und wurde 1250 Prinzen-Erzieher sowie 1256 Seneschall, das heißt Minister und Hofmann [2]. Um 1262 trat er mit 30 Jahren in den Franziskanerorden ein, unternahm eine Pilgerfahrt durch Südfrankreich und Spanien und begann um 1264 mit einem Studium der Philosophie und Theologie, nach F. Strunz im „Buch der großen Chemiker" [3] zunächst bei Mönchen auf dem Berg Montserrat, dann zu St. Jago de Compostella und 1281 in Paris. In den Zwischenzeiten soll er aber auch schon 1275 am Hof von Montpellier Vorlesungen gehalten haben, die er ab 1276 (mit Unterbrechungen) am Kolleg in Miramar (Mallorca) fortsetzte. Es werden in seiner Biografie Aufenthalte in Bologna und Rom, die Jahre 1287/88 sowie 1297-1299 als Lehrer an der Pariser Universität, 1289/90 in Montpellier und Besuche in Italien zwischen 1290 und 1296 genannt. [2] Weitere Reisen habe er 1301 nach Zypern und Klein-Armenien, 1303 bis 1312 nach Frankreich und Spanien unternommen. Er habe auch auf einer Missionsreise nach Tunis teilgenommen. 1315 soll er in Bugia (Algerien) ermordet worden sein. Die Legende jedoch sagt, er sei verwundet noch nach Palma zurückgekehrt und sei erst, nachdem er die Kathedrale seiner geliebten Heimatstadt vom Schiff aus gesehen habe, gestorben.

Seine alchemistischen Werke

Unter dem Namen Raimund(us) Lull(us) (so die Schreibweise in den zitierten chemiehistorischen Büchern) existieren etwa 500 Werke, die aber offensichtlich von verschiedenen Autoren verfasst wurden. Die ihm relativ sicher zugeschriebenen Werke tragen Titel wie „Ars magna" (1273-1275), „Liber de natura" (1301), „Liber de experientia realitatis ipsius artis generalis" (1308), „Liber physicorum novus et compendiosus" (1310) und „Testamentum Raymundi" (1313). Zwei Jahrhunderte später wurden seine Werke noch aufgelegt und sind auch mit berühmten Namen wie Albertus Magnus verbunden. Zwei dieser Exemplare aus den Jahren 1541 beziehungsweise 1567 bewahrt die berühmte Herzog August Bibliothek in Wolfenbüttel. [4]

Die wesentlichen Inhalte seiner alchemistischen Schriften lassen sich wie folgt wiedergeben: Die allgemeinste und wesentliche Aufgabe der Alchemie sah Llull in der Reinigung mineralischer Substanzen zur Verwendung in der Medizin, darin folgte er den Lehren des Paracelsus (1493-1541). Aber er war auch Anhänger der Transmutations-Theorien, nach denen sich unedle in edle Metalle umwandeln ließen. Er verfolgte das Ziel, die Lehre des Aristoteles mit den Kenntnissen der arabischen Alchemie zu verknüpfen. Die Grundprinzipien (Elemente) Schwefel und Quecksilber sollten nach seinen Vorstellungen in der Zusammensetzung der Metalle wieder zu finden sein. Er verwendete geometrische Formen und auch Buchstaben als chemische Symbole. Von Bedeutung ist vor allem, dass er in seinen Werken umfangreiches Wissen über Eigenschaften und Verhalten chemischer Stoffe vermittelt. Er beschreibt das Weinsteinsalz, die Einwirkung von Salpetersäure auf verschiedene Metalle, den Alkohol, auch dessen Reinigung und Trocknung, verschiedene Quecksilbersalze (-verbindungen) sowie die Gewinnung stark riechender Essenzen, von Glaskitt aus Mehl und Eiweiß, sowie von Ammoniumcarbonat aus gefaultem Urin. Aus seinen Werken lassen sich auch Beschreibungen von Laborgeräten, so von Temperierbädern (aus Dung unter Zusatz von Kalk), verkitteten

Abbildung 5: Der Sarkophag Ramon Llulls in einem Seitenaltar der Klosterkirche Claustro de Real Convento de San Francisco.

Abbildung 6: Bildnis aus einem Werk, herausgegeben von Ryff (1541), vorhanden in der Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel, siehe in [4].

Retorten und Glaskolben sowie speziellen Öfen entnehmen.

Strunz nennt ihn „Philosoph, Polyhistor, Alchemist, Mystiker, Künstler, Troubadour und vor allem feuriger Apologet“.

Spurensuche in Palma

Unterhalb der Kathedrale in Richtung auf das Meer steht an einer Kreuzung das Monumento Ramón Llull, das erst 1967 für Mallorcas berühmtesten Sohn errichtet wurde. Vom Meer beziehungsweise Parc de la Mer führen die Straßen Can Serra, Santa Clara und Pare Nadal bis zum Platz des Convento de Sant Francesc (Cloister of St. Francis Royal Monastery). Man kann ihn auch aus dem Zentrum der Altstadt vom Platz Santa Eulalia leicht erreichen. Das dort befindliche Kloster wurde am Ende des 13. Jahrhunderts von Jaume (Jaime) II. gegründet. Llull war Präzeptor (Lehrer) des späteren Königs. Das Kloster besitzt einen sehenswerten Kreuzgang (Abbildung 2) aus dem 16. Jahrhundert in stilisierter Gotik mit Zackenbogen auf schlanken Säulen. Hinter dem barocken Kirchenportal (von Francesco Herreras im 17. Jahrhundert geschaffen, Abbildung 3) befindet sich ein gotischer einschiffiger Innenraum. Dort findet der Besucher, der Zutritt durch einen Seiteneingang an der Straße mit dem Namen Ramon Llull (Abbildung 4) erhält, in einer Seitenkapelle das Grabmal des großen Sohnes der Stadt Palma (Abbildung 5). Es wurde im 15. Jahrhundert von Francese Sagrera geschaffen: „Er ist einer der berühmtesten Söhne der Stadt Palma, die immer Zweifel hegte, vor und auch nach seinem Tode, ob sie ihn aufgrund seiner freien Gesinnung selig sprechen oder wegen Ketzerei verdammen sollte.“ [5]

Auch die kleine balearische Nachbarinsel Menorca erinnert mit einem Mosaik in der Hauptstadt Ciutadella (Ciudadela) an den Philosophen, Sprachgelehrten und Alchemisten. [6]

Prof. Dr. Georg Schwedt

Literatur

[1] Nenzel, Nana Claudia: Mallorca. ADAC Reiseführer, 12. Aufl., München 2005

[2] Pötsch, R., A. Fischer, W. Müller: Lexikon bedeutender Chemiker, Verlag Harri Deutsch, Thun/Frankfurt am Main 1989

[3] Strunz, F. in: G. Bugge (Hrsg.) Das Buch der großen Chemiker, Verlag Chemie, Weinheim, Band I, S. 52-59, 5. Nachdruck 1979

[4] Schwedt, G.: Chemie zwischen Magie und Wissenschaft. Ex Biliotheca Chymica 1500-1800, Katalog der Ausstellung in der Herzog August Bibliothek 1991, VCH, Weinheim 1991

[5] Moreno, Ana Martin: Ein Tag in Palma de Mallorca, Aldeasa 2001

[6] Schwedt, G.: Berühmten Chemiker auf der Spur. Raymundus Lullus (1235-1316) auf Menorca, CLB 42, 82-83 (1991)

Fortschreibung der MAK- und BAT-Liste

107 Änderungen und Neuaufnahmen

Die Senatskommission der DFG untersuchte insgesamt 107 Arbeitsstoffe und schlug auf dieser Grundlage Neuaufnahmen oder Änderungen für die MAK- und BAT-Liste vor. In dieser Liste werden zum einen die Grenzwerte für die maximale Konzentration von Arbeitsstoffen in der Atemluft ausgewiesen, die die Gesundheit nicht beeinträchtigen (MAK-Werte); zum anderen die Konzentration eines Stoffes, der ein Mensch sein Arbeitsleben lang ausgesetzt sein kann, ohne gesundheitlichen Schaden zu nehmen (BAT-Werte). Die so fortgeschriebene Liste wurde jetzt wie jedes Jahr im Juli dem Bundesministerium für Arbeit und Soziales übergeben.

Bis zum Ende des Jahres können nun zu jedem bewerteten Stoff die ausführlichen schriftlichen Begründungen beim Kommissionssekretariat angefordert und weitere neue Daten und Kommentare ergänzt werden, die wiederum von der DFG-Senatskommission geprüft und noch berücksichtigt werden können. Anschließend verabschiedet die Senatskommission die vorgeschlagenen Werte und ihre Begründungen endgültig. Sie dienen dem Gesetzgeber als Empfehlung für den Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz.

Aflatoxine

Ein Beispiel für Neuaufnahmen sind Aflatoxine. Dabei handelt es

sich um hochgiftige und krebserregende Wirkstoffe aus bis zu mehreren hundert Jahre alten Schimmelpilzen, die sich auch in Wal- und Erdnüssen oder Pistazien finden können. Sie kommen in der Nahrungsmittelindustrie, in der Landwirtschaft sowie bei Laboranalysen vor. Bekannt sind die Wirkstoffe schon seit lange. Das Ergebnis der jetzigen Bewertung: Aflatoxine erregen Krebs, schädigen Keimzellen und können nicht nur durch Einatmen, sondern bereits durch längeren Hautkontakt gefährlich werden.

Dieselmotor-Abgase

Auch Abgasen aus Dieselmotoren widmete sich die Kommission in diesem Jahr und überprüfte die vorliegenden Daten zur Krebserzeugung beim Menschen. Sie beließ die Einstufung jedoch in der sogenannten Kategorie 2 - mit dem Hinweis, dass noch keine Aussage über Emissionen modernster Dieselmotoren möglich ist. Kategorie 2 benennt Stoffe, die als krebserzeugend beim Menschen anzusehen sind, weil Tierversuche und zum Teil auch epidemiologische oder Studien zum Wirkungsmechanismus auf einen nennenswerten Beitrag zum Krebsrisiko hinweisen. Insgesamt hat die Kommission in diesem Jahre 27 Stoffe auf krebserzeugende Wirkung überprüft oder aus diesem Grund neu in die MAK-Liste aufgenommen. Weitere 13 überprüfte sie auf ihre unerwünschten Wirkungen auf Keimzellen. Den Zusatz „H“ - nicht nur durch Inhalation, sondern auch durch Aufnahme über die Haut gefährlich - bekamen insgesamt 22 Stoffe. Bei neun weiteren Stoffen überprüfte die Kommission diese Markierung, behielt sie aber bei.

Phosgen

Für Phosgen, das im ersten Weltkrieg als chemische Waffe eingesetzt wurde, heute aber eine große Rolle bei der Produktion von Kunststoffen spielt, setzte die Kommission den MAK-Wert neu fest, und zwar aufgrund neuer detaillierter Studien bei dem revidierten, höheren Wert von 0,1 ml/m3.

Essigsäure

Die maximale Konzentration von Essigsäure soll am Arbeitsplatz bei 10 ml/m3 liegen. Für Essigsäure ergab sich außerdem, dass sie bei eingehaltenem MAK-Wert während der Schwangerschaft ungefährlich ist.

Nickel

Die MAK- und BAT-Werte-Liste führt darüber hinaus Stoffe auf, die Allergien an den Atemwegen und der Haut auslösen. In diesem Jahr sind daraufhin zehn Stoffe untersucht worden. Der bekannteste ist sicherlich Nickel und seine Verbindungen, die weiterhin alle als sensibilisierend bewertet sind.

Ältere MAK-Werte

Die Kommission überprüfte auch ältere MAK-Werte – in Zusammenarbeit mit der europäischen und der amerikanischen Kommission – für Stoffe wie das als Sprengstoff bekannte TNT oder Salpetersäure. Ersterer erzeugt im Tierversuch Krebs und erhält daher nicht länger einen MAK-Wert. Für Salpetersäure ist die Datenlage unzureichend und der MAK-Wert entfällt deshalb. Für insgesamt zwölf Stoffe ändern sich die MAK-Werte beziehungsweise werden neu vorgeschlagen. In vier Fällen bestätigte sich auch bei neuerlicher Prüfung der bestehende MAK-Wert. Für fünf weitere Stoffe genügte die Datenmenge nicht, um einen belastbaren Wert vorzuschlagen. Darüber hinaus prüfte die Kommission 17 Arbeitsstoffe auf eine Gefährdung in der Schwangerschaft. Bei den als Lösungsmittel verwendeten Stoffen 2-Ethoxyethanol und 2-Ethoxyethylacetat konnte trotz des abgesenkten MAK-Wertes eine Gefährdung nicht ausgeschlossen werden, bei allen übrigen besteht bei eingehaltenem MAK-Wert keine Gefährdung.

Für die Liste 2007 ist der BAT-Wert erstmals als Mittel- statt als Höchstwert eines Stoffes angegeben, dem ein Mensch sein Arbeitsleben lang ausgesetzt sein kann, ohne dass er gesundheitlichen Schaden nimmt. Diese Regelung trägt nicht nur den oft nur als Mittelwert erfassbaren Daten Rechnung, sondern macht die Ergebnisse auch mit den internationalen Grenzwerten der entsprechenden europäischen und amerikanischen Organisationen (Kommissionen) vergleichbar. In der BAT-Liste gab es in diesem Jahr zehn Änderungen und Neuaufnahmen. Neue sogenannte Biologische Leitwerte (BLW) führte die Kommission für Acrylamid und Cadmium auf. Diese Werte quantifizieren Stoffe, die keinen BAT-Wert erhalten, weil sie beispielsweise krebserzeugend sind. Auch bei einem Einhalten dieser BLW ist ein Risiko nicht ausgeschlossen, sie sind jedoch Bewertungskriterien für die arbeitsmedizinische Überwachung. Eine Liste mit allen Neuaufnahmen und Änderungen lässt sich im Internet abrufen unter www.dfg.de/aktuelles_presse/reden_stellungnahmen/download/mak2007.pdf.

Hartwig (TU Berlin)

Die MAK- und BAT-Werte-Liste 2007 ist die letzte, die die Senatskommission unter dem langjährigen Vorsitz von Professor Helmut Greim erarbeitet hat. Er leitete die Kommission seit 1992. Den Vorsitz übernahm in der Plenarsitzung der Kommission im März dieses Jahres Professor Andrea Hartwig. Andrea Hartwig forscht und lehrt an der Technischen Universität Berlin am Institut für Lebensmitteltechnologie und Lebensmittelchemie. Die Forschungsschwerpunkte der 1958 geborenen Wissenschaftlerin sind der Einfluss essenzieller Spurenelemente und toxischer Metallverbindungen auf die genetische Stabilität, Untersuchungen zum Oxidativen Stress und die Toxikologie von Lebensmitteln.

Nützliche Ratgeber 89 – 93

Verfahrenstechnik, Genetik und Elektrochemie

Verfahrenstechnik

Die Risikobewertung und Maßnahmen zur Risikominimierung bei Verfahrenstechnischen Anlagen sind nicht frei definierbar, sondern müssen den internationalen Standards der Norm IEC 61511 entsprechen. Diese Norm definiert vier Sicherheitsstufen, die Safety Integrity Level (SIL). Die zweitägige Fachtagung „Schutzeinrichtungen nach IEC 61511 – die neue Welt auf SIL-Basis“ im Haus der Technik in Essen beschäftigt sich mit den SIL. Verwandte Normen und Richtlinien sowie verschiedene Methoden zur SIL-Einstufung und zum Nachweis des SIL-Levels runden die Fachtagung ab. Angesprochen für die Fachtagung am 18. und 19. September sind besonders Ingenieure und Techniker aus der Prozessindustrie (Chemie, Pharma, Lebensmittel, Kraftwerke), der Zulieferbetriebe und der Behörden.

www.hdt-essen.de

Genetik / Gesundheit

Das Wissensportal der Gutenberg-Universität Mainz zum Thema Genetik und Gesundheit setzt Erkenntnisse der genetischen Forschung in Bezug zur Gesundheitsvorsorge sowie zu rechtlichen und ethischen Fragen. Es bietet Fachwissen, das auch für Laien verständlich aufbereitet ist. Eine Datenbank ermöglicht eine detaillierte und umfassende Literaturrecherche. Das Portal gibt außerdem eine Erläuterung genetischer Fachbegriffe sowie häufig gestellter Fragen zu Genetik und Gesundheit, Adressen wichtiger Selbsthilfegruppen zu genetischen Erkrankungen, Informationen über nationale und internationale Einrichtungen, die sich mit Fragen der Public Health Genetics auseinandersetzen, und Hinweise auf weiterführende Literatur und Veranstaltungen.

www.genetik-gesundheit.de

Gentechnikrecht

Gefährdungspotentiale, Sicherheitsmaßnahmen und Rechtsvorschriften im Gentechnikrecht sind Themen in einem Weiterbildungskurs vom 8. bis 9. November im Dechema-Haus in Frankfurt/M. Dieser Kurs ist als Fortbildungskurs für Projektleiter und Beauftragte für biologische Sicherheit gemäß §§ 15 und 17 GenTSV anerkannt. Neben aktuellen gentechnikrechtlichen, biologischen und technisch-organisatorischen Sicherheitsaspekten behandelt der Kurs die Einbindung des EG-Rechts in nationales Recht. Eine Gesamtbewertung von gentechnisch veränderten Organismen sowie Sicherheitsmaßnahmen für Labor, Betrieb und für die Freisetzung werden vermittelt. Die Pflichten und Aufgaben des Projektleiters sowie des Beauftragten für die Biologische Sicherheit werden ausführlich diskutiert. Anmeldung unter kudla@dechema.de.

Elektrochemie

Die Broschüre „HighChem hautnah – Aktuelles aus der Elektrochemie und zum Thema Energie“ der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) ist kostenlos per E-Mail anzufordern (pr@gdch.de). Sie fasst die Beiträge des Internetauftritts Aktuelle Wochenschau gekürzt und didaktisch aufbereitet, zusammen. Eine CD enthält nochmals die Langfassungen sowie Informationen über die GDCh und ihre Fachgruppe Angewandte Elektrochemie, die die Federführung bei Internetauftritt und Broschüre hatte. Die Aktuelle Wochenschau der GDCh, die 2005 mit der Analytischen Chemie begonnen wurde, geht 2007 auf die Chemie der Farben und Lacke ein.

www.aktuelle-wochenschau.de

Profs: 15% weiblich – Nat.-wiss.: 10%

Ende 2006 lehrten und forschten nach vorläufigen Ergebnissen des Statistischen Bundesamtes 37 900 Professoren und Professorinnen an deutschen Hochschulen. Während ihre Gesamtzahl seit Mitte der 1990er Jahre nahezu unverändert blieb, ist der Frauenanteil innerhalb der Professorenschaft seit 1995 stetig gewachsen. Der Anteil der Lehrstuhlinhaberinnen stieg in diesem Zeitraum von 8% auf 15% an. Die Zahl der Professorinnen erreichte 2006 mit rund 5700 einen neuen Höchststand.

Während in den Kunstwissenschaften (27%) sowie den Sprach- und Kulturwissenschaften (26%) etwa jeder vierte Lehrstuhl mit einer Frau besetzt war, lag der Anteil der Professorinnen in allen anderen Fächergruppen unter der 20%-Marke. Am deutlichsten unterrepräsentiert waren Professorinnen in den Fächergruppen Ingenieurwissenschaften (7%), Sport (9%) sowie Mathematik/Naturwissenschaften (10%).

Insgesamt waren Ende 2006 an deutschen Hochschulen und Hochschulkliniken 501 400 Menschen beschäftigt. Das waren 4.200 oder 0,8% mehr als 2005. 254 200 Personen (51%) nahmen Aufgaben in nichtwissenschaftlichen Bereichen, wie Verwaltung, Bibliothek, technischer Dienst und Pflegedienst, wahr. 247 200 oder 49% des Personals waren wissenschaftlich oder künstlerisch tätig.

Statistik der Chemiestudiengänge

Mehr Chemiker für die Industrie

Aus der Statistik der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) zu Chemiestudiengängen für das Jahr 2006 geht u. a. hervor, dass sich bereits 48 Prozent der Studienanfänger im Fach Chemie und 60 Prozent der Studienanfänger im Fach Biochemie in einem Bachelorstudiengang eingeschrieben hatten, während Bachelor- und Masterabschlüsse zahlenmäßig gegenüber Diplom und Promotion noch nicht ins Gewicht fielen. Die Zahl der von der Industrie eingestellten Absolventen stieg erneut an.

An deutschen Universitäten begannen im Vorjahr 2677 Studenten ihr Diplomchemiestudium. Dazu kamen 2436 in einem Bachelorstudiengang, so dass die Summe der Chemieanfänger bei 5113 Personen lag (Vorjahr 5958). Der Anteil weiblicher Studienanfänger in der Chemie lag bei 44 Prozent. Die Gesamtzahl der Chemiestudierenden betrug 27270 Studenten, darunter 4832 in Bachelorstudiengängen, 611 in Masterstudiengängen und 5322 Doktoranden. Zusätzlich waren insgesamt 698 Studierende, davon 160 Studienanfänger, im Studiengang Wirtschaftschemie immatrikuliert. Der Anteil ausländischer Studierender lag im Diplom-Studiengang bei 15 Prozent, im Bachelorstudiengang bei zehn Prozent und im Master-Studiengang bei 34 Prozent. Auffällig war der hohe Ausländeranteil von 25 Prozent unter den Doktoranden.

2006 bestanden 2005 Studierende das Vordiplom in Chemie und 76 in Wirtschaftschemie (Vorjahr 1805 bzw. 82). 302 Studierende beendeten ihr Bachelor- und 78 das Masterstudium. Die Zahl der Diplomprüfungen stieg von 1271 (2005) auf 1468. Die Anzahl der Promotionen lag mit 1299 auf dem niedrigsten Stand seit 21 Jahren. 29 Prozent der promovierten Absolventen kam aus dem Ausland. Der Anteil der Studentinnen betrug beim Vordiplom und Diplom 41 und bei der Promotion 32 Prozent.

Die durchschnittliche Studiendauer bis zum Diplom einschließlich der Diplomarbeit betrug 11,5 Semester, bis zur Promotion 19,7 Semester. Die Medianwerte lagen bei 10,4 und 18,6 Semestern. (Der Medianwert, gibt an, im wievielten Semester 50 Prozent der Studierenden die Prüfung abgelegt haben.) Der größte Teil der Diplom-Chemiker (90 Prozent) schloss wie in den Vorjahren unmittelbar an den Diplomabschluss die Doktorarbeit an. Von den promovierten Absolventen wurden 36 Prozent in der Chemischen Industrie eingestellt. Im Vorjahr hatte dieser Wert bei 30 Prozent gelegen. Acht Prozent fanden eine Anstellung in der übrigen Wirtschaft und 22 Prozent der Chemiker gingen nach der Promotion zunächst ins Ausland, in den meisten Fällen zu einem Postdoc-Aufenthalt.

16 Prozent betrug der Anteil derjenigen, die eine zunächst befristete Stelle im Inland annahmen, und sechs Prozent der Absolventen blieben nach der Promotion im Forschungsbereich an einer Hochschule oder einem Forschungsinstitut. Drei Prozent kamen im öffentlichen Dienst unter, je ein Prozent nahm ein Zweitstudium auf oder wurde freiberuflich tätig. Sieben Prozent der promovierten Absolventen (Vorjahr zehn Prozent) waren zum Zeitpunkt der Umfrage stellensuchend. (Bedingt durch den Umfragezeitpunkt sinkt dieser Wert kaum unter fünf Prozent. Die tatsächliche Arbeitslosigkeit der Absolventen ist daher geringer.) Fast alle Bachelorabsolventen, deren Verbleib bekannt war, nahmen ein Masterstudium auf und die meisten Masterabsolventen begannen eine Promotion.

Aus der Bildungslandschaft

- Mit dem Bachelor in **Lebensmittelchemie** richtet die Justus-Liebig-Universität Gießen zum Wintersemester 2007/08 einen modular aufgebauten Studiengang ein, der zu einem ersten berufsqualifizierenden Abschluss führt und zugleich als staatliche Zwischenprüfung für Lebensmittelchemiker anerkannt werden kann.
- Zum Wintersemester 2007/2008 startet an der Universität Erlangen-Nürnberg ein neuer fächerübergreifender Studiengang, der die Verfahrenstechnik mit der Medizinischen und Pharmazeutischen Biotechnologie verknüpft. Der sechssemestrige Bachelor- und der darauf aufbauende viersemestrige Masterstudiengang **Life Science Engineering** sind ein Ausbildungsangebot, das vom Institut für Chemie- und Bioingenieurwesen federführend gestaltet wird (www.lstm.uni-erlangen.de).
- Ab dem Wintersemester 2007/08 bietet die Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes zusammen mit Klinkner & Partner ein berufsbegleitendes Weiterbildungsstudium **Labor- und Qualitätsmanagement** an. Weitere Informationen unter www.laborakademie.de.
- Der internationale Master-Studiengang **Transnational ecosystem-based Water Management**, den die Universität Duisburg-Essen gemeinsam mit der Radboud Universität im niederländischen Nimwegen anbietet, erhält ab sofort Stipendienmittel im Rahmen des Programms „Integrierte internationale Studiengänge mit Doppeldiplom" des Deutschen Akademischen Austauschdienstes DAAD. Bewerbungsunterlagen unter: www.twm-master.com.
- Der Studiengang **Pharmazeutische Biotechnologie** hat ein gleichnamiges Institut gegründet. Die geplanten Forschungsvorhaben sind eng an die Lehrinhalte des noch jungen Studienganges gekoppelt, der vor knapp einem Jahr an der Hochschule Biberach startete. Sobald der Bachelor-Studiengang durch ein Master-Programm ergänzt wird (geplant ab dem WS 09/10 in Kooperation mit der Universität Ulm), werden die Master-Studierenden konkret in die Forschungsarbeit des Institutes eingebunden.
- Die Universität Duisburg-Essen und die Fachhochschule Münster haben beim Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft die Verträge zur Gründung der ersten **Studienbeitragsstiftungen** unterzeichnet. Bis zu 20 Prozent des jährlichen Beitragsaufkommens sollen der Stiftung zukommen, die ihrerseits der Verbesserung der Lehre und der Studienbedingungen an der jeweiligen Hochschule verpflichtet ist. Die Stiftungen verwaltet der Stifterverband, Hochschulleitungen und Studierendenvertreter entscheiden aber alleine, wie die Mittel verwendet werden. Neben der Unterstützung innovativer Lehre für die Universität können in besonderen Fällen Stipendien gezahlt werden.

Organische Chemie

Eliminierungsreaktionen

1 Was ist ein typisches Produkt einer Eliminierungsreaktion?
A Alkan
B Alken
C Wasser
D Alkohol
E Ether

2 Was ist oft eine Konkurrenzreaktion zu einer Eliminierung?
A Substitution
B Addition
C Kondensation
D Inversion
E Solvatation

3 Was unterscheidet eine E1- von einer E2-Reaktion?
A E1-Reaktionen laufen als Einstufenreaktion ab.
B E2-Reaktionen laufen als Einstufenreaktion ab.
C E1-Reaktionen laufen bimolekular ab.
D E2-Reaktionen laufen bimolekular ab.
E E1-Reaktionen laufen im Wesentlichen in polaren Lösungsmitteln ab.

4 Welcher Satz zur Saytzeff-Regel ist richtig?
A Sie macht eine Vorhersage über das bei einer Eliminierung entstehende Produkt.
B Sie besagt, dass eine bimolekulare Eliminierung so abläuft, dass das thermodynamisch günstigere Produkt bevorzugt entsteht.
C Hohe Temperaturen begünstigen das kinetisch kontrollierte Produkt.
D Räumlich ausgedehnte Basen begünstigen ein Saytzeff-Produkt.
E Das Saytzeff-Produkt enthält möglichst hoch substituierte Doppelbindungen.

5 E1 wird gegenüber S_N1 bevorzugt, wenn
A vorhandene Substitutenten, die Doppelbindung stabilisieren.
B sperrige Nucleophile verwendet werden.
C gute Nucleophile verwendet werden.
D hohe Temperaturen herrschen.
E unpolare Lösungsmittel verwendet werden.

6 Bei E2-Reaktionen ist das Verhältnis von Eliminierung zu Substitution abhängig von
A der Struktur der Edukte.
B der Struktur der Produkte.
C der Basizität des angreifenden Teilchens.
D der Nucleophilie des angreifenden Teilchens.
E der Temperatur.

7 Eine Dehydratisierung von Alkoholen zur Darstellung von Alkenen
A läuft leicht in Wasser ab.
B läuft in Gegenwart von wasserfreiem Zinkoxid ab.
C läuft in konzentrierter Natronlauge ab.
D läuft in konzentrierter Schwefelsäure ab.
E läuft in Benzol ab.

8 Welcher Alkohol hydratisiert am leichtesten?
A Primärer Alkohol.
B Sekundärer Alkohol.
C Tertiärer Alkohol.
D Mehrwertiger Alkohol.
E Einwertiger Alkohol.

9 Was begünstigt die Reaktion von Ethanol zu Ethen?
A Wasserentziehende Mittel.
B Temperaturen von etwa 170 °C.
C Temperaturen um den Gefrierpunkt.
D Katalysierte Reaktion in der Gasphase.
E Reduktionsmittel.

10 Was kann geschehen, wenn Ethanol mit konzentrierter Schwefelsäure reagiert?
A Explosion.
B Veresterung.
C Veretherung.
D Eliminierung.
E Addition.

11 Was ist ein häufig eingesetzes Mittel zur Dehydratisierung?
A Iod.
B Fluor.
C Kaliumhydrogensulfat.
D Phosphorpentoxid.
E Dimethylsulfoxid.

12 Um Alkohole in Derivate mit guten Abgangsgruppen zu verwandeln, nutzt man
A Butylate.
B Tosylate.
C Ethylsulfate.
D Diphenylphosphate.
E Methylxanthogenate.

13 Welche Aussage zu speziellen Eliminierungsreaktionen ist richtig?
A Chugaev-Reaktion und Cope-Eliminierung führen zu Alkenen.
B Bei der Chugaev-Reaktion entsteht das Hofmann-Produkt.
C Die Cope-Eliminierung ist eine Esterpyrolyse.
D Die Esterpyrolyse ist eine cis-Eliminierung.
E Der Hofmann-Abbau beruht **au**f einer Thermolyse von Ammoniumhydroxiden.
F Die Grob-Fragmentierung ist eine trans-Eliminierung.
G Alkine lassen sich durch Bromwasserstoffeliminierung erzeugen.

Lösungen zu Seite M48 (CLB 06/2007):

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

(Alle Lösungen zu Seite M56 finden Sie in CLB 08/2007 sowie auf www.clb.de)

Regulatorische Instrumente für die Nanotechnologie

Weltweite Suche in vollem Gange

Michael Veith, Martin Schubert und Marius Kölbel, Saarbrücken

AUFSÄTZE

In der Ausgabe 05/2007 veröffentlichte die CLB Artikel zu Nanomaterialien sowie zu Risiken in der Nanotechnik. Um die Sicherheit der nanotechnischen Produkte zu gewährleisten gibt es mittlerweile eine Vielzahl von Aktivitäten. Dieser Artikel gibt eine Übersicht darüber, kann aber nur eine Momentaufnahme sein, da die öffentliche Diskussion und Regulierungsbestrebungen in vollem Gange sind.

Verglichen mit anderen spektakulären neuen Technologien wie der Kernenergie und der Gentechnik, beginnen der Prozess der Risikoeinschätzung und der Dialog hierüber für die Nanotechnologie in einem erfreulich frühen Stadium. Erstmals ist zu beobachten, dass eine begleitende Abwägung von Potenzialen und Gefahren gemeinsam mit der Technologie reift. Eine zentrale Frage, die sich aus dem laufenden Diskurs heraus bereits früh stellte, ist die nach der Notwendigkeit spezieller regulatorischer Instrumente für die Nanotechnologie. An ihrer Beantwortung arbeiten bereits zahlreicheAkteure weltweit. Die breite Öffentlichkeit nimmt diese Anstrengungen allerdings noch kaum wahr, da sie sich erst in einem frühen Stadium befinden und bei spezialisierten Gremien angesiedelt sind, deren öffentliche Sichtbarkeit eher gering ist.

Die Entwicklung regulatorischer Werkzeuge für die Nanotechnologie auf allgemeinverständliche und unterhaltsame Weise zu beschreiben, ist nicht einfach. Man kommt nicht umhin, eine Vielzahl politischer und wirtschaftlicher Gremien vorzustellen. Es ist unvermeidbar, einige bürokratische Labyrinthe zu durchstreifen und Verfahrensabläufe eines so trockenen und mühsamen Geschäfts wie der Normung zu erläutern. Ist der Leser jedoch daran interessiert zu erfahren, welche konkreten Bemühungen bereits heute unternommen werden, um seine Sicherheit als Verbraucher in der Zukunft zu gewährleisten, so kann dieser Streifzug vielleicht auch spannend für ihn sein. Interessiert er sich als Unternehmer, Investor oder Anleger dafür, mit welchen gesetzlichen Rahmenbedingungen er zukünftig rechnen muss, wenn er sich der Nanotechnologie zuwenden möchte, so findet er in dieserÜbersicht sicherlich eine nützliche Basis, von der aus er das Feld auch zukünftig beobachten kann. Fragt er sich als Wissenschaftler, wie er seine Kompetenzen in den laufenden Prozess einbringen kann, so kann er hier viele Anregungen finden. Und schließlich befriedigt die Zusammenstellung auch das soziologische Interesse, indem sie ein Bild vom Wechselspiel wissenschaftlicher, wirtschaftlicher, politischer und gesamtgesellschaftlicher Interessen zeichnet, in das die Entwicklung einer neuen Technologie eingebettet ist, und relativiert vielleicht das eine oder andere Vorurteil über das Verhältnis zwischen Verbraucher, Industrie und Politik.

Die Herausforderung

Die enormen Chancen der Nanotechnologie resultieren im Wesentlichen daraus, dass viele Materialen unterhalb einer Partikelgröße von etwa 100 nm oftmals völlig neue physikalische Eigenschaften zeigen, die von denjenigen des makroskopischen Feststoffs ganz verschieden sind. Zudem können sich solche Eigenschaften, z.B. Farbe, katalytische Aktivität, Magnetismus, mit abnehmender Partikelgröße sogar mehrmals ändern. Das gleiche gilt auch für ihre Wirkung auf den lebenden Organismus, denn ob eine Aufnahme von Partikeln durch die Haut oder in die Lunge, einEindringen in Zellen oder ein Überwinden der

Die Autoren

Prof. Dr. Michael Veith ist Leiter des Lehrstuhls für anorganische Chemie der Universität des Saarlandes und seit 2005 wissenschaftlicher Geschäftsführer des Leibniz-InstitutsfürNeue Materialien (INM) in Saarbrücken. Das INM ist ein international anerkanntes Forschungszentrum auf dem Gebiet der Chemischen Nanotechnologie. Kernkompetenz des INM ist die Umsetzung der Ergebnisse seiner interdisziplinären Grundlagenforschung in praktisch verwertbare Produkte.

Dr. Martin Schubert und Dr. Marius Kölbel sind Koordinatoren des bundesdeutschen Kompetenzzentrums cc-NanoChem Chemische Nanotechnologie für neue Werkstoffe. Es ist ein Netzwerk für die Entwicklung und Anwendung neuartiger High-Tech-Materialien und hat seine Geschäftsstelle am INM.

Die Autoren haben den Artikel im Auftrag des NanoBioNet e.V. Saarbrücken erstellt, der in einer Themenreihen-Veröffentlichung über die Sicherheit der Nanotechnologie informiert.

Blut-Hirn-Schranke möglich ist, hängt ebenfalls primär von der Partikelgröße ab.

All diese Eigenschaften können von gewaltigem technischen oder medizinischen Nutzen sein, aber auch erhebliche Risiken bergen. Die Entfaltung einer hohen katalytischen Aktivität bei nanoskaligen Partikeln kann chemische Prozesse beschleunigen, wirtschaftlicher, sicherer oder umweltverträglicher machen; am falschen Ort jedoch, nach Aufnahme der Partikel in den Organismus, kann die gleiche katalytische Aktivität bedrohliche Konsequenzen haben, wenn sie z.B. lebenswichtige Zellprozesse stört oder in Vererbungsprozesseeingreift. Die Überwindung der Blut-Hirn-Schranke durch bestimmte Nanopartikel kann für die Therapie von Hirntumoren viel versprechende Lösungsansätze bieten, im Falle anderer Nanopartikel mag sie lebensbedrohlich sein.

Aus diesen Überlegungen folgt die Frage, ob regulatorische Bestimmungen, die für den makroskopischen Feststoff zu Recht gelten, auch für Nanopartikel der gleichen Substanz Anwendung finden dürfen, oder ob Nanopartikel eines bestimmten Materials als neue Stoffe neben diesem klassifiziert werden müssen. Gerade wenn sich in der Nanowelt Eigenschaften größenabhängig auch mehrfach ändern können, muss diese Frage sogar dahingehend erweitert werden, ob nicht auch verschiedene Größenklassen von Nanopartikeln ein und desselben Stoffes unter regulatorischen Gesichtspunkten als verschiedene Substanzen eingestuft werden müssen.

Diese Problematik ist überaus brisant. Die Notwendigkeit von Arbeitsund Verbraucherschutz steht außer Frage. Gleichfalls sind bereits geltende regulatorische Vorschriften zur Registrierung neuer Substanzen und die Reform des europäischen Chemikalien-Rechts (REACh) mit einem nicht unerheblichen finanziellen, personellen und bürokratischen Aufwand für die Hersteller verbunden. Eine weitere Verschärfung von Gesetzen und die Verkomplizierung von Verfahrensabläufen aufgrund einer notwendigen mehrfachen Registrierung chemisch identischer, aber wirkungsverschiedener Größenklassen von Nanopartikeln könnte, zumindest in manchen Fällen, deren Produktion so unwirtschaftlich machen, dass auf sie verzichtet werden muss. Das Innovationspotenzial der Materialien läge dann brach oder würde von Wettbewerbern verwirklicht werden.

Sehr schwierig gestaltet sich die Lage für junge Nanotechnologie-Unternehmen, die in besonderem Maße als Know-how-Träger und Innovations-Motoren gelten, aber aufgrund ihrer geringen Größe, ihrer schmalen Produktpalette und oftmals kritischen Finanzierungssituation zusätzliche Belastungen durch kostspielige Registrierungsverfahren nur schwer kompensieren können. Gefragt ist folglich ein sensibles Herangehen an die Thematik, das die notwendige Sicherheit herstellt, ohne durch Überregulierung mögliche Innovation zu blockieren.

Normung von Nanotechnologie

Wesentliche Voraussetzung für die Formulierung von Vorschriften, Bestimmungen und Gesetzen ist eine eindeutige, unmissverständliche Terminologie. Doch bereits der Begriff Nanotechnologie selbst ist mehr als unscharf, umfasst er doch so verschiedene Arbeitsgebiete wie die Herstellung von Nanopartikeln, von ultradünnen Schichten, von analytischen Geräten oder pharmazeutischen Trägersystemen usw. Eine weithin akzeptierte, aber weder verbindliche, noch gänzlich unumstrittene Definition besagt, dass die Nanotechnologie sich mit der Erzeugung, dem Studium und der Manipulation von Objekten und Strukturen befasse, die in mindestens einer Dimension 100 nm oder weniger messen. Unter regulatorischen Gesichtspunkten ist diese Umschreibung jedoch von geringem Nutzen, da es z.B. unsinnig wäre,

Tabelle 1: Übersicht über Normungsorganisationen, die für die Nanotechnologie eine Relevanz haben.

Einrichtung	Funktion
British Standards Institution (BSI)	Kann Vorschläge für europäische Normen beim CEN oder bei ISO einbringen.
Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN)	Kann Vorschläge für europäische Normen beim CEN oder bei ISO einbringen.
Normenausschuss Materialprüfung (NMP)	Ein eingerichtetes DIN-Gremium NMP 517 [3] prüft deutsche Vorschläge. Das Gremium arbeitet auch dem ISO/TC 229 zu.
European Committee for Standardization (CEN) Seit Nov. 2005: CEN/TC 352	Setzt europäische Normen fest. TC 352 = Technisches Komitee zuständig für Nanotechnologie [2]
Global aktive International Organization for Standardization (ISO) Seit Nov. 2005: ISO/TC 229	Setzt weltweit gültige Normen fest. TC 229 = Technisches Komitee zuständig für Nanotechnologie [1]
Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)	Befasst sich mit regulatorischen Aspekten der Nanotechnologie (keine Normungsorganisation)

ultradünne Schichten von einigen Nanometern Stärke (in einer Dimension) hinsichtlich eines Gefährdungspotenzials mit Nanopartikeln vergleichbaren Durchmessers (in zwei oder drei Dimensionen) zusammenfassen zu wollen.

Die verbindliche Klärung solcher Begrifflichkeiten ist keine Aufgabe der Regulierungsbehörden, sondern fällt in den Bereich der Standardisierung und Normung. Ein Prozess mit dem Ziel vernünftiger regulatorischer Bestimmungen für Nanotechnologie-Produkte sollte hier beginnen. Einmal vereinbarte Normen, deren Befolgung zunächst freiwillig ist, können im Ergebnis politischer Prozesse Gesetzescharakter erlangen oder als zwingende Verpflichtungen Eingang in internationale Abkommen finden.

Konkrete Aktivitäten zur Normung im Bereich Nanotechnologie kann man weltweit seit 2004 beobachten. Dabei handelte es sich zunächst um Aktionen wie die Bedarfsermittlung durch Umfragen, die Gründung nationaler Arbeitsgruppen zu speziellen Themen und die Einrichtung von Vorbereitungskomitees für Normungsausschüsse. Prinzipiell können die jeweiligen nationalen Normungsorganisationen Normen mit national beschränkter Geltung erarbeiten, doch im Zeitalter der beschleunigten Globalisierung erscheint es sinnvoll, die Anstrengungen frühzeitig auf einer internationalen Ebene zu bündeln – besonders auf einem Gebiet wie der Nanotechnologie, die weltweit als Schlüsseltechnologie angesehen wird. Nationale Normungsorganisationen wie das Deutsche Institut für Normung e.V. (DIN) oder die British Standards Institution (BSI) können so z.B. Vorschläge für europäische Normen beim European Committee for Standardization (CEN) einbringen, oder sich an die global aktive International Organisation for Standardization (ISO) wenden, um weltweit gültige Normen anzuregen, die im Konsens unter Berücksichtigung aller nationalen Interessen formuliert werden sollen.

Normungsorganisationen für Nanotechnologie

Das ISO/TC 229, das für die Zukunft der Nanotechnologie sicherlich das größte Gewicht haben wird, besteht zurzeit aus Vertretern von 14 Nationen, von denen besonders die USA, Großbritannien, Japan und China mit Vorschlägen hervorgetreten sind. In bisher drei Arbeitsgruppen werden die Schwerpunkte Terminologie und Nomenklatur“, Messverfahren und Charakterisierung“ und Gesundheit, Sicherheit und Einfluss auf die Umwelt“ behandelt. Die politische Wirksamkeit des ISO-Gremiums ist durch engen Kontakt zu einer neuen Arbeitsgruppe bei der Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) gewährleistet, die sich mit regulatorischen Aspekten der Nanotechnologie befasst.

Aktivitäten in Deutschland

Die ersten Personen, die mit neuen Nanomaterialien in Kontakt kommen, sind nicht die Verbraucher, sondern die Wissenschaftler verschiedenster Forschungseinrichtungen und Mitarbeiter in den Entwicklungsabteilungen und Produktionsanlagen von Herstellern. Sie sind Nanopartikeln potenziell am stärksten ausgesetzt, da sie diese in Form von Pulvern oder Lösungen handhaben. Dem Endverbraucher werden die meisten Arten von Nanopartikeln nur eingebettet in Beschichtungen, als

Name Einrichtung	Abkürzung	Aufgaben
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin	BAuA	Stellt den ersten Kontaktpunkt für die Hersteller neuer Chemikalien dar. Zuständig ist die Anmeldestelle Chemikalien – Zulassungsstelle Biozide“ und die Abteilung Sicherheit und Gesundheit bei chemischen und biologischen Arbeitsstoffen“.
Umweltbundesamt	UBA	Nachprüfung von Daten Strategieentwicklung für Beurteilung und Zulassung
Bundesinstitut für Risikobewertung	BfR	Nachprüfung von Daten Strategieentwicklung für Beurteilung und Zulassung
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung	BAM	Nachprüfung von Daten Strategieentwicklung für Beurteilung und Zulassung
Verband der Chemischen Industrie	VCI	Keine behördliche Organisation, aber Aktionen zusammen mit BAuA
Physikalisch-Technische Bundesanstalt	PTB	Entwicklung und Standardisierung von Messmethoden. Schwerpunktthemen sind Nano-und Mikrometrologie. [4]
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit	BMU	Entwicklung regulatorischer Initiativen, die auf mögliche Gefahren für die Umwelt reagieren

Tabelle 2: Die Tabelle zeigt die Institutionen in Deutschland, die gemeinsam an der Entwicklung einer Strategie für die Beurteilung und Zulassung auch für das Gebiet der Nanomaterialien mit ihren besonderen, variablen Eigenschaften arbeiten.

Bestandteil von Verbundwerkstoffen oder zu keramischen Bauteilen verdichtet begegnen. Regulation muss folglich beim Arbeitsschutz einsetzen.

Eine grundlegende Aktion führte das BAuA gemeinsam mit dem VCI Anfang 2006 durch. Ein Fragebogen zum aktuellen Stand bezüglich Exposition und Arbeitschutzmaßnahmen wurde von Mitgliedsunternehmen des VCI beantwortet, die als Hersteller von Nanopartikeln aktiv sind. Diese Bestandsaufnahme wird erlauben, bei der Entwicklung regulatorischer Instrumente zu Fragen des Arbeitsschutzes zukünftig auf existierenden Methoden und Mechanismen aufzusetzen, die sich in der Industrie bereits bewährt haben. Außerdem ermöglicht sie festzustellen, wo noch Klärungsbedarf besteht. Obwohl man annehmen darf, dass innerhalb der einzelnen Unternehmen bereits effektive Schutzmaßnahmen etabliert sind, die oft auf den Ergebnissen firmeninterner Studien basieren, ist absehbar, dass es noch ein weiter Weg bis zu einer Vergleichbarkeit der so gewonnen Informationen sein wird. Um z.B. Aussagen über eine scheinbar so simple Eigenschaft wie die Partikelgröße zu gewinnen, stehen vielfältige analytische Methoden zur Verfügung. Keine einzelne von ihnen liefert jedoch ein ausreichend klares Bild, stets wird man auf Kombinationen von Charakterisierungsmethoden angewiesen sein. Da dabei zahllose Variationen möglich sind, muss man zurzeit noch davon ausgehen, dass identische Beschreibungen nicht unbedingt identische Realitäten abbilden. Eine einheitliche Terminologie und der vorgeschriebene Einsatz vergleichbarer analytischer Methoden und Abläufe bei Tests sind folglich eine unabdingbare Voraussetzung für die Entwicklung regulatorischer Instrumente.

Neben den Normungsorganisationen sind dabei auch die Hersteller analytischer Geräte in der Pflicht. Nanotechnologie kommt in vielen Fällen mit sehr geringen Substanzmengen aus. Da aber zurzeit noch nicht ausgeschlossen werden kann, dass gewisse Nanopartikel vielleicht auch in sehr geringer Konzentration bereits gesundheitsschädliche Wirkungen haben, müssen Messgeräte für die Detektion von Kleinstmengen optimiert oder neue Testverfahren entwickeltwerden, um eine adäquate Überwachung der Belastung am Arbeitsplatz zu ermöglichen. An dieser Stelle kommt die Physikalisch-

Technische Bundesanstalt (PTB) ins Spiel, die mit ihrer Kompetenz die Entwicklung und Standardisierung von Messmethoden die BAuA unterstützen kann. Die Nano-und Mikrometrologie gehören zu den Schwerpunktthemen der PTB [4].

Auch bei der BAM existiert eine Arbeitsgruppe Nanotechnologie [5], welche die BAuA in Fragen der Chemikalien-und Materialsicherheit unterstützen kann. Ihr Arbeitsgebiet umfasst auch Aspekte, die später im Lebenszyklus eines Produktes relevant werden, z.B. die Sicherheit von Behältnissen, den Transport oder Risiken bei der Verwendung im Baubereich.

Regulatorische Initiativen, die auf mögliche Gefahren für die Umwelt reagieren, werden beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und dem UBA entwickelt. Gemeinsam mit der BAuA haben diese das Projekt Ermittlung und Bewertung der Umwelt- und Gesundheitsgefahren durch Nanopartikel“ ins Leben gerufen, dessen Auftaktveranstaltung, der Dialog zur Bewertung von synthetischen Nanopartikeln in Arbeits-und Umweltbereichen“, im Oktober 2005 stattfand [6]. Erstmals wurden dort im großen Maßstab Vertreter aller involvierten Interessengruppen zusammengebracht und neben Industrie, Wissenschaft und Politik auch Nichtregierungsorganisationen in die Debatte eingebunden.

Beim BfR schließlich steht der gesundheitliche Schutz des Endverbrauchers im Mittelpunkt der Arbeit. Mit dem Expertengespräch Nanotechnologie, ihre Produkte und Risiken für den Verbraucher“ nahm sich das Institut der Thematik im März 2006 an [7]. Im Juni 2006 beauftragte es das Institut für Sozialwissenschaften der Universität Stuttgart mit der Durchführung einer Expertenbefragung zu Nanotechnologien in den Bereichen Nahrungsmittel, kosmetische Erzeugnisse und Bedarfsgegenstände“ [8]. In zwei Fragerunden sollen etwa 100 Fachleute aus Deutschland, Österreich und der Schweiz ihre Position zu dieser Thematik formulieren. Die Ergebnisse werden voraussichtlich im Dezember 2006 vorliegen.

Konkrete Gesetzes-oder Verordnungsinitiativen haben die genannten Ministerien und Behörden noch nicht vorgetragen. Hierzu bedarf es noch aussagekräftigerer wissenschaftlicher Erkenntnisse zur Toxikologie von Nanopartikeln, Vorarbeiten zur Klärung von Begrifflichkeiten und eine Intensivierung der Kontakte auf internationaler Ebene. Der Informationsfluss zwischen den deutschen regulatorischen Strukturen und den für die Normung zuständigen Institutionen ist bereits gewährleistet, denn die meisten Organisationen sind im DIN-

Ausschuss vertreten, so wie auch zahlreiche Unternehmen (z.B. BASF Coatings, Bayer Technology Services, Degussa, Siemens, ThyssenKrupp), Wissenschaftsinstitute (u.a. Forschungszentrum Karlsruhe, Hohensteiner Institute, Leibniz-Institut für Neue Materialien) und das Berufsgenossenschaftliche Institut für Arbeitsschutz.

Ein weiteres Podium zum Austausch zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik bildet der Arbeitskreis Responsible Production and Use of Nanomaterials“ der Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. (DECHEMA), in

dem auch das Leibniz-Institut für Neue Materialien vertreten ist [9]. Ziel ist es, neue Forschungsprojekte zu potenziellen Risiken der Nanotechnologie zu initiieren. Hier wiederum sind auch Vertreter von UBA und BAuA vertreten.

Europäische Aktivitäten

Auch andere europäische Länder und die Europäischen Union haben Projekte initiiert, die zu angepassten regulatorischen Instrumenten für Nanotechnologie-Produkte führen sollen. Das Generaldirektorat für Gesundheits-und Verbraucherschutz der Europäischen Kommission nahm sich bereits im April 2004 der Nanotechnologie an. Mit dem Workshop Mapping out Nano Risks" schuf es eine erste Grundlage für eine europäische Strategie zur Regulierung der Nanotechnologie [10]. Der Konferenzbericht betont besonders die Notwendigkeit, jedes einzelne Nanomaterial als neue Chemikalie zu betrachten und dies auch durch Vergabe einer individuellen Nummer im Chemical Abstracts Service (CAS), dem weltweit verbindlichen Verzeichnis chemischer Substanzen, zu reflektieren. Das Dokument enthält außerdem in Form eines Flussdiagramms den relativ ausführlichen Entwurf eines Leitfadens über die Erstabschätzung des Risikopotenzials von Nanomaterialien. Darin wird eine strenge Unterscheidung zwischen freien Nanopartikeln und solchen, die bei der Weiterverarbeitung in eine Matrix eingebettet wurden und deren Austreten unwahrscheinlich ist, eingefordert.

Auf Anfrage der Europäische Kommission formulierte das Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR), ein unabhängiges Gremium aus Experten der Risikoabschätzung, im September 2005 ein Positionspapier [11]. Das SCENIHR-Papier wurde Ende 2005 von der Europäischen Kommission in einer öffentlichen Konsultation zur Diskussion gestellt und soll zukünftig Grundlage europäischer Regulationspolitik auf dem Gebiet der Nanomaterialien sein. Sie sollen auch bei der Formulierung des 7. Forschungs-Rahmenprogramms der EU berücksichtigt werden.

Was auf den ersten Blick wie eine Dopplung von Aktivitäten wirken mag, sollte als methodische Redundanz gewertet werden, die durch mehrfache Erhebungen zu dauerhaft gültigen und einander stützenden Aussagen gelangen will.

Das Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA), das in Großbritannien für Umweltfragen zuständige Ministerium, hat ein sogenanntes Voluntary Reporting Scheme entwickelt, in dem Hersteller von Nanopartikeln und -materialien auf freiwilliger Basis Auskunft über bereits etablierte Besonderheiten bei Handhabung oder Transport dieser Stoffe geben sollen [12]. Das Reporting Scheme folgt im Wesentlichen dem Format von Stoff-Datenblättern, wie sie allgemein für Chemikalien vorgeschrieben sind und in vielen Fällen bereits als Begleitdokumente für den Transport synthetischer Nanomaterialien existieren. Das Ministerium erhofft sich dadurch Informationen aus erster Hand über das Problembewusstsein unter den Herstellern und darüber hinaus bereits implementierte firmeninterne Maßnahmen, die dem besonderen Charakter dieser Substanzen gerecht werden. Die Forschungsergebnisse zur Toxikologie, die Ergebnisse der Normungsaktivitäten und die Resultate dieser Bestandsaufnahme sollen Grundlage zukünftiger britischer Bestimmungen zum Umgang mit Nanotechnologieprodukten werden. Der Ansatz ist vergleichbar demjenigen, den BAuA und VCI mit ihrem gemeinsamen Fragebogen verfolgen.

Die Schweizer Bundesämter für Gesundheit (BAG) und Umweltschutz (Bafu) erarbeiten zurzeit einen Aktionsplan, der Ende 2006 formuliert und bis 2009 umgesetzt sein soll [13]. Angestrebt wird dabei u.a. eine Zusammenfassung von Nanopartikeln mit vergleichbarem Gefahrenpotenzial zu Gruppen, die dann jeweils bestimmten Regulationen unterliegen sollen (ein Ansatz, der von vielen anderen Akteuren nicht geteilt wird). Weiterhin ist eine freiwillige Kennzeichnung von Produkten angedacht, die ungebundene Nanopartikel enthalten – eine Maßnahme, die als provisorische Lösung für den Zeitraum bis zum Vorliegen umfangreicherer wissenschaftlicher Erkenntnisse über das Gefahrenpotenzial der Substanzen dienen soll.

Neben den politischen Gremien beteiligen sich auch industrielle Vereinigungen aktiv an der Debatte, etwa das European Center for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals (ECETOC). Es handelt sich dabei um eine Interessengemeinschaft von 48 führenden Unternehmen, vorwiegend aus Chemie, Pharmazie, Kosmetik und Lebensmittelindustrie und stellt eine Plattform zur Bündelung der in den einzelnen Unternehmen vorhandenen Expertise in der Risikoabschätzung und -minimierung dar.

Die European Technology Platform for Sustainable Chemistry (SusChem) ist ein von der EU unterstütztes Forum der europäischen chemischen Industrie zum Thema Nachhaltigkeit in der Chemie. Die Sektion Materials Technology" innerhalb dieser Plattform bemüht sich ebenfalls um die Erarbeitung standardisierter Testverfahren für Nanomaterialien als Basis zukünftiger Regulation [14].

Der European Chemical Industry Council (CEFIC) kann als zentrales Forum und Stimme der europäischen chemischen Industrie gelten. Es vertritt als Lobby-Organisation etwa 27 000 Chemieunternehmen. Seit Februar 2006 existiert

auch ein CEFIC Nanotechnology Center of Excellence [15, 16]. Dieses hat enge Verbindungen zu SusChem und ECETOC und vertritt Positionen der europäischen chemischen Industrie zur Nanotechnologie auch auf globaler Ebene im Nanotechnology Committee des International Council of Chemical Associations (ICCA).

Im Ergebnis all dieser Aktivitäten kann damit gerechnet werden, dass die laufende Reform des europäischen Chemikalienrechts um einige Klauseln zum besonderen Status von Nanomaterialien ergänzt werden wird.

Internationale Zusammenarbeit

Das Streben nach klaren Richtlinien für den Umgang mit Nanomaterialien manifestiert sich auch auf globaler Ebene. Die europäischen Organisationen tauschen sich mit Partnern aus anderen Teilen der Welt im International Council of Chemical Associations (ICCA) aus. Dort wurde Anfang 2004 eine Nanomaterials Task Force ins Leben gerufen, deren Ziel eine weltweite Abstimmung der Standpunkte zur Nanotechnologie seitens der chemischen Industrie ist [17].

Unter den Bedingungen der globalisierten Ökonomie und der fallenden Handelsschranken sollte bei neuen nationalen regulatorischen Aktivitäten frühzeitig an deren internationale Harmonisierung gedacht werden. Das fällt traditionell in den Aufgabenbereich der OECD. Die Nanotechnologie stellt dabei keine Ausnahme dar. Mit einer Special Session nahm sich im Juni 2005 das OECD Chemicals Committee der Thematik an [18]. Im September des gleichen Jahres wurde eine Umfrage der OECD zu diesem Gegenstand durchgeführt, die eine nahezu erschöpfende Bestandsaufnahme aller Aktivitäten der 30 Mitgliedsländer der Organisation lieferte. Im März 2006 wurde schließlich beim OECD Committee on Science and Technology Policy eine Arbeitsgruppe zur Nanotechnologie angeregt, die zurzeit die Arbeit aufnimmt und auch mit dem ISO/TC 229 kooperieren wird.

Fazit

Bei allen hier vorgestellten Aktivitäten handelt es sich um aktive Arbeitsprozesse. Keine der laufenden Anstrengungen kann als abgeschlossen betrachtet werden. Zu manchen Fragestellungen gibt es durchaus noch konträre Meinungen, etwa bei der Erfassung von Nanomaterialien als Einzelsubstanzen contra Zuordnung zu Gruppen. Hier und da gilt es zu prüfen, ob Dopplungen vermieden werden können, und der Austausch zwischen den einzelnen Akteuren kann sicherlich weiter optimiert werden. Dennoch kann man bereits eine gewisse Tendenz in den Meinungen zu den Kernfragen beobachten. Diese lässt sich in einigen Stichpunkten skizzieren:

- Es wird allgemein anerkannt, dass das Wissen über potenzielle Gefährdungen durch die Nanotechnologie noch nicht ausreichend ist. Es besteht ein großer Bedarf an weiteren wissenschaftlichen Untersuchungen zur Toxikologie und Freisetzung von Nanopartikeln.
- Eine verbindliche Klärung von Begrifflichkeiten muss regulatorischen Initiativen vorausgehen.
- Die Entwicklung der Messtechnik muss auf die Herausforderungen der Nanotechnologie reagieren, um eine optimaleÜberwachung der Arbeitsplatz-und Umweltbelastung zu erlauben.
- œ Ein gänzlich neuer regulatorischer Rahmen für Nanotechnologie-Produkte wird von den meisten Akteuren nicht als notwendig erachtet, da viele Aspekte bereits durch das bestehende oder demnächst reformierte Chemikalienrecht abgedeckt sind. Ergänzende Bestimmungen, die den Besonderheiten nanoskaliger Materialien Rechnung tragen, werden aber durchaus befürwortet.
- Für eine notwendige Sonderbehandlung von Nanomaterialien bei der Registrierung müssen standardisierte Testverfahren entwickelt werden.
- Wo irgend möglich, sollte bei zukünftigen Bestimmungen auf bereits bei den Herstellern etablierte Verfahrensweisen im Umgang mit Nanomaterialien (best practise) aufgesetzt werden – natürlich nur, sofern diese im Einklang mit festgestellten Erfordernissen des Arbeits-und Verbraucherschutzes stehen.
- Für die Übergangszeit bis zum Vorliegen effektiver regulatorischer Instrumente sollte das Vorsorgeprinzip gelten und eine Kennzeichnung bestimmter Produkte auf freiwilliger Basis erwogen werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Suche nach angemessenen regulatorischen Instrumenten zur Behandlung der Besonderheiten von Nanotechnologie-Produkten bereits weltweit in vollem Gange ist, ohne dass der zunehmend interessierten Öffentlichkeit dies schon ausreichend bewusst ist. Befürchtungen, dass potenzielle Risiken der Nanotechnologie ignoriert würden und Nanotechnologieprodukte ohne Rücksicht auf Arbeits-, Verbraucherund Umweltschutz in den Alltag drängen könnten, erweisen sich als unbegründet. Hier hat die bisherige Zusammenarbeit aller involvierten Interessengruppen sich als konstruktiv erwiesen. Triebkraft hierfür dürfte das Bestreben sein, Fehler, die bei der Einführung anderer neuer Technologien in der Vergangenheit gemacht wurden, nicht zu wiederholen. Einem verantwortungslosen Umgang mit Nanotechnologie durch unseriöse Anbieter könnte durch die hier vorgestellten konzertierten Anstrengungen frühzeitig ein Riegel vorgeschoben werden. Die verbindlich

geregelte, risikobewusste Behandlung der neuen Materialien ist eine wesentliche Voraussetzung für die erfolgreiche Ausschöpfung der enormen Möglichkeiten der Nanotechnologie. *CLB*

Literatur

[1] http://www.iso.org/iso/en/stdsdevelopment/tc/tclist/TechnicalCommittee Detail Page.TechnicalCommitteeDetail ?COMMID=5932

[2] http://www.cenorm.be/cenorm/businessdomains/businessdomains/materials/nanotechnology.asp

[3] DIN e.V., Geschäftsbericht 2006

[4] http://www.ptb.de/de/org/5/_index.htm

[5] http://www.bam.de/de/aktuell/presse/newsletter/newsletter_medien/ newsletter_6_2005.pdf

[6] http://www.dialog-nanopartikel.de

[7] http://www.bfr.bund.de/cd/7731

[8] http://www.umweltbundesamt.de/umid/archiv/umid0206.pdf#search=%22bfr%20nano %20stuttgart%20delphi%22

[9] http://www.dechema.de/NANOSAFETY.html

[10] http://ec.europa.eu/health/ph_risk/events_risk_en.htm

[11] http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_sce-nihr/sce-nihr_cons_01_en.htm

[12] http://www.defra.gov.uk/corporate/consult/nanotech-vrs/consultation.pdf

[13] http://www.innovationsgesellschaft.ch/nano_regulation.htm

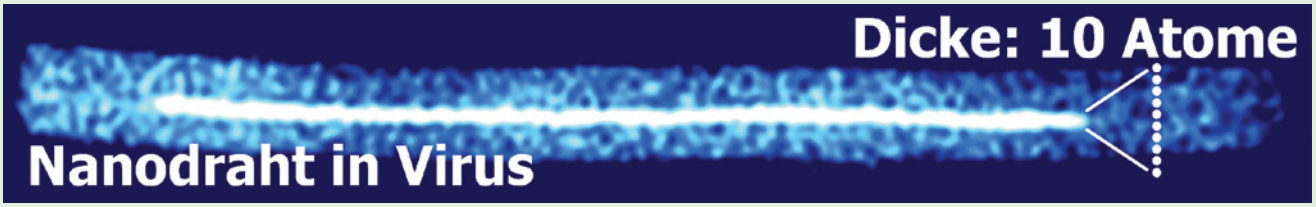
[14] http://www.suschem.org/content.php?pageId=2790

[15] http://www.cefic-rns-progress-news.org/artDetail.asp?ID=184

[16] http://www.nanoexperience.org/

[17] http://www.socma.org/conferences/gcrc/2006/presentations/Nanotechnology_Medley.pdf

[18] http://appli1.oecd.org/olis/2006doc.nsf/linkto/env-jm-mono(2006)19



Natur fomt Technik im Nanomaßstab

Tabakmosaikviren (TMV) sind Pflanzenschädlinge. Forscher an der Universität Stuttgart in Kooperation mit Max-Planck-Instituten, der Universität Ulm und dem Forschungszentrum Karlsruhe entlocken ihnen nun jedoch auch nützliche Eigenschaften. Den Wissenschaftlern dient die filigrane Röhrchenstruktur der Viren Gussform für Nanodrähte und -röhren. Um die Viren als Biotemplat nutzen zu können bedient man sich der stromlosen Abscheidung – wie früher bei der Herstellung von Silberspiegeln. Dabei werden die Viren mit Edelmetall- und anschließend mit Kobalt- oder Nickelsalzen behandelt. Unter Anwesenheit von Reduktionsmitteln wird dabei entweder die Virenaußenhülle oder das Innere der Röhre metallisiert. Die so entstehenden Kobalt- und Nickeldrähte sind nur circa zehn Atome breit, aber bis zu 0,5 Mikrometer lang. Ähnlich langgestreckte und gleichförmige Kleinstobjekte sind in der Natur äußerst selten und auch technisch nur mit hohem Aufwand herstellbar. Die mittels der Viren auf vergleichsweise einfachem Wege zu produzierenden Nanostrukturen könnten sich beispielsweise zur Verdrahtung von Mikrochips einsetzen lassen. Derzeit arbeiten die Wissenschaftler an Prüfverfahren, mit denen verschiedene „Virusdraht"-Typen auf Leitfähigkeit und Magnetismus getestet werden können, um erste Anwendungen in der Nanoelektronik zu erproben. Zur Kontaktierung der winzigen Draht-Enden gelang kürzlich ein entscheidender Schritt. Aus den Virusstäbchen ließen sich Nanohanteln generieren, indem Goldkörner an beide Enden gebunden und durch Metallabscheidung vergrößert wurden. Damit stehen nun ausreichend große Kontaktflächen zur Verfügung, über die Messgeräte angeschlossen werden können. Um Produkte mit anderen Materialeigenschaften und Röhrchen-Felder zu erhalten, die zum Beispiel als Biosensor oder Nano-Schaltmodul dienen könnten, „züchten" die Virologen Prof. Holger Jeske und Dr. Christina Wege am Biologischen Institut der Uni Stuttgart derzeit im Labor TMV-Derivate mit veränderten Oberflächen und Längen. Als besonders vielversprechend gelten zudem freie TMV-Proteine, die mit wenig Aufwand in Flüssigkulturen von Hefezellen gewonnen werden. Diese sollen dann direkt auf technische Substrate wie Silizium-Wafer und Glas-Chips zu Röhren unterschiedlicher Längen polymerisiert werden. So könnten neuartige elektronische Nanobausteine mit technisch interessanten Eigenschaften entstehen.

Chemie und Analytik rund um das Auto

Katalysatoren: Herausforderung Dieselmotor

Weltweit rollen mehr als eine halbe Milliarde PKW auf den Straßen, dazu kommen noch etwa 200 Millionen LKW. In der Theorie verbrennen die Kohlenwasserstoffe des Benzins mit dem Sauerstoff der Luft zu den ungiftigen Endprodukten Kohlendioxid und Wasser. Doch dieser ideale Verbrennungsvorgang lässt sich in der realen Welt des Automobils nicht so leicht verwirklichen. Durch unvollständige Verbrennung und minimale Verunreinigungen des Treibstoffs können giftiges Kohlenmonoxid, unverbrannte Kohlenwasserstoffe und Stickoxide entstehen, sowie bei Dieselmotoren Feinstaubpartikel aus Ruß. Optimal eingestellte, moderne Motoren minimieren den Schadstoffausstoß bereits erheblich. Der Schlüssel zu sauberen Abgasen jedoch ist die katalytische Umwandlung der Schadstoffe in unschädlichere Endprodukte.

Durch die Einführung solcher Katalysatoren-Systeme in Nordamerika (1976) und Europa (1986) nahm die Belastung der Innenstädte durch schädliche Autoabgase trotz steigender Autozahlen deutlich ab.

Mit der Entwicklung des ersten Dreiwegekatalysators, der den Abbau der drei wichtigsten Schadstoffgruppen (unverbrannte Kohlenwasserstoffe, Kohlenmonoxid und Stickoxide) gleichzeitig katalysieren kann, gelang der US-amerikanischen Firma Engelhard 1979/80 ein Meilenstein der Abgastechnologie.

Das Prinzip eines Katalysators ist einfach: Indem er die Reaktionspartner zusammenbringt, beschleunigt er chemische Umwandlungen, die sonst nur durch die Zufuhr einer wesentlich höheren Aktivierungsenergie in Gang gebracht werden können. Der Katalysator selbst verbraucht sich dabei im Idealfall nicht. Neben ihrem Einsatz in Autos sind Katalysatoren auch in der chemischen Industrie weit verbreitet, sei es bei der Verarbeitung von Rohöl zu Treibstoffen oder bei der Produktion von Chemikalien, Polymeren und Arzneimitteln.

Im Autoabgaskatalysator sind es spezielle Mischungen aus Edelmetallen wie Platin, Palladium und Rhodium, die die Umwandlung der Schadstoffe beschleunigen. Sie bilden eine dünne katalytische Schicht auf einem Trägermaterial mit extrem großer Oberfläche, das wiederum auf eine meist wabenförmige Keramikstruktur aufgebracht ist. Im modernen Dreiwegekatalysator lassen sich mit ihrer Hilfe unverbrannte Treibstoffreste mit Sauerstoff zu Kohlendioxid und Wasser verbrennen, Stickoxide zum allgegenwärtigen Stickstoff umwandeln und giftiges Kohlenmonoxid mit Sauerstoff zu Kohlendioxid oxidieren. Der Katalysator baut rund 98 Prozent der im Verbrennungsmotor frei werdenden Kohlenwasserstoffe, des Kohlenmonoxids und der anfallenden Stickoxide ab.

In Motorenprüfständen werden Katalysatoren unter Dauerbelastung getestet. Eine Messelektronik zeichnet dabei alle Abgaswerte auf (Abbildungen: BASF).

„Das Prinzip eines Katalysators mag einfach sein, doch der Teufel steckt in den Details der technologischen Umsetzung“, gibt Dr. Bob Farrauto zu bedenken, Research Fellow bei der BASF Catalysts LLC in Iselin, New Jersey. „Die Kats benötigen die richtige Betriebstemperatur und einen genau eingestellten Restgehalt von Sauerstoff im Abgas.“ BASF hatte Engelhard 2006 Engelhard für 4,8 Milliarden Dollar übernommen.

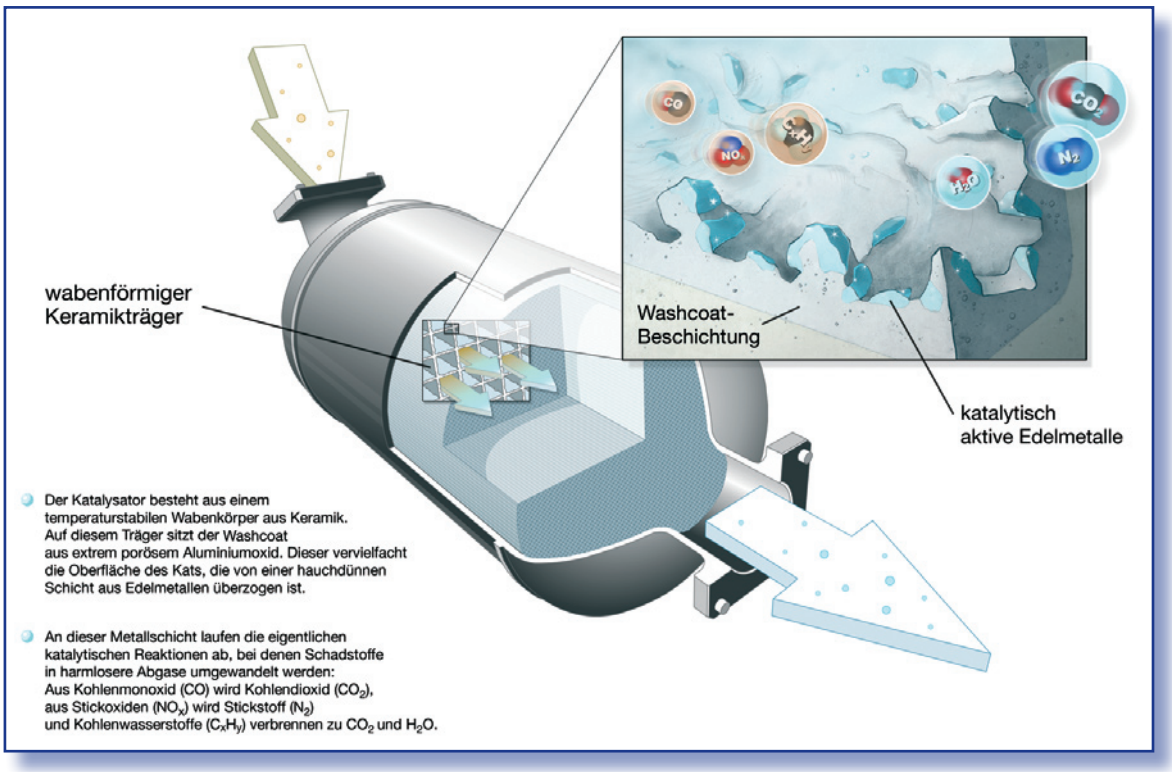
Der Sauerstoff-Restgehalt wird bei den heute üblichen geregelten Katalysatoren über die Lambdasonde gemessen und geregelt. Bei der Sonde werden zwei Messprinzipien verwendet: Entweder wird die Spannung eines Festkörperelektrolyten (Nernstsonde) ermittelt, oder man bestimmt die Widerstandsänderung einer Keramik (Widerstandssonde). Mithilfe eines computergesteuerten Regelsystems sorgt die Lambdasonde für die richtigen Bedingungen, damit moderne Autokatalysatoren ihre drei Hauptaufgaben optimal erledigen können.

Die Perspektive

Inzwischen gelten Dreiwegekatalysatoren als technologisch ausgereift und gehören bei mehr als 80 Prozent der Neuwagen zur Standardausstattung. Mit einer Lebensdauer von über 200 000 Kilometern gehören sie zu den langlebigsten Teilen eines Autos. Trotzdem bedarf es stetiger Forschung und Weiterentwicklung, um die Technologie den immer strengeren Abgasvorschriften und den Innovationen der Autohersteller für die unterschiedlichen Modelle in den verschiedenen Ländern der Erde anzupassen.

Die größte Herausforderung sind heute jedoch die Abgase aus Dieselfahrzeugen, deren Zahl ge-

rade in Europa stark anwächst. Ihr geringerer Spritverbrauch schont nicht nur den Geldbeutel, sondern auch die weltweiten Erdölvorräte. Das Hauptproblem der bei deutlich geringeren Temperaturen arbeitenden Dieselmotoren ist die große Menge von unverbrannten Treibstoff- und Rußpartikeln im Abgas, die herkömmliche Katalysatoren mechanisch zusetzen würden. „Um dieses Problem zu lösen, haben wir spezielle Diesel-Oxidations-Katalysatoren und katalytische Rußfilter entwickelt“, erläutert Katalysatorforscher Bob Farrauto. „Sie fangen den Ruß zunächst ab und verbrennen ihn dann rückstandsfrei mithilfe von katalytischen Oberflächen und einer speziellen Regelung von Sauerstoffgehalt und Temperatur.“ Der gängige Begriff „Ruß- oder Partikelfilter“ wird der darin enthaltenen Technologie also kaum gerecht.



Das Prinzipbild zeigt den Weg des Abgases durch den Dreiwegekatalysator.

Zudem benötigen Dieselmotoren ein „mageres“ Luft-Benzin-Gemisch, das zu einem hohen Gehalt von Restsauerstoff im Abgas führt. Dieser erschwert die Umwandlung von Stickoxiden (NO_x) zu Stickstoff (N_2) erheblich, die nur unter weitgehend sauerstofffreien Bedingungen ablaufen kann. Doch auch hier arbeiten die Experten der BASF Catalysts an technologischen Lösungen: Während des „mageren“ Betriebs speichern NO_x-Speicherkats die Stickoxide zunächst chemisch. Wenn der Speicher dann erschöpft ist, schaltet der Motor kurzzeitig automatisch auf ein „fettes“ Luft-Benzin-Gemisch um. Unter diesen Bedingungen kann der Katalysator die gespeicherten Stickoxide in Stickstoff und Sauerstoff umwandeln. Der Speicher wird regeneriert und der Motor kann wieder auf den Magermix umschalten, der sowohl die Motorleistung als auch die Verbrennung von Rußpartikeln begünstigt. Ein anderer Ansatz ist das Einsprühen geringer Mengen von Ammoniak in das Abgas, das aus mitgeführtem Harnstoff freigesetzt wird. Auf speziellen Katalysatoroberflächen verwandelt es die Stickoxide dann in harmlosen Stickstoff.

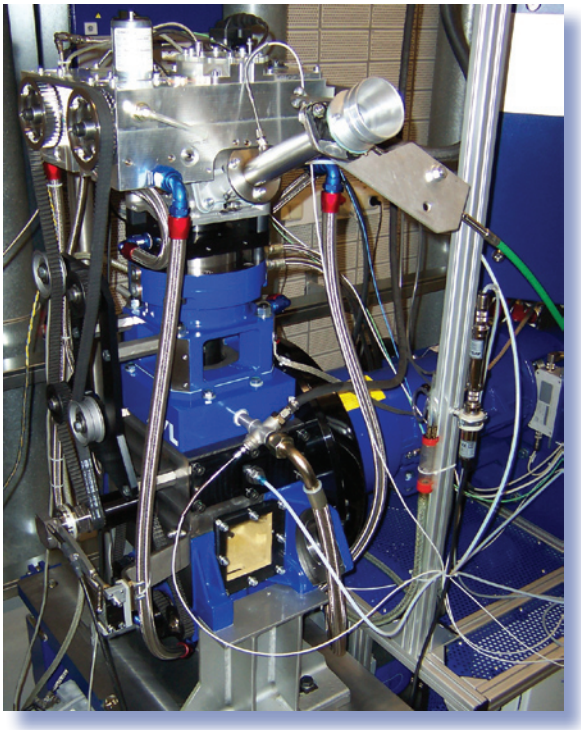
Weitere Anwendungen

Neben den klassischen Autokatalysatoren arbeiten die Umwelttechnologen von BASF Catalysts an anderen Anwendungen:

- Wenn der Motor eines Autos an heißen Tagen ausgeschaltet wird, entstehen im Verbrennungsraum besonders hohe Konzentrationen unverbrannter Kohlenwasserstoffe. Um diese abzufangen, haben die Experten von BASF Catalysts Kohlenwasserstofffallen aus Zeolith (einem Mineral aus Aluminium und Silikat) entwickelt. Diese werden zwischen Motor und Katalysator eingebaut und binden die Kohlenwasserstoffe, die dann nach dem Start des Motors verbrannt werden.
- Millionen von Rasenmähern, Kettensägen, Motorrädern und auch Modellflugzeugen werden von Verbrennungsmotoren angetrieben, doch ihre Abgase gelangen meist ungereinigt in die Luft. BASF Catalysts entwickelt maßgeschneiderte Lösungen für diese Anwendungen in Kleingeräten, die in ihrer Summe merklich zur Abgasproblematik beitragen. Am anderen Ende der Größenskala stehen Katalysatoren für ganze Kraftwerke, die vor allem die Emissionen von Stickoxiden und Kohlenmonoxid gering halten.
- Meist sollen Katalysatoren Schadstoffe eliminieren, bevor diese in die Umwelt gelangen. Ein anderer Ansatz steckt hinter der Idee von PremAir: Dieser katalytische Überzug für den Autokühler baut an Smogtagen bereits in der Luft vorhandenes Ozon ab und hilft so aktiv bei der Luftreinhaltung. Ozon häuft sich auch in den Kabinen von Flugzeugen an, wo katalytische Filter die Konzentrationen dieses Reizgases niedrig halten. Gleichzeitig sorgen Katalysatoren in den Turbinen des Flugzeugs für einen geringeren Ausstoß von Schadstoffen in die Atmosphäre. *Christian Böhme*

Chemie und Analytik rund um das Auto

Durchblick durch den „gläsernen Motor“



Der „gläserne Motor“ (Foto: Uni Duisburg-Essen).

Um Verbrennungsprozesse im Motor zu analysieren muss man in den Motor hineinschauen können. Insbesondere mit laserspektroskopischen Verfahren lassen sich dann Messungen durchführen, die zur Motorenoptimierung dienen können. An der Universität Duisburg-Essen gibt es jetzt einen der wohl fortschrittlichsten Motorenprüfstände dieser Art.

Die künftige Generation des Verbrennungsmotors wird im Team von Maschinenbauprofessor Dr. Christof Schulz mitentwickelt. „Es geht uns darum, in Kooperation mit der Automobilindustrie neue Motorvarianten zu erforschen, die effizienter sind, weniger Kraftstoff verbrauchen und nur minimal Schadstoffe ausstoßen.“

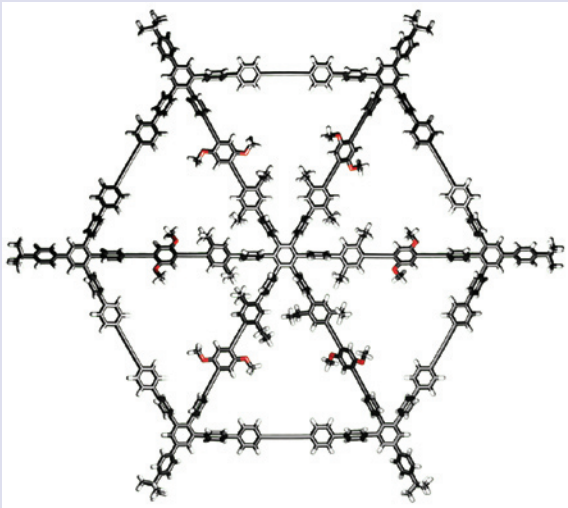
Deshalb wird gerade ein hochmodernes Labor mit zwei Prüfständen im Wert von einer Millionen Euro aufgebaut, von denen einer sogar über einen gläsernen Motor verfügt, damit die Motortechnologie von innen her fortentwickelt werden kann. Schulz reklamiert für seinen Lehrstuhl: „Mit diesem hochkomplexen Experimentalaufbau in Kombination mit der verfügbaren Laser-Messtechnik sind wir bundesweit führend.“

Der erste Prüfstand ist mit einem optisch voll zugänglichen Transparentmotor ausgestattet. Die Zylinderwände und Kolben bestehen weitgehend aus Quarzglas und bieten somit einen fast uneingeschränkten Einblick in den Brennraum. Mit dieser Spezialanfertigung lassen sich neue laseroptische Messverfahren entwickeln und optimieren. Außerdem können detaillierte zeit- und ortsabhängige Informationen zur Gemischbildung, Verbrennungsausbreitung und Schadstoffentstehung erfasst und Detailvorgänge in spezifischen direkt einspritzenden Benzinmotoren untersucht werden.

Dass die so ermittelten Ergebnisse auch in Serienmotoren Eingang finden können, dafür sorgt der zweite neue Prüfstand mithilfe minimalinvasiver optischer Verfahren. Der Prüfstand kann Motoren mit Leistungen bis zu 200 Kilowatt (272 PS) aufnehmen. Spezielle Endoskope ermöglichen das Anwenden der neuen Verfahren bei minimalem Eingriff in den Serienmotor. Die neue Technologieausstattung ist nötig, denn Verbrennungsmotoren werden zwar seit vielen Jahrzehnten erfolgreich entwickelt und optimiert, aber die Anforderungen von heute sind von grundlegend neuer Natur. Um Kraftstoffverbrauch und Schadstofferzeugung weiter senken zu können, reichen die hergebrachten Untersuchungsverfahren nicht mehr aus. Mit den neuen Prüfständen können die Forscher den Prozess im Zylinder lasergestützt mit hochempfindlichen Kameras beobachten und daraus ganz neue Erkenntnisse für die Weiterentwicklung der Motorentechnik gewinnen.

Molekulares Speichenrad

Noch kein Auto ;-) Ein Jahr arbeiteten Chemiker der Universität Bonn um Prof. Sigurd Höger an der Entwicklung einer Synthese für ein stabiles molekulares Speichenrad. Heute ist die Synthese einfach zu reproduzieren. Der Schlüssel dazu liegt im speziellen Aufbau der Vorläufermoleküle: Die spätere Radachse dient als Schablone und Bauteil in einem. Vergleichbar ist das Molekül mit dem künstlichen, wenige Nanometer großen Tonplättchen Laponit, das zurzeit wie auch andere schichtförmige Tonerden als Zusatz zu Farben, in der keramischen Industrie und als Beimischung zu Kunststoffen Verwendung findet. Wegen ihrer hohen Reinheit und der gut definierten Partikelgröße eignen sich synthetische Substanzen besser, um genau die gewünschten Produkte herzustellen. Der Ansatz der Bonner Forscher erlaubt es, die Räder größer oder kleiner zu machen und ihre Eigenschaften fast nach Belieben zu verändern (Abb.: Angew. Chemie / Wiley-VCH).



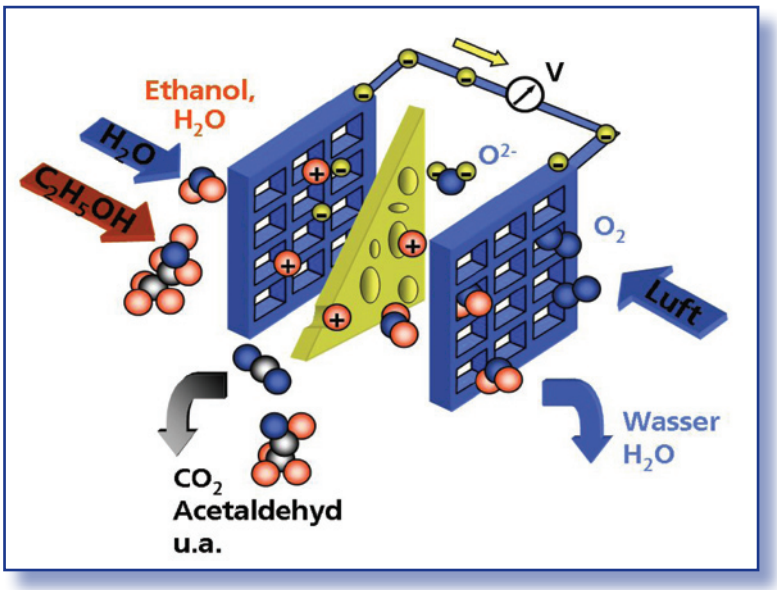
Chemie und Analytik rund um das Auto

„Schluckspecht“ fährt mit „Schnaps“

Verbrennungsprozesse im Automobilbereich laufen besonders umweltschonend ab, wenn sie eher kontinuierlich sind, nicht getaktet in Sekundenbruchteilen im komplizierten Strömungsraum eines Zylinders. Ein Beispiel dafür ist der Stirlingmotor, bei dem die Verbrennung außerhalb des Arbeitszylinders stattfindet. Eine sogar flammenlose Verbrennung, eine energieliefernde Oxidation, läuft in Brennstoffzellen ab. Sie sind ein besonderer Hoffnungsträger zukünftiger Auto-Energielieferanten. Jetzt ist es einem Team der Hochschule Offenburg gelungen, erstmals eine Direkt-Ethanol-Brennstoffzelle (DEFC; das FC steht für fuel cell) für einen Fahrzeugantrieb einzusetzen, freilich in einem Experimantalfahrzeug. Der Charme des DEFC-Systems: Es könnte bei breitem Einsatz in normalen Autos auf eine vorhandene Logistik- und Tank-Infrastruktur aufbauen.

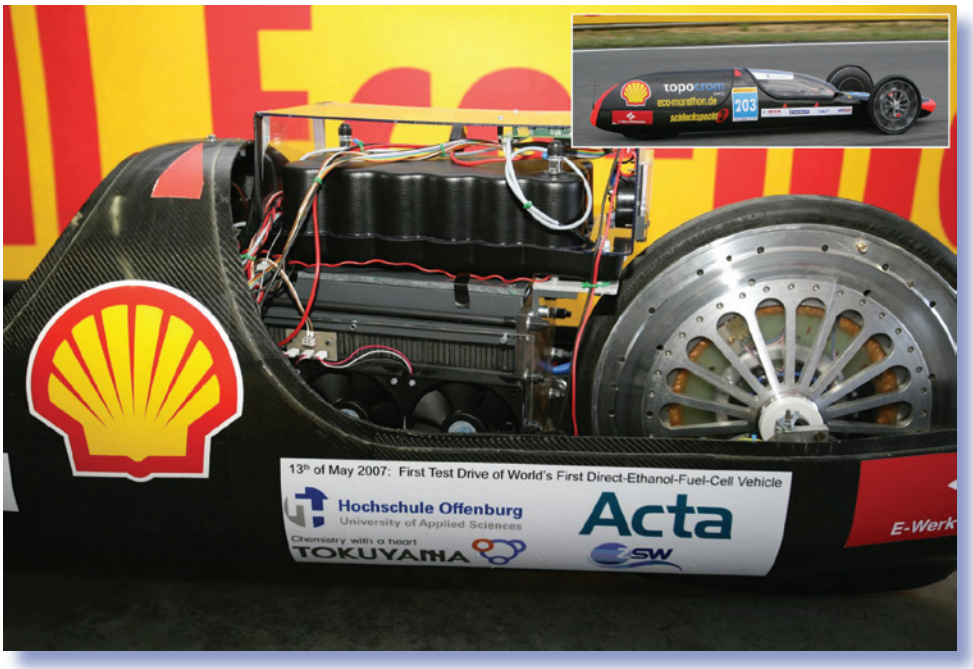
Bis dahin dürfte aber noch viel Zeit vergehen. Gegenüber der Direkt-Methanol-Brennstoffzelle (DMFC) liegt – so Dr. Michael Krausa vom Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT gegenüber der CLB – die Entwicklung der DEFC noch etwa fünf oder noch ein paar mehr Jahre zurück; von der Methanol-Zelle gibt es bereits kommerzielle Anwendungen. Schafft die Ethanol-Zelle den Sprung dahin kann sie in mindestens zweifacher Weise gegenüber der DMFC punkten: Ethanol ist im Unterschied zu Methanol nicht giftig, und der spezifische Energieinhalt ist mit 7,4 Kilowattstunden pro Kilogramm um ein Drittel höher als der von Methanol (5,5 kWh/kg; zum Vergleich Diesel: 12,6 kWh/kg; Lithium-Ionen-Batterien: 0,15 kWh/kg).

Vom Aufbau her sind ähneln sich die DMFC und die DEFC. Sie bestehen jeweils aus zwei Elektroden, getrennt durch eine Polymermembran. Die Anode wird vom Brennstoff – Methanol oder Ethanol – umspült, die Kathode von Sauerstoff. Die Membran ist für die jeweiligen Brennstoffmoleküle undurchlässig, lässt jedoch Protonen (Wasserstoffkerne) passieren, die für die Reaktion mit dem Luftsauerstoff an der Kathode nötig sind. Bei der Aufspaltung des Brennstoffs helfen Katalysatoren.



Prinzip der Direkt-Ethanol-Brennstoffzelle (Grafik: FhG-ICT/Krausa).

Die Technik des „Schluckspecht“-Experimentalfahrzeugs mit den selbstentwickelten Antriebselementen DE-Zelle und 2 kW-Radnaben-Elektromotor. Kleines Bild: Das Auto in voller Fahrt (Fotos: Schluckspecht-Team/Hochschule Offenburg/Hochberg).



Proteine, Gene und Hormone

Asthma bronchiale gehört zu den häufigsten chronischen Lungenerkrankungen im Kindesalter, etwa 15% der deutschen Kinder zwischen 6 und 16 Jahren leiden darunter. In einer Studie an 2643 Kindern haben Forscher der Ruhr-Universität eine Genvariante auf Chromosom 17 entdeckt, die mit hoher Signifikanz zum Asthmarisiko im Kindesalter beiträgt. Die Gensequenz verschlüsselt die Protein-Gruppe ORMDL3, welche eine bisher unbekannte Funktion hat.

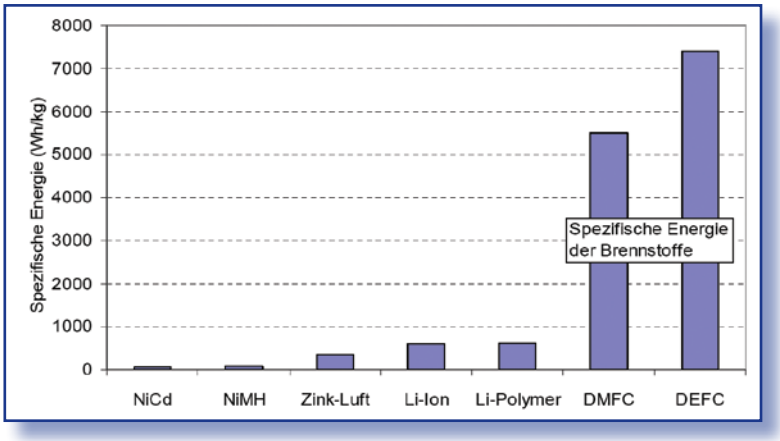
Kleinwüchsige Kinder leiden zu über vier Prozent an einem Defekt des Shox-Gens, dessen Protein das Knochenwachstum in den Epiphysenfugen reguliert, so die Wissenschaftler des Instituts für Humangenetik am Universitätsklinikum Heidelberg. Durch rechtzeitige Hormonbehandlung vor der Pubertät kann der Wachstumsrückstand nachgeholt werden.

Verteilungsauffälligkeiten in Sequenzen des Humangenoms konnten bisher nur durch zeitaufwändige Computersimulationen ermittelt werden. Wissenschaftler im Deutschen Krebsforschungszentrum und im Nationalen Centrum für Tumorerkrankungen Heidelberg entwickelten nun eine mathematische Grundlage für die Erkennung bestimmter Sequenzmuster. Die Software soll in Kürze der wissenschaftlichen Gemeinschaft kostenfrei zur Verfügung gestellt werden.

Gallensteine treten familiär gehäuft auf. Wissenschaftler der Universität Bonn haben eine Variante des Gens ABCG8 entdeckt, die das Risiko für Gallensteine deutlich erhöht. Jeder zehnte Europäer trägt nach Schätzungen diese Variante in seinen Erbanlagen. Bei den Betroffenen entwickelt sich im Laufe des Lebens zwei- bis dreimal so häufig ein Gallenstein. Das Gen enthält die Bauanleitung für eine molekulare Pumpe, die Cholesterin aus der Leber in die Gallenwege befördert, der Stoff, aus dem die meisten Gallensteine entstehen. Die genetische Veränderung bewirkt, dass diese Pumpe permanent auf Hochtouren läuft.

Die menschliche DNA besteht aus 3,3 Milliarden Basenbuchstaben, nach der gängigen Lehrmeinung braucht der Mensch jedoch nur 1,5 Prozent davon. Ein internationales Forscherteam fand heraus, dass die als „nichtkodierenden Gene" bezeichneten Abschnitte des Erbguts nahezu vollständig in RNA übersetzt werden. Diese regulieren die Gene, nach deren Bauplan die Proteine zusammengesetzt werden.

Autophagie bei Körperzellen ist eine Form des Recyclings, das Haushalten mit Energie und Bausteinen. Forscher vom MPI für biophysikalische Chemie aus Göttingen zeigten, dass Autophagie ein neuer, zusätzlicher Regel-Mechanismus bei der frühen Entwicklung des Nervensystems ist. Fehlt das Recyclingaktivator-Protein Ambra-1, kommt es zu unkontrollierten Zellauswüchsen, und als Folge sterben mehr Zellen ab. Die Entwicklung des Nervensystems scheint ein Zusammenspiel zwischen dem Selbstverzehr von Zellen, ihrer Vermehrung und ihrem Tod zu sein.



Die Grafik zeigt die Energiedichte von Batterien bzw. Akkumulatoren im Vergleich zu den den Brennstoffen der DM- und DE-Brennstoffzellen (Grafik: FhG-ICT/Krausa).

Dass es erst jetzt mit der DEFC weitergeht weist jedoch auf große Probleme hin. So treten – wie bei der DM-Brennstoffzelle auch – „Crossover-Effekte" auf: Brennstoffmoleküle wandern direkt durch die Membran zur Kathodenseite, stehen so nicht zur Energieerzeugung zur Verfügung. Es erweist sich jedoch besonders schwierig, die Verbindung der beiden Kohlenstoffatome im Ethanolmolekül aufzubrechen, eine Zusatzanforderung an die Katalysatorenchemie gegenüber der Methanolzelle. Geeignete Katalysatoren sind noch in der Entwicklung. Verfügbare sind in dem sauren Milieu nicht stabil, bei dem die weit verbreitete PEM-Brennstoffzelle arbeitet (PEM steht für Protonenaustausch-Membran).

An der Hochschule Offenburg hat das Team um Prof. Ulrich Hochberg jetzt eine Technik aufgegriffen, deren Weiterentwicklung in der Fahrzeugtechnik vor 20 Jahren abgebrochen wurde: die alkalische Brennstoffzelle. Sie benötigt reinen Wasserstoff und Sauerstoff zum Betrieb und wurde durch ihren Einsatz in den Raumfahrtprogrammen der 60er und 70er Jahre bekannt. Für die bei „Erdfahrzeugen" praktikable Verwendung von Luftsauerstoff und Ethanol standen damals jedoch keine geeigneten Membranen zur Verfügung. Mit kommerziell verfügbaren Membranen, die mittlerweile zur Abwasseraufbereitung entwickelt worden sind, gelang es nun, eine alkalische Ethanol-Brennstoffzelle ausreichender Größe für eine „Sparwunder-Flunder" zu bauen. Gegenüber herkömmlichen Brennstoffzellen hat die neue Zelle den Vorteil, dass andere, effektivere Katalysatoren eingesetzt werden können. Die DEFC-Zelle wurde für eine erste Testfahrt in den „Schluckspecht" eingebaut. Mit dem Experimentalfahrzeug hatten die Studenten und Forscher aus Offenburg im Mai beim Eco-Marathon des Mineralölkonzerns Shell teilgenommen. Sie erreichten mit dem Fahrzeug, noch angetrieben mit einer kommerziellen PEM-Brennstoffzelle, den 2. Platz in der Fuel cell-Klasse. Mit der Energiemenge eines Liters Benzin wäre „Schluckspecht" 2716 Kilometer weit gekommen!

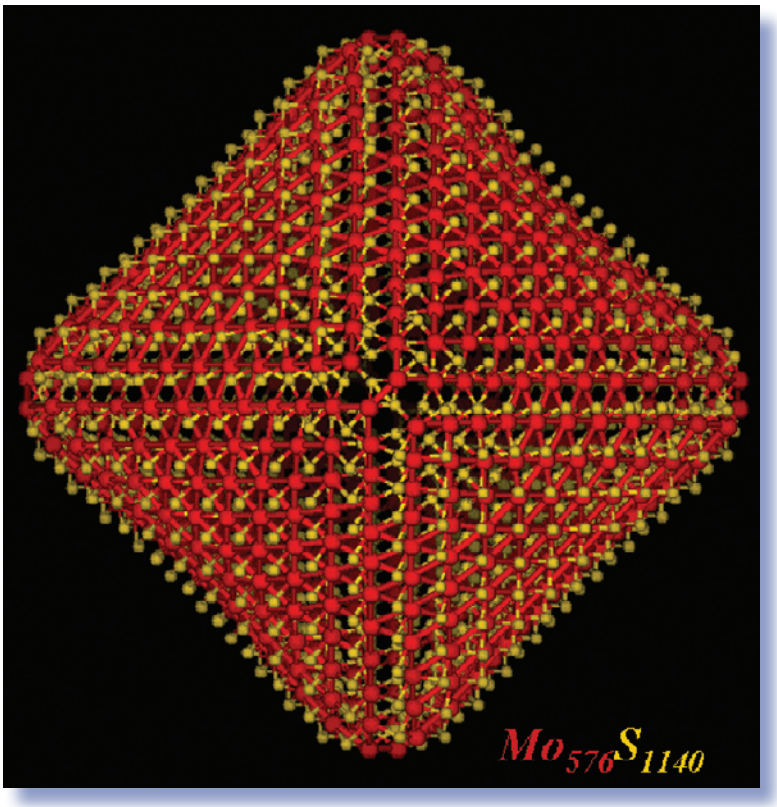
Die Direkt-Ethanol-Brennstoffzelle entwickelte eine Leistung von 30 bis 50 Watt, genug, um das 25 Kilogramm leichte Experimentalfahrzeug mit einem c_w-Wert von 0,17, einer angesrtömten Fläche von 0,237 Quadratmetern und einer Verlustleistung von 14 Watt bei einer Geschwindigkeit von 30 Kilometern pro Stunde anzutreiben. Gegenüber der hoch entwickelten PEM-Zelle liegt die DEFC in der Effizienz jedoch noch deutlich zurück.

Rolf Kickuth

Chemie und Analytik rund um das Auto

Kraftstoff-Entschwefelung: Die Form macht's

Festes Molybdändisulfid (MoS_2) ist ein bekannter und häufig eingesetzter Schmierstoff. Sehr kleine MoS_2-Nanopartikel haben vielfältige weitere Anwendungsmöglichkeiten, zum Beispiel als Katalysator zur Entschwefelung von Kraftstoffen, denn bei MoS_2 variieren die physikalischen und chemischen Eigenschaften deutlich stärker mit der Partikelgröße als bei anderen Materialien. Wissenschaftler konnten jetzt erstmalig zeigen, dass neben der Größe auch die Form der Teilchen für eine Anwendung in der Kraftstoff-Entschwefelung wichtig ist.



Ist stabil herstellbar und hat ein hohes Potential als Katalysator zur Entschwefelung und Entgiftung von Autoabgasen: Ein mehrwandiger MoS_2-Nano-Oktaeder (Abb.: A. Enyashin/TU Dresden).

Seit längerem ist bekannt, dass sehr kleine dreieckige, schwefelreiche MoS_2-Plättchen Kraftstoff entschwefeln können, und dass diese Fähigkeit mit abnehmender Teilchengröße sehr stark ansteigt. Dieser Effekt wurde auf die spezielle Struktur entlang der Kanten dieser regelmäßig dreieckigen Nanoteilchen zurückgeführt. Im Gegensatz zum halbleitenden MoS_2-Festkörper sind diese Kanten elektronisch leitend wie ein Metall. Da die Bindung schwefelhaltiger Verunreinigungen des Kraftstoffs nur an den Kanten der dreieckigen Plättchen erfolgt, interessierte sich ein internationales Team aus Wissenschaftlern der Technischen Universität Dresden, des Forschungszentrums Dresden-Rossendorf und des Weizmann-Instituts in Rehovot, Israel, für die Bindungseigenschaften von größeren MoS_2-Nanoteilchen mit vielen, langen und gut zugänglichen Kanten. Vor allem Oktaeder-förmige Teilchen versprechen nach ihren Ergebnissen ein hohes Potential für die Entschwefelung und Entgiftung von Autoabgasen. Solche Teilchen von der Gestalt einer Doppelpyramide sind weniger aufwendig in der Herstellung als die im Einsatz befindlichen sehr kleinen Plättchen, die quasi wie Nano-Konfetti auf einer Goldschicht hergestellt werden müssen.

Neben der Partikelgröße, so das Ergebnis, bestimmt die dreidimensionale Struktur von MoS_2-Nanoteilchen die chemischen und physikalischen Eigenschaften in entscheidender Weise. Als wichtiges Ergebnis der gemeinsamen Studien konnte über mehrere Größenordnungen hinweg der Zusammenhang zwischen Teilchengröße und -gestalt einerseits und den elektronischen Eigenschaften andererseits erfasst werden: MoS_2-Nanoteilchen wie Plättchen, Fullerene und sogar Nanoröhren mit Abmessungen von mehr als 10 Nanometern sind halbleitend wie der ausgedehnte MoS_2-Kristall. Im Gegensatz dazu existieren im Durchmesserbereich von 3 bis 7 Nanometern regelmäßige, dreidimensionale Strukturen, die aus je acht gleichseitigen Dreiecken zusammengesetzt sind. Für die Kanten und Ecken dieser Nano-Oktaeder sagen die Berechnungen der Dresdner Wissenschaftler ähnliche metallische Eigenschaften voraus wie sie für die kleineren, katalytisch aktiven Nanoplättchen gefunden wurden. Einwandige Nano-Oktaeder mit wenigen Hundert Atomen sind der Berechnung zufolge zwar instabil und wurden bislang auch nicht beobachtet. Mehrwandige, wie eine Matrjoschka-Puppe ineinander geschachtelte Oktaeder sind demgegenüber stabil herstellbar.

DEN ZUSAMMENHANG HABEN WIR BEI DER ENTWICKLUNG NICHT GESEHEN: ETHANOLDÄMPFE HABEN ÜBER DIE KÜNSTLICHE NASE FÜR DIE INNENLUFT-ANALYTIK DAS KÜNSTLICHE NEURONETZ FÜR DIE AUTOMATISCHE STEUERUNG BENEBELT . . . .
Ethanol ENERGIE
SCHLUCKSPECHT 10
AdS'07

Umwelttechnik

Phosphatrückgewinnung aus Klärschlamm

Während die Phosphorvorkommen weltweit zur Neige gehen, verursachen Phosphatrückstände im Wasser Umweltschäden. Wissenschaftler des Instituts für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart arbeiten an einem Verfahren, um Phosphat aus Klärschlämmen zurückzugewinnen. Das so entstehende Magnesiumammoniumphosphat kann die Landwirtschaft als Dünger verwenden.

Täglich gelangen über Waschmittel, menschliche Ausscheidungen und ähnlichem pro Person rund zwei Gramm Phosphor in das Abwasser, die zur Vermeidung von Umweltschäden in den Kläranlagen herausgefiltert werden müssen. Auf der anderen Seite schätzen Fachleute, dass die bekannten und ökonomisch abbaubaren geogenen Phosphorlagerstätten schon in weniger als 100 Jahren erschöpft sind.

Bei der Phosphatgewinnung aus Klärschlamm setzen die Stuttgarter Wissenschaftler am ausgefaulten Schlamm an. Hier fallen mit rund 90 Prozent der Zulauffracht die meisten Phosphate an. Bei dem im Uni-eigenen Forschungsklärwerk in Stuttgart-Büsnau entwickelten Verfahren werden die Phosphate zunächst mit Schwefelsäure gelöst und vom übrigen Schlamm abgetrennt.

Damit Metallionen den Prozess nicht stören, geben die Wissenschaftler der angereicherten Phase Natriumcitrat bei, das viele Metallionen komplexiert. Nach der Zugabe von Magnesiumoxid fällt das Phosphat als Magnesiumammoniumphosphat (MAP) aus. Diese Verbindung hat eine vergleichbare Düngewirkung wie gebräuchlicher Handelsdünger, das Produkt der Rückgewinnung enthält aber deutlich weniger Schwermetalle. Allerdings ist der im Recyclingverfahren gewonnene Phosphordünger bisher noch teurer als der aus geogenen Lagerstätten.

Die Stuttgarter Wissenschaftler setzen darauf, dass MAP bei der nächsten Novellierung der Düngemittelverordnung als mineralischer Mehrstoffdünger aufgenommen wird. Wenn sich ein Markt für MAP etabliert, könnte der Dünger effizienter produziert und mit Erlös verkauft werden. Dann soll das unter Laborbedingungen entwickelte und seit Mai im halbtechnischen Maßstab erprobte Verfahren auch in den anderen Kläranlagen im Land Einzug halten und wirtschaftlich arbeiten.

Lebensmittelanalytik

Haltbarkeit im Produktionsprozess messen

Ein am Fraunhofer IPA entwickelter Sensor kann die Haltbarkeit von Lebensmitteln im Produktionsprozess kontinuierlich messen.

Die Haltbarkeit hängt wesentlich vom Wachstum, der Vermehrung und dem Stoffwechsel von Mikroorganismen ab. Deren Lebensgrundlage ist Wasser. Existieren können Mikroorganismen allerdings nur mit „ungebundenem“ Wasser. Dies erklärt z. B., warum Salz konserviertend wirkt: Das zusätzliche Salz bindet das vorhandene Wasser, welches dann Mikroorganismen nicht länger zur Verfügung steht.

Um beurteilen zu können, wie lange Lebensmittel haltbar sind, wird also ihr Gehalt an ungebundenem Wasser, ihre Wasseraktivität gemessen. Dafür stehen eine Reihe sehr genauer Labormessgeräte zur Verfügung. Was bislang allerdings noch nicht möglich war: die Wasseraktivität direkt im Produktionsprozess zu messen.

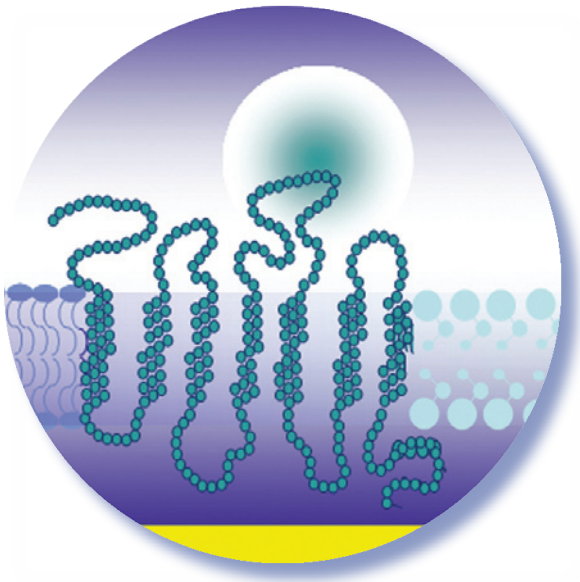
Am Fraunhofer IPA wurde nun ein industrietaugliches Messgerät zur Bestimmung der Wasseraktivität – direkt im Produktionsprozess - entwickelt. Die Entwicklung des Sensors basiert auf den beiden harmonisierten Normen DIN EN 1672-2:2005 und DIN EN ISO 14159. Sie beschreiben den lebensmittelgerechten Entwicklungsprozess und sind die Grundlagen des hygienegerechten Gestaltens.

Der eingesetzte Sensor besteht aus lebensmitteltauglichen Materialien, und zwar sowohl dort, wo er das Produkt berührt, als auch im Spritzbereich. Damit sich keine Lebensmittelrückstände ablagern können, wurden die Schnittstellen zwischen den einzelnen Bauteilen und Baugruppen mit Dichtungen versehen. Hinterschnitte und Toträume wurden konsequent vermieden. Das schützt den Sensor vor Beschädigungen und verhindert insbesondere die Kontamination des Lebensmittels.

Der neue Sensor kann die Wasseraktivität bei der Lebesnsmittelherstellung bestimmen (Foto: FhG IPA).

Membranproteine in künstlichen Strukturen

Riechen wie die Wanderratte



Schematische Darstellung einer synthetischen Membran, die ein Geruchsrezeptormolekül – hier als lange Kette gezeichnet – enthält. An den Geruchsrezeptor bindet ein kugelförmiges Geruchsmolekül. Der linke Teil der Membran besteht aus Lipidmolekülen, der rechte aus einem Blockcopolymer. In Zukunft könnte dieses Polymer die Lipide ersetzen; die Membran wäre dadurch luftstabil (Bild: Max-Planck-Institut für Polymerforschung).

Die Sinne der Lebewesen arbeiten mit verschiedenen Mechanismen: Unter anderem nutzen sie Membranproteine als Rezeptoren. Nun haben Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Polymerforschung und des Max-Planck-Instituts für Biochemie Biosensoren konstruiert, indem sie solche Proteine in künstliche Strukturen eingebunden haben. Die zellfreie Proteinsynthese lieferte ihnen dabei die Membranproteine – direkt aus der genetischen Information, die dem Zellextrakt hinzugefügt wurde.

Die Versuche, Biosensoren aus Membranproteinen herzustellen, scheiterten an den besonderen Eigenschaften dieser Proteine. Sie sind nämlich nicht wasserlöslich. Bislang versuchten Forscher die Proteine erst einmal mit Detergentien aus ihrer Membran herauslösen. Dabei zerstören sie allerdings die besondere Faltstruktur der Proteinmembranen, und genau diese Struktur macht die spezielle Funktion der Proteine aus.

Die Max-Planck-Wissenschaftler fanden nun einen Ausweg. Sie schafften es, die Proteine in eine künstliche Matrix einzubauen und zwar so, als befände sie sich in einer natürlichen Zellmembran: Die Wissenschaftler boten den entstehenden Membranproteinen schon während ihrer Herstellung künstliche Lipidmembransysteme an, die natürlichen Zellmembranen ähnelten. Und tatsächlich lagerten sich die Membranproteine – die Forscher benutzten bei ihren Versuchen Geruchsrezeptoren der Wanderratte aus der Klasse der G-Protein-gekoppelten Rezeptoren – in die künstlichen Membranen ein. Dass die Geruchsrezeptoren auch wirklich biologisch aktiv sind, konnten die Wissenschaftler durch die Bindung von Geruchsstoffen an die Rezeptoren nachweisen.

Das neue Verfahren der Gruppe um Dr. Eva-Kathrin Sinner ermöglicht erstmals die natürlichen Funktionen solcher Membranproteine in situ zu untersuchen. Für die Pharmaforschung ist dieser Ansatz von großer Bedeutung, da so neue Wirkstoffscreenings an Rezeptoren durchgeführt werden können, die bislang noch nicht zugänglich waren. „Wir haben jetzt praktisch eine Gebrauchsanweisung, wie man bisher schwer zugängliche Membranproteine in ihrer aktiven Struktur herstellen und untersuchen kann“, so Sinner. Sie wurde für die Entwicklung dieses Verfahrens mit dem Forschungspreis 2007 zur Förderung der Biotechnologie und Gentechnik der Engelhorn-Stiftung ausgezeichnet.

Software erkennt Strukturformeln

Forscher am Fraunhofer-Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen SCAI haben eine Software entwickelt, die chemische Strukturdarstellungen erkennt, rekonstruiert und in ein maschinenlesbares Format umwandelt.

„chemoCR“ wird künftig gemeinsam mit der Münchner Firma InfoChem GmbH weiter entwickelt und vermarktet. Mit der neuen Software ist es nun erstmals möglich, in hohem Durchsatz aus den umfangreichen Sammlungen wissenschaftlicher Publikationen und aus Millionen von Patenten die in Bildern vorliegende chemische Strukturinformation in ein maschinenlesbares Format zu überführen.

Quecksilber aus Waldbränden

Bei Linienflügen von Frankfurt nach Santiago de Chile via São Paulo gelang es Wissenschaftlern erstmalig, Abluftfahnen von großflächigen Waldbränden mit erhöhten Quecksilberkonzentrationen zu beobachten.

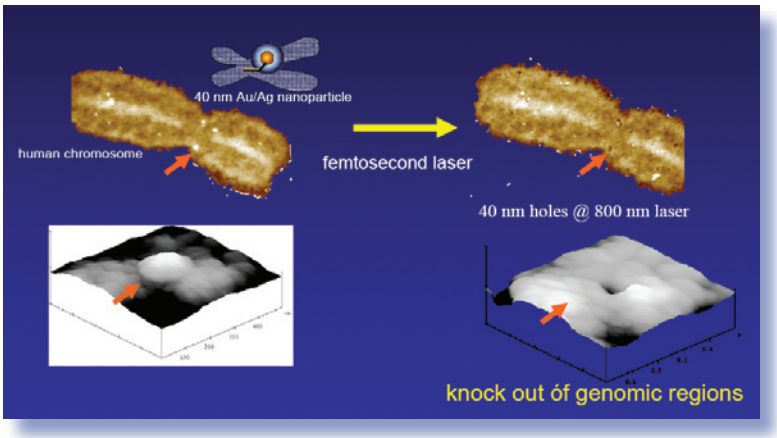
Die Forscher des MPI für Chemie sowie des GKSS-Forschungszentrum haben mit dem fliegenden Luftbeobachtungssystem CARIBIC an Bord eines Lufthansa-Airbus 340-600 den Ursprung von Quecksilber in der Atmosphäre untersucht. Sie konnten nun zeigen, dass die Quecksilberfreisetzung durch Biomasseverbrennung in der südlichen Hemisphäre die bisher bekannten anthropogenen Emissionen zum Teil deutlich übersteigt.

Molekulare Laserchirurgie

Gezielte Inaktivierung von Genabschnitten

Durch eine Kombination aus Laser-Licht und Nanopartikel werden erstmals Bohrungen und Schnitte 2000 mal feiner als die Breite eines Haares möglich. Gezielt lassen sich so einzelne Bestandteile menschlicher DNA oder von Tumorzellen inaktivieren.

Es ist nicht der Lichtstrahl selbst, der Löcher in Chromosomen brennt oder in einzelne Moleküle schneidet. Auf einen so winzigen Punkt lässt sich das Laserlicht nicht mehr fokussieren. Mit einem Kunstgriff ist Prof. Karsten König vom Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik (IBMT) in St. Ingbert jetzt gemeinsam mit Kollegen der Firma JenLab GmbH und vom Jenaer Institut für Photonische Technologien der Durchbruch gelungen: Der Biophysiker nutzt die Wechselwirkung zwischen Nanopartikeln und Licht. Hierzu wird ein Nano-Metallkügelchen mit Hilfe molekularbiologischer Methoden an die Gensequenz gebunden, die ausgeschaltet werden soll. Das Licht des Femtosekundenlasers – ultrakurze Laserpulse im nahen infraroten Spektralbereich – trifft ähnlich einem Scheinwerfer auf die Umgebung des Chromosoms. Der Nanopartikel fängt das Licht auf, erwärmt sich und brennt ein nur 40 Nanometer großes Loch exakt in diese Stelle. „Optical knock-out“ nennen das die Wissenschaftler. Die umliegenden Teile des Chromosoms bleiben dabei unbeschadet. So lassen sich wohl zukünftig in der Gentherapie bestimmte genomische Bereiche der DNA, etwa solche, die einen genetischen Defekt verursachen, gezielt inaktivieren.



Molekulare Laserchirurgie mit „Optical knock-out“: Nano-Bohrung in ein einzelnes Chromosom (Abb.: König/IBMT, Czaki, Fritzsche/IPHT Jena).

Durchsichtige Displays

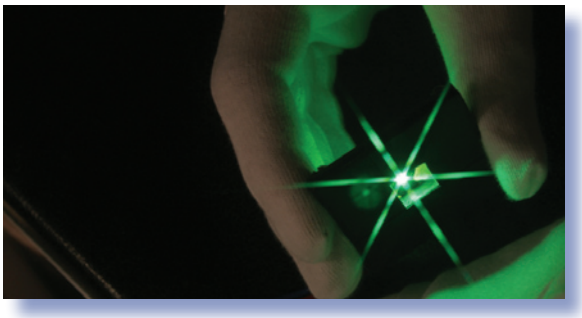
Mit amorphen Metalloxiden und OLED

Jetzt gibt es Displays, die durchsichtig sind. Damit eröffnen sich neue Möglichkeiten für Anwendungen der Augmented Reality. Erweiterte Realität könnte in praktisch allen Bereichen des Alltags zum Einsatz kommen.

Konventionelle Flüssigkristall- und Plasma-Displaytechnologien kennzeichnet eine Licht-undurchlässige Si-Treiberelektronik. OLED mit transparenten Kontakten verfügen dagegen über eine Transparenz im sichtbaren Spektralbereich und erobern bereits seit einigen Jahren Marktanteile z.B. in MP3-Playern und Mobiltelefonen. Sie versprechen als Konkurrenz zum etablierten LCD-Bildschirm eine höhere Farbbrillanz, ein geringeres Gewicht sowie niedrigere Herstellungskosten.

Doch vollständig transparente Bildschirme waren bisher eine pure Vision aus Science-Fiction-Filmen oder Animationen von Automobilherstellern. Aufgrund der stromzuführenden Metallschichten war auch die Transparenz der OLED deutlich begrenzt. Die Display-Arbeitsgruppe am Institut für Hochfrequenztechnik der TU Braunschweig (IHF) unter der Leitung von Dr. Hans-Hermann Johannes hat diese Metallschichten durch amorphe Metalloxide (Oxid-Halbleiter) ersetzt und erreicht damit eine Transparenz der OLED von bis zu 70 Prozent. Die Elektronik-Arbeitsgruppe um Dr. Thomas Riedl kombinierte diese mit einer transparenten Treiberelektronik, so dass ein transparentes Aktiv-Matrix Display entsteht, das eine bislang unerreichte Effizienz von bis zu 70 cd/A erzielt.

Mit der Augmented Reality könnten sich Monteure den nächsten Arbeitsschritt direkt in ihr Sichtfeld einblenden lassen, oder Chirurgen lassen sich Röntgenbilder direkt über das OP-Gesichtsfeld legen.



Transparente OLED. Ihre Entwickler erhielten jetzt den mit 15 000 Euro dotierten Kaiser-Friedrich-Forschungspreis 2007 (Foto:: IHF/TU Braunschweig).

Der schnellste Trockner der Welt: der Mikrowellen-Trockner

Der Mikrowellen-Trockner ist 100 mal schneller als der Trockenschrank: Feuchtegehalte werden in Minuten entzogen. Das SMART System 5 trocknet die Probe mittels fokussierter Mikrowelle auf der eingebauten Waage als direkte Meßmethode (ohne langwierige Kalibrierung). Dabei ermittelt das Analysensystem während des Trocknungsprozesses permanent den Gewichtsverlust und regelt die Trocknungsenergie am Endpunkt herunter. Eine optimale Luftstromführung beschleunigt das Trocknen von Proben indem der Wasserdampf rasch abgeführt wird. Ein Verbrennen oder Zersetzen der Probe wird durch die Temperatursteuerung verhindert. Das SMART System 5 wurde für die Prozesskontrolle konstruiert – die Bedienung ist einfach und durch eine deutschsprachige Software zudem äußerst komfortabel. Typische Anwendungsgebiete: Lebensmittel (Fleisch, Wurstwaren, Soßen, Pasten, Dosennahrung), Tiernahrung (Katzen- und Hundefutter), Molkereiprodukte (Käse, Eiscreme, Joghurt, Butter, Quark), Papier und Pulp, Latex, Farben und Lacke, Kleber, Harze, Pharmazeutika Industriechemikalien, Dispersionen, Schlamm, etc

CEM Mikrowellen-Labortechnik GmbH
47475 Kamp-Lintfort
Tel. +49 2842 9644 0
Fax +49 2842 9644 11
www.cem.de

Zweiphasen-Pipettenfilterspitzen zum Schutz gegen Aerosole

Eppendorf, einer der weltweit führenden Hersteller von Liquid Handling-Verbrauchsmaterialien für wissenschaftliche Labors, stellt die neuen ep Dualfilter T.I.P.S. vor, die ersten Zweiphasen-Pipettenfilterspitzen. Die neuen Doppelschicht-Filterspitzen schützen Pipetten und Proben mit höchster Wirksamkeit vor unbeabsichtigter und unbemerkter Verunreinigung durch Aerosole und Spritzer. Die erste, weiße Schicht hält Tröpfchen, Spritzer und größere Aerosole zurück, während die zweite, blaue Schicht Biomoleküle bindet.

Beim Pipettieren kann ein unzureichender Schutz vor Aerosolen zu falsch-positiven Ergebnissen – insbesondere bei der PCR – führen, Zellkulturen verfälschen oder Medienzubereitungen verunreinigen. Bei der Verarbeitung infektiöser Proben kann durch eine Kontamination darüber hinaus eine Gesundheitsgefahr entstehen.

Die innovativen ep Dualfilter T.I.P.S. von Eppendorf bilden den neuen Goldstandard für den Aerosolschutz beim Pipettieren und stellen einen bedeutenden Schritt hin zu sicheren und gesunden Laborverfahren dar.

Eppendorf AG
22331 Hamburg
Tel. +49 40-53801-640
Fax +49 40-53801-556
E-mail:doerler.b@eppendorf.com ·
Internet: www.eppendorf.com

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

Steris GmbH
Kalscheurener Str. 92
D-50354 Hürth/Germany
Tel. 02233 6999-0
Fax 02233 6999-10

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

Kendro Laboratory Products GmbH
Heraeusstr. 12-14, D-63450 Hanau
Tel. 01805 536376 Fax 01805 112114
www.kendro.de, info@kendro.de

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

Kendro Laboratory Products GmbH
Heraeusstr. 12-14, D-63450 Hanau
Tel. 01805 536376 Fax 01805 112114
info@kendro.de, www.kendro.de

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

Leitfähigkeits-Messgeräte

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

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

Bezugsquellenverzeichnis

Mikroskope

hund WETZLAR

Labor- und Routine-Mikroskope
Stereolupen und Stereomikroskope

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

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

Optische Tauchsonden

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

Partikelanalyse

LOT
☎ 06151/8806-0
Fax 06151/896667
www.LOT-Oriel.com

pH-Messgeräte

HANNA instruments Deutschland GmbH

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

Reiniugungsmittel für Laborglas

ROTH

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

Sauerstoff-Messgeräte

HANNA instruments Deutschland GmbH

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

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

Temperatur-Messgeräte

HANNA instruments Deutschland GmbH

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

Thermometer

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

Vakuumkonzentratoren

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

CLB-Geschichte

Forts. von Umschlagseite 3

Akarizide

Schon die Phosphorsäureester können wegen ihrer im allgemeinen guten Wirkung gegen Spinnmilben zugleich als Akarizide bezeichnet werden. In jüngster Zeit wurden jedoch von der Industrie noch Spinnmilben-Spezialmittel entwickelt: Die Chlorbenzilate und die Chlorbenzolsulfonate.

Das Chlorbenzilat ist chemisch ein Dichlorbenzilsäureäthylester von der Formel $C_{16}H_6O_3Cl_2$, die Chlorbenzolsulfonate sind p-Chlorphenylbenzolsulfonate bzw. p-Chlorphenyl-p-chlorbenzolsulfonate mit den Formeln $C_{12}O_3SCl$, bzw. $C_{12}O_3SCl_2$. Beide Stoffe sind für Nutzinsekten und ihre Eistadien, ferner für Bienen und für Warmblüter völlig ungefährlich. Sie töten nur die Spinnmilben, und zwar deren Imagines und Sommereier, nicht dagegen die Wintereier ab. Sie besitzen eine lange Wirkungsdauer (etwa 2 bis 3 Wochen). Ein erst in allerjüngster Zeit in den USA aufgefundenes Akarizid ist das Kelthane, ein Dichlorphenyltrichloräthanol. Es ist in seiner Wirkung und Harmlosigkeit für Menschen und die natürlichen Feinde der Spinnmilben den vorgenannten Spezial-Spinnmilbenmitteln sehr ähnlich. Alle diese Mittel stellen fraglos einen großen Fortschritt dar; insbesondere auch deswegen, weil sie — man kann fast sagen: in jeder Beziehung — der Forderung der Wissenschaft nach Spezial-Präparaten entsprechen. Sonst liegen mit diesen Mitteln noch zu wenig Erfahrungen vor, als daß man schon abschließend über sie urteilen könnte.

Kombinationen

Z. Zt. wird von der Pflanzenschutzmittel herstellenden Industrie sehr viel gemischt, weil solche Kombinationen wenigstens zum Teil einen erheblichen Fortschritt bedeuten. Ich erwähne hier nur die Kombinationen DDT + Lindan oder Toxaphen + Lindan oder Chlordan + Lindan oder Kombinationen von chlorierten Kohlenwasserstoffen + Phosphorsäureestern usw., bei denen sich nicht nur die verschiedenen Eigenschaften, wie z. B. schnelle Anfangswirkung (Lindan) und lange Wirkungsdauer (DDT), einfach addieren, sondern bei denen auch noch eine deutliche Wirkungssteigerung der Einzelkomponenten auftritt. Man spricht hier von einer sogenannten synergistischen Wirkung. Diese Feststellung ist außerordentlich wichtig und steigert den Wert vieler heutiger Kombinationsmittel in nicht geringem Maße.

Erläuterung zum Titelbild: Das Bild zeigt Kristalle aus reinem Silicium. Die *DuPont Company*, die uns das Bild zur Verfügung stellte, produziert seit einigen Jahren Silicium. Silicium wird nämlich neuerdings für Transistoren, „Sonnenlichtbatterien" und andere elektrotechnische Zwecke in hoher Reinheit benötigt. Obgleich Silicium nach Sauerstoff das verbreitetste Element der Erdrinde ist — die uns zugängliche Erdrinde besteht zu etwa einem Viertel ihres Gewichtes aus Silicium — kommt es doch nicht frei, sondern nur gebunden vor (Silicate, Siliciumdioxyd). Die Darstellung in der außergewöhnlich hohen Reinheit ist kostspielig, weshalb der Preis für solche Siliciumkristalle vergleichsweise etwa dem von Gold entspricht.

Fortsetzung von Umschlagseite 2

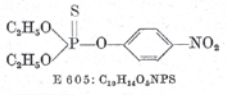
benen Konzentration und bei Einhaltung der geforderten Schutzmaßnahmen für Mensch und Haustier relativ ungefährlich sind. Doch ist zu bedenken, daß alle diese Stoffe lipoidlöslich sind und sich im Fett des menschlichen oder tierischen Körpers bei häufiger Aufnahme mehr oder weniger stark anreichern. Der Landwirtschaft muß daher im Interesse der Konsumenten bei allen diesen Mitteln immer wieder nahegelegt werden, eine gewisse Wartezeit zwischen letzter Behandlung und Ernte entsprechend unserem Wissen über die Beständigkeit der Mittel in und an der Pflanze einzuschalten. Dies gilt auch für die gleich noch zu besprechenden Phosphorsäureester, dabei insbesondere für die systemischen Mittel vom Typ „Systox" und „Metasystox". Bestimmungen hierüber und über die Höhe der Rückstände auf den Ernteprodukten, wie sie die Amerikaner haben, gibt es bei uns noch nicht, sind aber mit dem in Kürze neu erscheinenden Lebensmittelgesetz zu erwarten. Bei Umgang mit den konzentrierten chlorierten Kohlenwasserstoffen ist überall, aber ganz besonders bei den Aldrin- und Endrin-Präparaten allergrößte Vorsicht geboten!

Die Toxizitätswerte (LD 50)[1]) für die Wirkstoffe der chlorierten Kohlenwasserstoffe, gewonnen bei der Ratte durch Verfütterung, betragen bei:

	mg/kg Körpergewicht
DDT	250
Chlordan	460
Lindan	125
Heptachlor	90
Dieldrin	87
Toxaphen	69
Aldrin	67
Endrin	10-12

Die Phosphorsäureester

Mit der Entdeckung dieser Gruppe von Insektiziden gelang den *Farbenfabriken Bayer*, Leverkusen, während des letzten Krieges — man kann wohl sagen — ein ganz großer Wurf. Wenn sie auch giftig, sogar z.T. sehr giftig sind, setzte doch mit der Auffindung dieser Gruppe eine ganz neue Entwicklung von Insektizidtypen ein, die über die heute als weniger giftig bekannten Phosphorsäureester Chlorthion, Diazinon, Malathion und Dipterex bis zu den zwar wieder giftigeren, aber außerordentlich wichtigen systemischen Insektiziden Systox und Metasystox führte.



E 605: $C_{10}H_{14}O_4NPS$

Parathion.

Das Phosphorsäureester-Standard-Mittel, das nach dem Kriege die Welt aufhorchen ließ, war das *E 605* = Diäthyl-p-nitrophenylmonothiophosphat.

[1]) Als LD 50-Wert bezeichnet man bei Tierversuchen diejenige Dosis eines toxischen Stoffes, durch die 50% der Tiere sterben.

Die ganze Gruppe, zu der mittlerweile mehrere dem E 605 chemisch verwandte Mittel hinzugekommen sind, nennt man heute Parathion. Parathion besitzt Atem-, Fraß- und Kontaktgiftwirkung und bei einigen Schädlingen sogar eine ovizide oder wenigstens eine ovolarvizide Wirkung.[2]) Die sicherste Wirkung entfaltet es bei Temperaturen von über 10-14°C. Seine Dauerwirkung ist sehr gering. Glücklicherweise; es wird in und auch an der Pflanze innerhalb von 3-4 Tagen entgiftet, so daß nach dieser Zeit für den Konsumenten beim Genuß Parathion-behandelter Produkte keine Gefahr mehr besteht. Die Liste der Schädlinge, die mit Parathion bekämpft werden können, ist sehr groß; sie reicht von den Schmetterlingen über die Käfer und Blattläuse, Schild- und Schmierläuse, Milben bis zu den im Blatt minierenden Fliegenlarven und sogar zu den Blatt- und Wurzelälchen. Parathion wird von den Pflanzen im allgemeinen gut vertragen. Lediglich im Zierpflanzenbau hat man in den letzten Jahren verschiedene Parathion-empfindliche Pflanzen kennengelernt. Für den Obstbau ist wichtig zu wissen, daß Parathion nicht die Raubmilben, die Räuber der Roten Spinne, abtötet; es stört also nicht das biologische Gleichgewicht.

Die relativ hohe Giftigkeit der Parathion-Präparate ließ die Industrie nicht ruhen, nach weit weniger giftigen Phosphorsäureestern zu suchen. Dies gelang dann auch bald einigen Firmen *(Bayer, Geigy, Howard)* mit dem Chlorthion, Diazinon, Malathion und Dipterex. Chemisch sind diese Stoffe dem Parathion ähnlich. So ist z. B. das Malathion ein Dimethyl-dicarbäthoxyäthyldithiophosphat von der Formel $C_{10}H_{19}O_6S_2P$, das Diazinon ist der Thiophosphorsäure-[2-isopropyl-4-methyl-pyrimidyl-(6)]-diäthylester der Formel $C_{12}H_{21}O_3N_2PS$ und das Dipterex ein Dimethylester der Oxychloräthanphosphorsäure von der Formel $C_4H_8O_4Cl_3P$. Der große Fortschritt dieser Stoffe liegt, wie gesagt, in ihrer erheblich verminderten Giftigkeit für Mensch und Haustiere.

Giftigkeit

In der nachfolgenden Tabelle sind die Toxizitätszahlen für diese weniger giftigen Phosphorsäureester in gleicher Weise wie vorhin für die chlorierten Kohlenwasserstoffe zusammengestellt. Die Zahlen stellen wieder LD 50-Werte[1]) dar, gewonnen an Ratten bei Verfütterung. In diese Aufstellung wurden auch schon die nachher zu besprechenden System-Insektizide „Systox" und „Isolan" mit hineingenommen.

Das Chlorthion hat bei uns im Pflanzenschutz bisher eigentlich kaum mehr als Literaturbedeutung erlangt. Mit den 3 anderen Untergruppen arbeitet die Praxis dagegen schon sehr viel. Grob gesagt, können sie im Pflanzenschutz fast überall dort angewendet werden, wo man Parathion nimmt, d. h. also vornehmlich bei der Bekämpfung saugender Insekten. Aus den Erfahrungen der letzten Jahre weiß man jedoch heute, daß kleine Wirkungsunterschiede

[2]) Ovizide Wirkung = eitötende Wirkung; ovolarvizide Wirkung = eilarventötende Wirkung.

	mg/kg Körpergewicht
Parathion (E 605)	6,5
Systox	7,5 (Metasystox 10 × weniger giftig)
Isolan (in Emulsionsform)	ca 10
Resitox (Spezialmittel gegen resistente Fliegen)	125
Diazinon	240
Dipterex	625
Chlorthion	625
Malathion	1845

bei ihnen bestehen. So soll z. B. das Malathion nach neueren Erfahrungen bei Spinnmilben und auch bei Rübenfliegenlarven nicht ganz befriedigen. Vielleicht besitzt es eben nicht die erforderliche Tiefenwirkung. Auch gegen die Maden der Kohlfliege und der Möhrenfliege reicht die Wirkung nicht ganz aus. Andererseits kann man wiederum mit Malathion ganz besonders gut die Grüne Apfelblattlaus und vor allem die Gewächshausschildläuse vernichten, was beispielsweise mit Parathion wieder nicht 100%ig gelingt. Diazinon und Dipterex eignen sich besonders gut zur Rübenfliegenbekämpfung. Außerdem sind sie dabei, sich wegen ihrer verminderten Giftigkeit im Gemüsebau Freunde zu schaffen. Im Ausland spielen sie eine ganz große Rolle bei der Bekämpfung der Mittelmeerfruchtfliege und anderer Großschädlinge. Im Zierpflanzenbau verwendet man sie besonders bei den Parathion-empfindlichen Kulturen. Wichtig ist vielleicht noch, daß Diazinon — ebenso wie Parathion — Raubmilben schont. Gegen Tipula und Engerlinge sind Malathion und Diazinon nicht ausreichend wirksam. Man sollte aber auch nicht zuviel von den einzelnen Mitteln verlangen. Außerdem will man ja heute zur Erhaltung des biologischen Gleichgewichtes mehr und mehr Spezial-Mittel. Zu erwähnen ist noch, daß sämtliche Phosphorsäureester gegen den Kartoffelkäfer unwirksam sind.

Wie alle Phosphorsäureester dringen auch Malathion, Diazinon, Dipterex in die Pflanze ein. Sie werden dort mit kleinen Unterschieden schon nach einigen Tagen wieder abgebaut. Geschmacksbeeinträchtigungen sind bisher bei keinem dieser Mittel — ebenso wenig wie beim Parathion — bekannt geworden.

Isolan.

Besitzen schon die eben erwähnten Phosphorsäureester eine gewisse innertherapeutische Wirkung, so trifft dieses für das kürzlich von der Fa. *Geigy* entwickelte Isolan in verstärktem Maße zu. Das Isolan ist ein Isopropyl-methyl-pyrazol-dimethylcarbamat. Es entspricht in seiner Giftigkeit, wie aus der vorstehenden Tabelle zu ersehen ist, etwa dem Parathion. Das einzige Mittel dieser Art, das „Primin", wird von der Herstellerfirma *Spieß-Urania* vor allem gegen schwer bekämpfbare Blattlaus- und Blutlausarten empfohlen. Es verbindet dabei eine besonders rasche Wirkung mit Tiefen- und Dauerwirkung.

Als Wartezeit wird eine Zeit von mindestens 3 Wochen angegeben, d. h. also, daß es bis höchstens 3 Wochen vor der Ernte verwendet werden darf.

Systox und Metasystox.

Mittel mit ausgesprochener und lang anhaltender Systemwirkung sind das Systox und das Metasystox der *Farbenfabriken Bayer*. Sie wandern — wie der Name andeuten soll — im Pflanzensystem mit dem Transpirations- und Assimilationsstrom und töten alle Schädlinge, die an den Pflanzen saugen und dabei durch den Rüssel mit dem Gift im Innern der Pflanze in Berührung kommen, z.B. Blattläuse, Schildläuse, Spinnmilben usw., in wenigen Stunden ab. Eine Kontaktgiftwirkung des äußeren Spritzbelages gibt es z. B. beim Systox praktisch überhaupt nicht, da das Mittel schon nach wenigen Stunden vollständig in die Pflanze eingedrungen ist. Als Vor- und Nachteil zugleich ist ihre große Beständigkeit in der Pflanze, die je nach Temperatur, Wachstumsintensität bis zu 4 und mehr Wochen betragen kann, anzusehen; als Vorteil deswegen, weil hierdurch noch später zuwandernde oder aus dem Ei schlüpfende Schädlinge mit Sicherheit abgetötet werden — Systox hat sich vor allem im Rübenbau zur Bekämpfung virusübertragender Läuse und im Obstbau zur Bekämpfung der Roten Spinne ausgezeichnet bewährt — und als Nachteil, weil dadurch die Entgiftung sehr lange Zeit erfordert. Im Gemüsebau ist daher ihre Anwendung nicht zu verantworten. Beide Mittel werden von der Herstellerfirma auch nicht für diesen Zweck empfohlen. Im Obstbau darf es nur mit einer mehrmonatigen Wartezeit vor der Ernte benutzt werden.

Systox darf wegen seiner großen Giftigkeit und leichten Verdampfbarkeit niemals ohne Gasmaske verspritzt werden. Überhaupt sind beim Arbeiten mit Systox die von der Herstellerfirma eigens hierfür herausgegebenen Richtlinien genauestens zu beachten. Metasystox ist etwa 10 mal weniger giftig. Es darf daher nach Angaben der Herstellerfirma ohne Atemschutzgerät verspritzt werden. Es wird im wesentlichen gegen die gleichen Schädlinge angewendet wie Systox und kann auch in der Wirkung mit diesem etwa gleichgesetzt werden. Es darf jedoch nicht als Blütespritzmittel verwendet werden, da es eine, wenn auch nur kurze Rückstandwirkung besitzt, also langsamer als Systox in die Pflanze eindringt und die Bienen gefährden würde. Systox darf, wenn es abends nach dem Bienenflug verspritzt wird, so daß es bis zum Morgengrauen bereits in die Pflanze eingedrungen ist, als Blütespritzmittel benutzt werden.

Die Phosphorsäureester sind ausgesprochene Enzymgifte; hierauf beruht auch ihre Toxizität für Mensch und Haustier. Sie blockieren im Körper die Cholinesterase, so daß das bei der Impulsübertragung vor allem in den motorischen und parasympathischen Nerven freiwerdende, giftigwirkende Acetylcholin nicht sofort wieder inaktiviert wird. Damit kommt es zu schweren Vergiftungserscheinungen. Der gleiche Vorgang spielt sich übrigens im Insekt ab und verursacht dadurch auch dessen Vergiftung.

NEWS ANALYTIK

ONLINE-STELLENMARKT

Die Stellenbörse für Wissenschaftler und Techniker im Labor.

- 200.000 Seitenabrufe monatlich
- kostenloser wöchentlicher E-Mail-Newsletter mit 2.400 Abonnenten
- kostenlose Veröffentlichung von Stellengesuchen
- kostenlose Veröffentlichung von Stellenangeboten an Universitäten und gemeinnützigen Forschungseinrichtungen
- Unternehmen inserieren Ihre offenen Stellen schon ab **99,- Euro**

Weitere Informationen und zahlreiche aktuelle Ausschreibungen finden Sie online unter **http://www.analytik-news.de**

NEWS ANALYTIK