

CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

Analytik

Biotechnik

Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung

- Komplexe Systeme
- Chemie-Industrie
- Metal Organic Frameworks
- Nanochemie-Experimente

Eindrücke zur chemischen Industrie vor 44 Jahren gibt dieser Artikel aus CLB 12-1965. Er entstand aus einem Vortrag des ehemaligen BASF-Vorstandsvorsitzenden Carl Wurster.

500

Die heutige Bedeutung der Benzolchemie*)

Von Prof. Dr. Carl Wurster, BASF, Ludwigshafen
Von 3 Gramm Benzol zu 5 Millionen Tonnen im Jahr

3 Gramm waren die ersten Mengen Benzol, über deren Isolierung *Michael Faraday* in einem Vortrag vor der *Royal Chemical Society* in London am 16. Juni 1825 berichtete.

1890 konnte bei der Festversammlung zum 25jährigen Jubiläum der *Kekulé-Benzolformel August Wilhelm von Hofmann* bereits berichten, daß die Jahresproduktion an Benzol 200 000 Zentner, also 10 000 t betrug. *Kekulé's* Benzoltheorie hatte Licht in die empirisch gefundenen Prozesse der Teerfarbenfabrikation gebracht und so ihrer Ausdehnung starke Impulse gegeben. Das gilt auch für eine Reihe von durch *Kekulé* selbst experimentell gefundenen Reaktionen, z. B. auf dem Gebiet der Azoverbindungen. *Kekulé's* Interesse an der Weiterverfolgung oder gar wirtschaftlichen Auswertung solcher Erkenntnisse hörte allerdings nach Aufklärung einer Reaktion für ihn meist auf.

Heute dürfte die jährliche Benzolproduktion der westlichen Welt — Zahlen aus den Ostblockländern stehen mir nicht zur Verfügung — bei 5 Millionen t liegen, also dem 500fachen der Menge zur Zeit des „Benzolfestes“ vor 75 Jahren. Das entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von knapp 9%. Von den rund 5 Millionen t wurden 1964 etwa 4 Millionen t, also 4/5, für chemische Zwecke gebraucht, wahrhaft ein eindrucksvoller Beweis, wie ein großer Gedanke eine ganze Wissenschaft durchdrungen und diese Wissenschaft und die Wirtschaft über Jahrzehnte hinaus beflügelt hat. Der Rest geht zu einem unbedeutenden Teil in Lösungsmittel, im wesentlichen aber in den Treibstoffsektor zur Erhöhung der Klopfestigkeit des Benzins.

Über hunderttausend zum Teil auch technisch sehr wichtige Benzolabkömmlinge sind bis heute dargestellt worden, Benzolhomologe und -derivate, wie z. B. Naphthalin und Anthracen mit ihren Folgeprodukten, und alle Heterocyclen eingeschlossen.

Farbstoffe

Kekulé's Benzoltheorie hatte ihre erste große wirtschaftliche Auswirkung im damals neuauftretenden Gebiet der synthetischen Farbstoffe. 1856 entdeckte der Engländer *William Henry Perkin* das Mauvein als ersten künstlichen Farbstoff. 1859 fand der Franzose *Emanuel Verguin* durch Oxydation toluidinhaltigen Anilins mit Zinnchlorid das rote Fuchsin. 1860 wurde Anilinblau von *August Wilhelm von Hofmann* synthetisiert. Mit dem Beginn der systematischen Betrachtung und Bearbeitung der Farbstoffchemie folgten dann 1868 Alizarinrot, die Azo-, Triphenylmethan- und Anthrachinonfarbstoffe, in den 90er

*) Auszug aus dem Festvortrag anlässlich der *Kekulé-Feier* im Rahmen der Hauptversammlung der *Gesellschaft Deutscher Chemiker* in Bonn am 13. September 1965.

Die heutige Bedeutung der Benzolchemie

501

Jahren der synthetische Indigo und nach und nach die Palette der Dispersions-Phthalocyanin- und Reaktivfarbstoffe.

1913 wurden rund 85% aller synthetischen Farbstoffe in Deutschland hergestellt; an zweiter Stelle lagen die Schweizer Farbstoffproduzenten, die ebenfalls früh die Bedeutung dieses Gebietes erkannt hatten.

Vom volkswirtschaftlichen Standpunkt ist am Beispiel Indigo immer wieder interessant, daß Deutschland 1896, also ein Jahr vor Erscheinen des synthetischen Indigos auf dem Markt, 2000 t Indigo einfuhrte, 10 Jahre später schon 13 000 t und 1913 bereits 33 000 t Indigo exportierte.

Insgesamt dürften in der Welt 1964 etwa 500 000 t Farbstoffe, berechnet als Handelsware, hergestellt worden sein; davon entfielen auf Schweiz, Großbritannien, Frankreich, Italien, die USA und die Bundesrepublik Deutschland etwa 55%; dem Werte nach ist der Anteil dieser sechs Länder höher, da die auf den gesamten Ostblock einschließlich Rotchina entfallende Menge von etwas mehr als 30% im Qualitätsdurchschnitt nicht den Erzeugnissen der westlichen Länder entspricht.

Veranschlagen wir den Wert der Weltfarbstoffproduktion von 500 000 t auf etwa 1,5 Milliarden US-Dollar, so ist das ein Anteil von nur etwa 1 bis 2% an der Weltchemieproduktion. Wollte man deshalb die Bedeutung der Farbstoffherstellung unterschätzen, so würde man allerdings zu ganz falschen Schlüssen kommen. Viele Zweige der chemischen Industrie haben sich mit dem Aufkommen der Farbstoffindustrie entwickelt. Gleiche oder ähnliche wie die für Farbstoffe benötigten Ausgangssubstanzen haben für pharmazeutische und andere Bereiche Bedeutung bekommen und so den Aufbau führender Chemieunternehmen in dieser Hinsicht in starkem Maße beeinflusst. Darüber hinaus führte die Ausweitung der Farbstoffherzeugung und die mit ihr unmittelbar verbundene Gewinnung von Zwischenprodukten zu einer erhöhten Produktion anorganischer Erzeugnisse, in sehr vielen Fällen auch zu neuen verfahrenstechnischen Entwicklungen bis zur Katalyse und Hochdrucksynthese, ohne die die moderne Chemie nicht mehr denkbar wäre. Auch heute noch ist — das sei besonders betont — die wissenschaftliche Beschäftigung auf dem Farbstoffgebiet im Hochschul- und Industrielaboratorium eine ganz besonders wertvolle experimentelle Schule; sie bringt laufend eine auch nicht minder wertvolle Bereicherung unseres Wissens über theoretische Zusammenhänge, z. B. über die konstitutiven Beziehungen zwischen Farbstoff und Faser u. a. m.

Kunststoffe und Synthesekautschuk

Eine zweite Phase in der Entwicklung der aromatischen Chemie setzt nach der Jahrhundertwende ein, die Synthese von Kunststoffen und Kautschuk. 1901 stellte der deutsche Lackfabrikant *Louis Blumer* erstmals technisch ein Phenolformaldehyd-Lackharz her, im selben Jahr der Engländer *Watson Smith* ein Glyptalharz. 1904 meldete der Prager *Arnold Allers* das erste Patent für Anilinformaldehydharze an, das ihm 1906 erteilt wurde.

502

Die heutige Bedeutung der Benzolchemie

Den entscheidenden Durchbruch bis zur technischen Fabrikation erzielte der gebürtige Genter *Leo Hendrik Baekeland* (1863—1944) mit der Auffindung der Phenolformaldehyd-Preßmassen in den USA.

Ich nenne als Markstein noch das Jahr 1926, in dem *Hermann Staudinger* seinen grundlegenden Vortrag über die Chemie der hochmolekularen organischen Stoffe im Sinne der *Kekulé'schen* Valenzlehre und der von ihm postulierten konstanten Vierwertigkeit des Kohlenstoffatoms hielt.

1930 wurde in der BASF in Ludwigshafen erstmalig die Produktion von Styrol und Polystyrol in technischem Maßstab aufgenommen; viele Jahre mühevoller Einführungsarbeit bedurfte es jedoch, ehe Polystyrol als Kunststoff in großen Mengen Bedeutung erlangte.

Zunächst stand für Styrol zusammen mit Butadien die Entwicklung des synthetischen Kautschuks im Vordergrund. 1937 wurden in der ganzen Welt etwa 2500 t Styrol-Butadienkautschuk erzeugt, heute sind es in der westlichen Welt etwa 2,25 Millionen t, entsprechend einem Wert von etwa 1,1 Milliarden US-Dollar, bei einer Synthesekautschukherzeugung von insgesamt etwa 3 Millionen t. Rund 3/4 der Elastomeren werden also auf Styrol-Butadien-Basis gewonnen, mit einer Verschiebung nach 70% in den USA und nach 80% in der Bundesrepublik Deutschland. Neuere Entwicklungen auf dem Gebiet der Elastomeren werden allerdings in den nächsten Jahren das Verhältnis von Styrol-Butadienkautschuk zu anderen Typen, wie dem Poly-cis-Butadien- und dem Äthylen-Propylen-Kautschuk, verändern, ohne daß im Augenblick eine nähere Aussage über die Mengenverhältnisse gemacht werden kann.

Ich sagte, daß es noch einer langen Entwicklungszeit bedurfte, bis das Polystyrol zum großen Kunststoff wurde; im zeitlichen Ablauf überholte dieser vielseitige Kunststoff dann aber rasch die Entwicklung der ebenfalls in den 30er Jahren gefundenen Lackharze auf Maleinsäurebasis und der ungesättigten Polyesterharze. Aus den noch nicht 100 Jahrestonnen Polystyrol, mit denen man um 1930 in Ludwigshafen begann, wurden 1,6 Millionen t Styrolpolymerisate, die in der westlichen Welt 1965 zu erwarten sind. Diese Entwicklung bedeutet eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate seit 1950 von 16%, wobei in der genannten Zahl von 1,6 Millionen t auch Copolymere und Modifizierungen wie z. B. Acrylnitrilbutadienstyrol-Polymerisate, sogenannte A-B-S-Polymerisate, enthalten sind. Dem Werte nach entsprechen die 1,6 Millionen t Styrolpolymerisate etwa 800 Millionen US-Dollar. Sie werden zur Zeit in 125 Anlagen in 21 Ländern erzeugt; 20 neue Projekte in sechs weiteren Ländern sind in Vorbereitung.

Gemessen an der Kunststoffproduktion überhaupt im Jahre 1950 mit fast 1,5 Millionen t entfiel damals auf die Polystyrole ein Anteil von 12%. 1964 betrug die Kunststoffproduktion mehr als 11 Millionen t, die Styrolpolymeren waren daran mit knapp 13% beteiligt.

Es ist schwierig, eine exakte Zahl für die Produktion aller anderen Kunststoffe auf Basis aromatischer Verbindungen zu nennen, zu denen vor allem die Alkyd-

Die heutige Bedeutung der Benzolchemie

503

harze, die ungesättigten Polyesterharze und die Phenolharze gehören. Man kann sie zusammen auf ca. 2 Millionen t im Werte von 1 Milliarde US-Dollar veranschlagen. Damit würden Kunststoffe auf Basis aromatischer Verbindungen einschließlich der Styrolpolymerisate einen Wert von etwa 1,8 Milliarden US-Dollar ausmachen, also schon mehr als die Farbstoffe, für die ich 1,5 Milliarden US-Dollar nannte.

Alles spricht dafür, daß die Wachstumsrate gerade bei den Styrolpolymerisaten weiterhin hoch sein wird: Man rechnet bis 1970 mit jährlich etwa 15%. Das würde in 5 Jahren mehr als einer Verdoppelung der Produktion der Styrolpolymerisate auf etwa 3,3 Millionen t pro Jahr entsprechen. Die Wachstumsrate läge hiermit über dem Durchschnitt der mit 13% zu erwartenden Zunahme für Kunststoffe insgesamt. Innerhalb der Kunststoffe — dies sei zusätzlich bemerkt — werden überdurchschnittliche Zuwachsraten auch für Polyvinylchlorid und Polyolefine erwartet, während die Duroplaste und die Cellulosederivate hinter der Entwicklung der Thermoplaste voraussichtlich zurückbleiben werden.

Synthesefasern

Als dritte Phase in der Chemie der Aromaten können wir Erfindung und Entwicklung der Synthesefasern betrachten. *Wallace Hume Carothers* gelang es 1935 in den *Du Pont*-Laboratorien in Wilmington in den USA als erstem, ein Polyamid aus Hexamethyldiamin und Adipinsäure herzustellen, aus dem sich Fäden ziehen ließen. 1938 lief bei *Du Pont* die technische Herstellung des Nylon 66 an. In Deutschland hatte man sich mit dem Problem der Fasergewinnung ebenfalls befaßt, und zwar ging man den Weg über Caprolactam. *Paul Schlack* konnte bei der *Aceta GmbH* in Berlin-Lichtenberg im Januar 1938 den ersten **Perlon*faden herstellen. So kam es, daß noch im selben Jahr, 1938, die BASF in Ludwigshafen die Produktion von Polyamid 6 aufnahm. Die ersten Mengen wurden in Landsberg a. d. Warthe versponnen. Eine weitere Perlonfaseranlage wurde dann in Premnitz errichtet.

Die Kriegsjahre verhinderten eine schnelle Ausweitung dieses neuen Zweiges der chemischen Industrie in Deutschland. Aber auch in den USA setzte der Aufschwung nur relativ zögernd ein. 1940 wurden in der Welt erst 5000 t Polyamidfasern produziert, 1950 waren es knapp 60 000 t. Heute sind es ca. 1 Million t. Damit machen die Polyamidfasern etwas mehr als die Hälfte der gesamten Synthesefaserherzeugung aus.

Die Polyamidfasern sind aber nur der eine Zweig, der zum großen Teil auf aromatischen Vorprodukten beruht. Hinzu kommen seit 1948 die Polyesterfasern, bei *Calico Printers Ltd.* aufgefunden und von *Imperial Chemical Industries* (ICI) in Großbritannien großtechnisch verwirklicht. 1948 betrug die Produktion der Polyesterfasern in der Welt 200 t, 1950 waren es erst 600 t; in diesem Jahr, 1965, dürften es an die 400 000 t sein.

Überschlägig gerechnet ergibt sich für die jährliche Weltpolyamidfaserproduktion beider Typen, also Perlon und Nylon, ein Wert von etwa 2,9 Milliarden

Fortsetzung auf Umschlagseite 3

Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,

ich habe schon viele Bilanzpressekonferenzen besucht; meist war die Atmosphäre dabei formal-positiv. Aber diesmal war die Stimmung sowohl bei den Vertretern des Unternehmens (siehe Artikel ab Seite 107) wie auch bei den Journalistenkollegen sehr gedämpft. Im Zentrum eines weltweit handelnden Großunternehmens wird eben die weltweite Dimension der jetzigen Krise sowie ihre Unberechenbarkeit besonders deutlich.

Und dennoch spürte man auch so etwas wie Sicherheit, nämlich diejenige eines breit und solide aufgestellten Unternehmens, das langfristig vorausschauend geführt wird – wie man es auch einer guten Politik wünscht. Dass daraus Vorteile erwachsen untermauert jetzt eine Studie der Bertelsmann-Stiftung. Die von einem weltweiten Netzwerk renommierter Wissenschaftler durchgeführte Untersuchung analysiert anhand von 149 Indikatoren den Reformbedarf und die Reformfähigkeit von 30 OECD-Staaten in Politikfeldern, die für die Frage der Nachhaltigkeit einer Gesellschaft einen zentralen Stellenwert besitzen. Ergebnis: Deutschland ist für die Globalisierung gut aufgestellt, wenn auch mit Defiziten in einigen Politikfeldern. Vorreiter ist Deutschland demnach bei der Umweltpolitik sowie in der Forschung und Entwicklung, obwohl die Experten hier noch weiteres Steigerungspotenzial ausmachen. Negativ: eine wenig nachhaltige Gesundheitsreform, die Mängel in der Kleinkinderbetreuung, die hohe Arbeitslosigkeit sowie ein kompliziertes und undurchsichtiges Steuersystem. Insgesamt gelte: Je demokratischer und gerechter eine Gesellschaft, desto erfolgreicher kann sie Veränderungen bewältigen. Wen wundert: An der Spitze der Vergleichserhebung stehen die skandinavischen Staaten...

In diesem Zusammenhang bemerkenswert ist, dass Schweden den Weg zurück zur Atomenergie gehen will. 1980, wenige Monate nach der Kernschmelze im US-Reaktor Harrisburg, beschloss Schweden als erstes Land der Welt den Ausstieg aus der Atomkraft. Am 5. Februar 2009 entschied die Stockholmer Regierung nun

ebenso historisch: Das Gesetz zum Atomausstieg wird revidiert. Tatsächlich hatten die Schweden eh nur zwei Reaktoren abgeschaltet. Die zehn verbliebenen Reaktoren des Landes sollen nun durch neue ersetzt werden.

Ich bin gegen die unnötige Vernichtung von volkswirtschaftlichen Werten und halte es gerade auch in Zeiten unsicherer Rohstoff- und Energiemärkte für sinnvoll, die Restlaufzeit der deutschen Kernkraftwerke zu verlängern. Ob es unbedingt neue geben muss halte ich jedoch für fragwürdig, zumal ja auch das Uran knapp wird, geht man nicht gleichermaßen zu schnellen Brüttern über. In der Restlaufzeit der Kernkraftwerke – immerhin möglicherweise einige Jahrzehnte – sollte die dezentrale Energieerzeugung durch Wind- und Sonnenenergie erheblich zulegen. Bemerkenswerterweise wurden allein 2008 fünf Gigawatt Photovoltaik-Leistung weltweit installiert; 2009 verkauft die Solarindustrie global etwa 15 Gigawatt an Modulleistung, schätzt Anne Kreuzmann, Chefredakteurin des wohl führenden Fachmagazins „Photon“. Das entspräche immerhin zwölf großen Kernkraftwerken. Mit geeigneten dezentralen Zwischenspeichern wie Brennstoffzellen oder leistungsfähiger Batterietechnik und entsprechenden Regelungen lassen sich in den kommenden Jahren und nahen Jahrzehnten bestimmt auch Netzeinspeise-Probleme in den Griff bekommen. Und dann stehen ja noch in vielleicht 50 Jahren die immanent sicheren Kernfusionskraftwerke an.

Demokratische Prozesse und „Schwarmintelligenz“ bringen offenbar doch langfristig ganz intelligente Lösungen hervor. Auch Wikipedia hat sich ja gegen etablierte, kommerzielle Konkurrenz durchgesetzt ;-) Insofern sehe ich der Krise etwas gelassener ins Auge...

Ihr




INHALT

Aufsätze

Organisatorische Bionik Erfolg in komplexen Systemen _____	88
MOFs - Multifunktionell und umweltfreundlich Den Poren auf der Spur _____	94
Historische Experimente zur Nanochemie Von kolloidalem Gold und nanodünnem Silber _____	102

Rubriken

Editorial _____	81
Impressum _____	83
F & E im Bild _____	83
Unternehmen _____	84
Personalia _____	86
Förderungen / Preise _____	87
Aktuelles Ereignis _____	107
Aussichten der Chemiemärkte laut Bilanzpressekonferenz der BASF	
Forschung und Technik _____	112
Literatur _____	116
Neue Produkte _____	117
Bezugsquellenverzeichnis _____	119

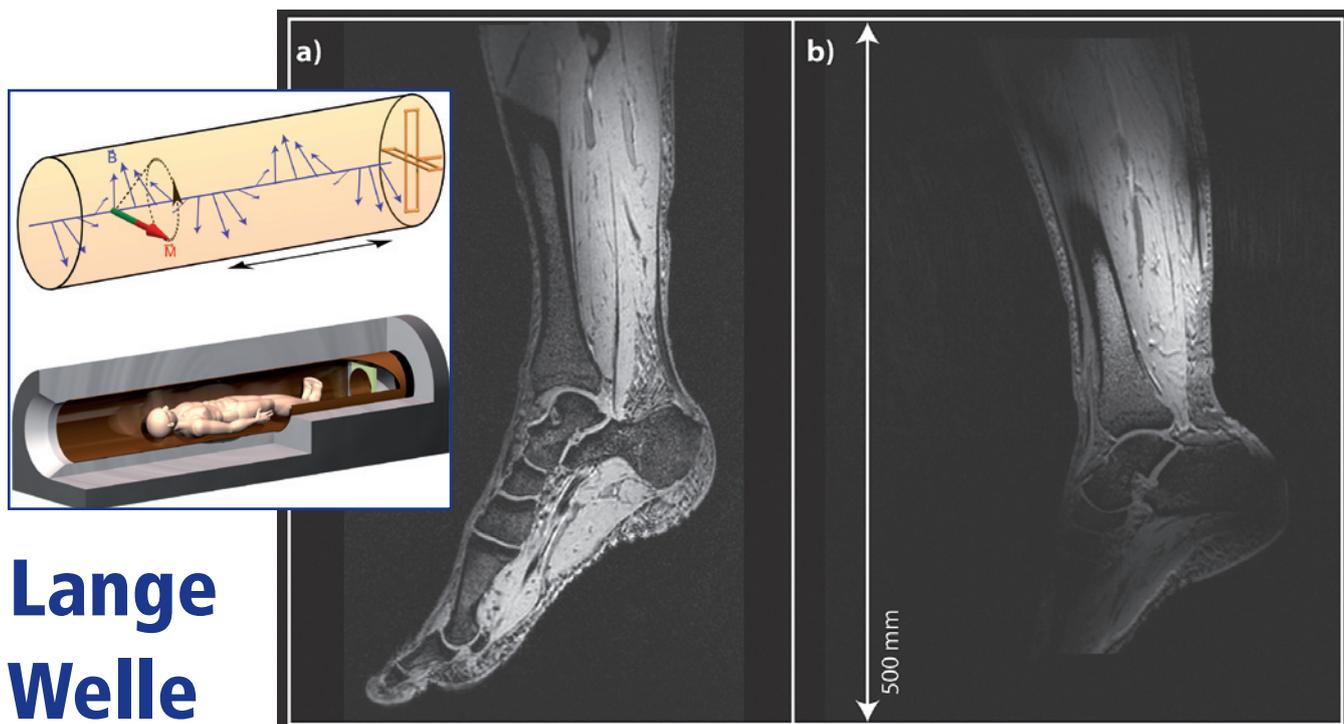


Zum Titelbild:

Komplexe Systeme sind ein Thema dieser CLB (Seiten 88-93), die chemische Industrie ein anderes (u.a. Seiten 107-110). Für beides kann das Titelbild stehen, eine – für die Dimension der Titelseite – in die Höhe gezogene Aufnahme des Standorts Ludwigshafen der BASF (Originalbild auf Seite 108; Foto: BASF).

CLB-Memory

Carolin Vogt als Studienbotschafterin in Baden-Württemberg Authentisch Erfahrungen an Schüler vermitteln _____	M9
Entsorgung von Chemikalien Voraussetzung: Stoffeigenschaften kennen _____	M10
Schweizer Studie zu Nanotechnik im Lebensmittelbereich Innovationspotenzial bei Verpackungen _____	M14
Polyamide – Struktur, Eigenschaften, Herstellung Mehrere richtige Antworten sind möglich _____	M16



Lange Welle

Die Magnetresonanz im menschlichen Körper konnte jetzt durch propagierende Wellen angeregt und abgebildet werden. Bislang maß man MRI-Signale am besten durch Nahfeldkopplung und nutzte stehende Wellen. Das neue Verfahren liefert kontrastreichere und höher aufgelöste Bilder; es könnte die Magnetresonanztomographie revolutionieren, meinen die Erfinder, Forscher der ETH und Universität Zürich. Das Prinzip (kleines Bild): Das magnetische Wechselfeld B einer propagierenden Welle vermag die nukleare Magnetisierung M über große Distanzen von der Antenne anzuregen und zu detektieren. Dazu muss die Frequenz der Welle aber hoch genug und der Durchmesser der Röhre groß genug sein. Die Forscher mussten einen neuartigen Detektor bauen, der wie eine Antenne dafür ausgelegt ist, Signale fernab ihrer Quelle zu empfangen. Es ist bereits gelungen, Körperteile von Versuchspersonen aus einer Distanz von fast einem Meter abzubilden. Die ersten Aufnahmen von Unterschenkel und Fuß eines Probanden haben eine wesentlich bessere Abdeckung als bisher. Jüngste Resultate deuten zudem an, dass auch der menschliche Kopf durch propagierende Wellen vollständig ausgeleuchtet werden kann. Bild a wurde mit Hilfe einer propagierenden Welle aufgenommen. Der Detektor war dabei etwa 70 cm entfernt. Bild b wurde mit einem herkömmlichen Detektor aufgenommen und zeigt deutlich die bei diesen Feldstärken begrenzte Ausleuchtung (Bilder: ETH Zürich).

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. Kleinerhanns, Düsseldorf
Prof. Dr. Heinz-Martin Kuß, Duisburg,
Prof. Dr. J. Schram, Krefeld
Prof. Dr. Georg Schwedt, Bonn
Dr. Wolfgang Schulz, Stuttgart
Prof. Dr. G. Werner, Leipzig.

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

Ständige Mitarbeiter:
Dr. Maren Bulmahn, Bensheim;
Ans de Bruin (Grafik), Heidelberg;
Prof. Dr. Wolfgang Hasenpusch, Hanau;
Dr. Mechthild Kässer, Diekholzen;
PD Dr. Röbbbe Wünschiers, Quedlinburg.

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

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

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

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

CLB erscheint monatlich.
© 2009 Agentur und Verlag Rubikon
Rolf Kickuth

Bezugspreise:
CLB Chemie in Labor und Biotechnik
mit der Beilage „CLB-MEMORY“. Einzelheft – außerhalb des Abonnements – 11,00 Euro, im persönlichen Abonnement jährlich 100,00 Euro zuzüglich Versandkosten; ermäßigter Preis für Schüler, Studenten und Auszubildende (nur gegen Vorlage der Bescheinigung) jährlich 76,45 Euro zuzüglich Versandkosten, inkl. 7% MWSt. Ausland sowie Firmen- bzw. Bibliothekenabonnements auf Anfrage. Bezug durch den Buchhandel und den Verlag. Das Abonnement verlängert sich jeweils um ein weiteres Jahr, falls nicht 8 Wochen vor Ende des Bezugsjahres Kündigung erfolgt.

Erfüllungsort ist Heidelberg. Mitglieder des VBTA, des 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 **Graffinity Pharmaceuticals GmbH**, Heidelberg, hat mit **Elan Pharmaceuticals Inc.** eine Forschungsk Kooperation beschlossen. Graffinity stellt Elan seine Technologie und seine Datenbank für die Fragment-basierte Wirkstoffentwicklung zur Verfügung und erhält dafür einen finanziellen Ausgleich.

Ablynx, Ghent/Belgien, dessen Focus auf der Entdeckung und Entwicklung verschiedener Nanobodies liegt, hat von Boehringer Ingelheim im Rahmen einer Kooperation eine Meilensteinzahlung von drei Millionen Euro erhalten. Die therapeutischen Proteine sollen gemeinsam mit Boehringer vermarktet werden.

AC Immune SA, ein führendes Unternehmen bei Alzheimer-Medikamenten, gab den Abschluss der Finanzierungsrunde C (CHF 40 Millionen) mit bestehenden Investoren sowie die Besetzung zweier Schlüsselpositionen bekannt. Diese Entwicklungen, sowie auch die Ernennung zum Technologiepionier 2009 durch das Weltwirtschaftsforum, haben das Unternehmen gestärkt.

Air Products (Hattingen) und sein Joint-Venture-Partner Showa Denko planen eine neue Produktionsanlage für Hexafluoride Butadiene, ein bei der Halbleiterherstellung verwendetes Ätzgas. Strategisch ähnlich bedeutsam ist eine neue Großanlage, die Air Products für das Unternehmen Yangzi Petrochemical bei Shanghai gebaut hat: eine Coldbox, also eine Anlage zur Gaserzeugung (Kohlenmonoxid/Wasserstoff) bei tiefkalten Temperaturen. Ebenfalls in China leistet Air Products einen Beitrag zur Vermeidung von Schadstoffen bei der Handy-Produktion von Nokia. Dort hat das finnische Unternehmen in zwei Werken den Platinendruck auf ein bleifreies Lötverfahren umgestellt. Air Products versorgt die Nokia-Werke mit Stickstoff.

Roche profitiert von der Vertragsverlängerung, welche die in einem Aktionärsbindungsvertrag zusammengeschlossenen Nachkommen des Firmengründers Fritz Hoffmann-La Roche bekannt gegeben haben. Damit werden die Familien Hoffmann und Oeri auch in Zukunft die Mehrheit an den Aktien des Unternehmens halten.

Thermo Fisher Scientific Inc. hat einen Kooperationsvertrag mit TTL Technologies Pvt. Ltd. geschlossen, der den Vertrieb von Thermo Scientific Rheometern und Viskosimetern in Indien vorsieht. TTL's Standorte in Indien werden die Vertriebs- und Serviceniederlassungen in Mumbai, Pune, Chennai und Delhi verstärken.

Die Sartorius AG und die Metrohm Schweiz AG haben eine Kooperationsvereinbarung über den Vertrieb von Laborprodukten in der Schweiz abgeschlossen. Die Vereinbarung sieht vor, dass die Metrohm Schweiz AG die Laborgeräte der Konzernsparte Mechatronik in der Schweiz vertreibt und installiert. Alle weiteren Serviceleistungen für diese Produkte wie Gerätequalifizierung, Wartung und Reparaturen übernimmt die Schweizer Niederlassung von Sartorius Mechatronics.

Qiagen investiert trotz Weltwirtschaftskrise

Neue Arbeitsplätze in Hilden

Das Biotechnologieunternehmen Qiagen will seinen Standort in Hilden noch dieses Jahr ausbauen und die Beschäftigtenzahl an seinem Stammsitz weiter erhöhen.

Insgesamt sollen Investitionen von über 27 Millionen Euro in neue Produktions- sowie Forschungs- und Entwicklungskapazitäten fließen und damit mittelfristig über 500 neue Arbeitsplätze schaffen.

Trotz weltweiter Finanzkrise sollen bereits in diesem Jahr rund 100 neue Mitarbeiter in Hilden eingestellt und 4000 m² Büroflächen bezogen werden, um das für 2009 angepeilte Wachstum zu realisieren. Allein über 17 Millionen Euro sind für ein neues Produktionsgebäude vorgesehen. Auf 9200 m² Fläche sollen bis zu 250 Jobs für die Produktion von Pufferlösungen und anderen Erzeugnissen entstehen. Zudem werden hier logistische und

administrative Funktionen untergebracht sowie Reserven für mögliche Produktionsverlagerungen im Rahmen zukünftiger Akquisitionen geschaffen. Etwa 10 Millionen Euro entfallen auf ein neues Forschungs- und Entwicklungsgelände, mit 220 zusätzlichen Wissenschaftlern und Angestellten. Beide neuen Gebäude sollen nach international anerkannten Umwelt- und Nachhaltigkeitskriterien zertifiziert werden. Insgesamt ist seit 1995 ein dreistelliger Millionenbetrag in die Entwicklung des Standorts geflossen, an dem auch die Europazentrale und das operative Hauptquartier des Unternehmens angesiedelt sind. Qiagen hat 2008 893 Millionen US-Dollar erwirtschaftet, mit einem Gewinn von 163,3 Millionen Dollar. Derzeit beschäftigt das Unternehmen über 3000 Mitarbeiter an weltweit über 30 Standorten.

Bayer baut Produktionsanlage für Nanoröhrchen

Neue Arbeitsplätze in Leverkusen

Bayer MaterialScience baut im Chempark Leverkusen die weltweit größte Produktionsanlage zur Herstellung von Kohlenstoff-Nanoröhrchen (Carbon Nanotubes, CNT).

Das Unternehmen investiert rund 22 Millionen Euro in den Bau der Anlage mit einer Kapazität von 200 Jahrestonnen; es entstehen 20 neue Arbeitsplätze. Prognosen gehen von einem Marktwachstum für Kohlenstoff-Nanoröhrchen von 25 Prozent pro Jahr aus.

Bayer MaterialScience ist eines der wenigen Unternehmen, die in der Lage sind, Kohlenstoff-Nanoröhrchen im Industriemaßstab bei gleichbleibend hoher Qualität herzustellen. Seit 2007 ist bereits eine Pilotanlage mit 60 Tonnen Jahreskapazität im badischen Laufenburg in Betrieb. Schon heute werden durch den Einsatz von

„Baytubes“ stabile und belastbare Werkstoffe mit deutlich reduziertem Gewicht hergestellt. Damit werden beispielsweise Rotorblätter von Windkraftanlagen energieeffizienter, Transportbehälter leichter oder Sportgeräte stabiler.

Die Innovationsallianz Inno.CNT, ein Zusammenschluss von über 70 Partnern aus Industrie und Wissenschaft, investiert insgesamt 80 Millionen Euro in Forschung und Entwicklung neuer Technologien und Anwendungen von CNT-basierten Materialien. Davon stellt das BMBF rund 40 Millionen Euro zur Verfügung.

Darüber hinaus wollen die beteiligten Unternehmen während und nach Abschluss der Projekte zusätzlich bis zu 200 Millionen Euro in die Weiterentwicklung dieser Technologien und Anwendungen investieren.

Bilanzpressekonferenz bei Bayer

Ergebnisziel für 2008 erreicht – Prognose gesenkt

Bayer stößt in dasselbe Horn wie BASF (siehe Seiten 107-110): Das Geschäftsjahr 2009 wird laut Konzernchef Werner Wenning schwierig, vor allem bei den MaterialScience seien gravierende Rückgänge zu erwarten.

Für das vergangene Jahr hat der Bayer-Konzern seine Ergebnisziele erreicht. „2008 war das operativ erfolgreichste Jahr in der langen Geschichte von Bayer“, sagte Vorstandsvorsitzender Werner Wenning am 3. März auf der Bilanz-Pressekonferenz in Leverkusen. Bayer profitiere von seiner Ausrichtung auf die weniger von der weltwirtschaftlichen Entwicklung abhängigen Life-Science-Bereiche HealthCare und CropScience. Die Auswirkungen der unerwartet heftigen Finanz- und Wirtschaftskrise hätten jedoch vor allem im 4. Quartal deutliche Spuren bei MaterialScience hinterlassen. Trotz erheblicher Risiken für die künftige Entwicklung der Weltwirtschaft sei er für das laufende Jahr weiter relativ zuversichtlich: „Wir erwarten weitere Ertragssteigerungen bei HealthCare und CropScience sowie einen deutlichen Abbau der Nettoverschuldung.“ Bei MaterialScience sei dagegen mit einem erheblichen Ergebnisrückgang zu rechnen.

Der Konzernumsatz stieg im Geschäftsjahr 2008 um 1,6 Prozent auf 32,918 (Vorjahr: 32,385) Milliarden Euro. Bereinigt um Währungs- und Portfolioeffekte entspricht das einem Plus von 4,4 Prozent. Während HealthCare und CropScience hierzu mit kräftigen Zuwächsen von 6,9 bzw. 13,9 Prozent beitrugen, ging der Umsatz von MaterialScience um 4,6 Prozent zurück. Das operative Ergebnis (EBIT) vor Sondereinflüssen erhöhte sich um 1,3 Prozent auf 4,342 (4,287) Milliarden Euro.

Aufgrund des positiven Geschäftes 2008 soll die Dividende je Aktie für 2008 um 3,7 Prozent

von 1,35 Euro im Vorjahr auf 1,40 Euro erhöht werden.

Mit Blick auf die weitere Geschäftsentwicklung sagte Wenning, dass 2009 ohne Zweifel ein schwieriges Jahr werde, in dem die Unsicherheiten überwiegen. Beim Umsatz werden etwa 32 Milliarden Euro erwartet, knapp weniger als 2008. Bislang hatte Bayer für dieses Jahr Zuwächse beim operativen Gewinn in Aussicht gestellt. Dennoch sollen die Forschungsaktivitäten in jedem Falle verstärkt werden. Mit 2,9 Milliarden Euro stellt Bayer in diesem Jahr das höchste Forschungs- und Entwicklungsbudget in der Geschichte des Unternehmens bereit.

Anders als bei BASF quittierten Börsianer die Jahreszahlen am Tage der Bilanzpressekonferenz

mit Kursabschlägen. Die Prognosesenkung und die absehbaren gravierenden Ergebniseinbußen bei MaterialSciences kamen nicht gut an.

Über ihren Pharma- sowie den Pflanzenschutzbereich können sich der Bayer-Vorstandsvorsitzende Werner Wenning (links) und sein Finanzvorstand Klaus Kühn freuen. Die Aussichten bei den Kunststoffen werden aber wohl Sorgenfalten bringen (Foto: Bayer).



Der AMZ hat einen neuen Vorstand

Mit Kraft zum Wissen

Auf der Jahrestagung des Analytik Management Zirkels e.V. (AMZ) im Dezember haben die Mitglieder Dr. Jochen Kraft als neuen Vorstand gewählt.

Kraft, geschäftsführender Gesellschafter der Duisburger Bernd Kraft GmbH, ist damit Nachfolger von Axel Semrau, geschäftsführendem Gesellschafter der Axel Semrau GmbH & Co. KG. Zum stellvertretenden Vorstand wurde Thomas Brunner (Geschäftsführer BioTek Instruments GmbH) gewählt. Komplettiert wird das neue Vorstandsteam durch die im Amt bestätigte Schatzmeisterin Dr. Hedwig Tuss (Inhaberin HT-CON Unternehmerberatung) sowie den ebenfalls bestätigten Schriftführer Stefan Knecht (Geschäftsführender Gesellschafter Chemie.DE Information Service GmbH).

Die Zielsetzung des neuen Teams liege einerseits darin, seinen Mitgliedern vertiefende Einblicke in aktuelle Trends des Management-

Wissens zu geben, so Kraft. Daneben solle der AMZ strategisch weiterentwickelt werden. Hierzu wurde bereits 2007 ein Zukunftsarbeitskreis (ZAK) installiert, der als vorrangige Aufgabe Vorschläge erarbeitet hat, das stetige Wachstum des AMZ zu konsolidieren und die Vereinsstrukturen möglichst ohne kostenintensive Verwaltung dem Wachstum der letzten Jahre entsprechend anzupassen. Nun gelte es, aus diesen Vorschlägen konkrete Maßnahmen abzuleiten und umzusetzen.

Der neue AMZ-Vorstand Dr. Jochen Kraft.



BASF Der Vorstand der BASF SE, Ludwigshafen, hat mit Wirkung vom 1. April 2009 den Chemiker **Dr. Ehrenfried Baumgartner** (56) zum Leiter des neuen Bereichs Paper Chemicals ernannt. Stefano Pigozzi (45), derzeit verantwortlich für die Abteilung Leime und Tränklarze Europa, folgt Baumgartner als neuer Leiter des Unternehmensbereichs Inorganics.

FZ-JUELICH Der Philosoph **Prof. Dr. Dieter Sturma** ist seit Jahresbeginn Direktor des Instituts für Neurowissenschaften und Medizin 8: Ethik in den Neurowissenschaften, am Forschungszentrum Jülich. Zugleich ist er Direktor des Instituts für Wissenschaft und Ethik (IWE) sowie des Deutschen Referenzzentrums für Ethik in den Biowissenschaften (DRZE) an der Universität Bonn.

HRK Die Geschäftsstelle der Hochschulrektorenkonferenz (HRK) wird künftig von **Dr. Thomas Kathöfer** als Generalsekretär geleitet. Der promovierte Wirtschaftsingenieur leitet derzeit das Präsidialamt der Technischen Universität Berlin und wird sein neues Amt am 1. Juli antreten.

NOBEL-MEETINGS LINDAU Zum 15. April 2009 übernimmt **Nikolaus Turner** (44) die neu geschaffene Position des Geschäftsführers und Vorstandsmitglieds der gemeinnützigen Stiftung Lindauer Nobelpreisträgertreffen am Bodensee. Schwerpunkte seiner neuen Aufgabe werden die Weiterentwicklung der ‚Mission Education‘ und der Internationalisierung der Lindauer Tagungen sowie die Sicherung der Selbständigkeit dieses Forums sein.

QIAGEN Qiagen hat **Tom Clement** zum neuen Head of Global Regulatory Affairs gewählt. Clement, der vorher bei Organon Teknika (bioMérieux), Amersham, Biotech Research Laboratories und zuletzt Roche beschäftigt war, bringt eine über 30jährige Industrie-Erfahrung mit.



WR Der bisherige Kanzler der Ludwig-Maximilians-Universität in München, **Thomas May**, wird neuer Generalsekretär des Wissenschaftsrates. Der 50jährige folgt auf Wedig von Heyden, der die Geschäftsstelle des Wissenschaftsrates sieben Jahre lang leitete. Zuvor war May schon jeweils acht Jahre lang bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft und in der Geschäftsstelle des Wissenschaftsrates tätig.

EHRUNGEN

Der Frankfurter Atomphysiker **Prof. Reinhard Dörner** (47) erhält von der Deutschen Forschungsgemeinschaft in den nächsten fünf Jahren zusätzliche Forschungsmittel in Höhe von 1,25 Millionen Euro. Die Förderung erfolgt im Rahmen der **Reinhart Koselleck-Projekte**, die im positiven Sinne hoch risikobehaftete Forschungsvorhaben unterstützen. Neben Dörner erhält auch die Freiburger Nanotechnologie-**Professorin Margit Zacharias** eine Förderung in gleicher Höhe. Dörner möchte die besonderen Eigenschaften von kleinen Molekülen untersuchen, die aus zwei oder drei Heliumatomen zusammengesetzt sind. Diese Systeme haben besondere Quanteneigenschaften, die für die Grundlagenforschung von Bedeutung sind.

Die Minerals, Metals & Materials Society (TMS) verlieh **Prof. Herbert Gleiter** (71) während ihrer Jahrestagung in San Francisco den **Robert Franklin Mehl Award**. Der frühere geschäftsführende Direktor des KIT-Instituts für Nanotechnologie ist erst der vierte deutsche Wissenschaftler, der den seit 1922 verliehenen TMS-Award erhält. Der Preis würdigt Erkenntnisse in der Materialwissenschaft, die als Meilensteine in einzelnen Teildisziplinen gelten. Herbert Gleiter gilt als Initiator und Wegbereiter der Erforschung der na-

nokristallinen Materialien, aus denen Werkstoffe mit neuen und zum Teil planbaren Eigenschaften hergestellt werden können. Gleiter wird als Pionier der nanostrukturierten Materialien angesehen.

Auf der Chemiedozententagung vom 8. bis 11. März in Göttingen werden zwei Preise überreicht: der Schweizer Chemiker **Hans-Ulrich Blaser** (66) erhält den **Horst-Pracejus-Preis** in Anerkennung seiner Arbeiten, mit denen es gelang, homogene und heterogene asymmetrische Katalyseverfahren in der Industrie einzusetzen. Besonders aufsehenerregend war die Entwicklung eines enantioselektiven katalytischen Verfahrens zur Herstellung des Herbizids Metolachlor. Der deutsche Chemiker **David Scheschkewitz** (38) erhält den **Carl-Duisberg-Gedächtnispreis**, weil ihm die Integration von niedervalenten Siliciumbausteinen, mit all ihren ungewöhnlichen Eigenschaften, in funktionelle Materialien gelang.

Prof. Dr. Rolf Mülhaupt wurde in Freiburg der mit 7500 Euro dotierte **Hermann-Staudinger-Preis** der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GdCh) verliehen. Mülhaupt ist seit 1989 Professor für Makromolekulare Chemie an der Universität Freiburg, Direktor des Instituts für Makromolekulare Chemie im Hermann Staudinger Haus und seit 1992 geschäftsführender Direktor des Freiburger Materialforschungszentrums (FMF). Gegenwärtig arbeitet Mülhaupt als Fellow am Freiburg Institute for Advanced Studies (FRIAS) in der School of Soft Matter Research. Er ist Experte für die Herstellung, Charakterisierung und Verarbeitung neuartiger Makromoleküle und polymerer Materialverbunde. Besonderes aktuelles Forschungsziel sind bioinspirierte Systeme und neuartige intelligente, interaktive Kunststoffe, die wie die lebenden Systeme in der Natur auf Veränderungen ihrer Umgebung mit Eigenschaftsveränderungen reagieren können.

Der mit 50 000 Euro dotierte **Wissenschaftspreis der Adolf-Messer-Stiftung** geht an die Chemikerin **Dr. Christina Thiele** (33). Thiele, die am Clemens-Schöpf-Institut für Organische Chemie und Biochemie der Technischen Universität Darmstadt forscht, erhält die Auszeichnung für ihre Forschungsarbeiten zur Strukturbestimmung organischer Verbindungen mit residualen dipolaren Kopplungen. Diese Grundlagenforschung ist unter anderem wichtig, um die Wirksamkeit von Arzneimitteln oder die Aktivität von Katalysatoren verbessern zu können. Thiele setzt zusätzlich zu den konventionellen Methoden der kernmagnetischen Resonanz einen neuartigen anisotropen NMR-Parameter, die residuale dipolare Kopplung ein. Dies führt zu präziseren Strukturen und einem besseren Verständnis von Struktur-Aktivitätsbeziehungen. Zum Andenken an Senator Dr. Adolf Messer, der an der Technischen Universität Maschinenbau studierte und am 6. April 1978 100 Jahre alt geworden wäre, gründete die Familie Messer 1978 die Adolf-Messer-Stiftung. Um junge Wissenschaftler und ihre Forschung gezielt zu fördern, vergibt die Adolf-Messer-Stiftung

seit 1994 jährlich zwei Preise: Einen für Wissenschaftler der Technischen Universität Darmstadt, der mit 50 000 Euro dotiert ist, und einen für Wissenschaftler der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt a.M. Das Preisgeld ist zweckbestimmt für die sachliche und personelle Ausstattung von Forschungsvorhaben.

Die C.H.S.-Stiftung zur Förderung biomedizinischer Forschung unterstützt biomedizinische Grundlagenforschung an den Universitäten Heidelberg und Hamburg. Als ein wesentliches Förderinstrument wird jährlich der **Chica und Heinz Schaller-Förderpreis** für Arbeiten in der biomedizinischen Grundlagenforschung verliehen. Träger des mit 100 000 Euro verbundenen C.H.S.-Förderpreises 2008 wurde **Dr. Tobias Dick** von der DKFZ-ZMBH-Allianz Heidelberg in Anerkennung seiner Forschungsarbeiten zur Bedeutung von Reduktions-Oxidations-Reaktionen für die zelluläre Signalübertragung. Um die Dynamik dieser Reaktionen verfolgen zu können, hat Dr. Dick einen Biosensor entwickelt, der eine direkte Beobachtung von Redox-Prozessen in lebenden Zellen erlaubt.

Schülerwettbewerb: Invent a Chip

Bereits zum achten Mal richten das Bundesministerium für Bildung und Forschung und der Branchenverband VDE den weltweit einmaligen Wettbewerb aus, bei dem Schüler der Jahrgangsstufen 9 bis 13 ihren eigenen Mikrochip entwerfen. Bis zum **5. April 2009** läuft die Abgabefrist für den Fragebogen und die Chipidee. Zwölf Teams mit den besten Chipvorschlägen starten Anfang Mai mit einem dreitägigen Workshop an der Leibniz Universität Hannover in die Praxisphase der Chipentwicklung. Beim VDE/BMBF-Mikrosystemtechnik-Kongress vom 12. bis 14. Oktober 2009 in Berlin präsentieren dann die Sieger ihre Entwicklungen den Vertretern aus Politik und Wirtschaft. Als Siegprämien winken den Schülern neben Geldpreisen die Aufnahme ins Auswahlverfahren für ein Stipendium der Studienstiftung des deutschen Volkes, Kontakte zu Industrie und Hochschulen und Einladungen zu Projektpräsentationen auf Messen. Weitere Informationen und Teilnehmerunterlagen unter www.invent-a-chip.de.

CLB-Mitherausgeber Georg Schwedt ist Präsident der DGWT



Mit Beginn dieses Jahres ist Prof. Dr. Georg Schwedt zum Präsidenten der Deutschen Gesellschaft für Warenkunde und Technologie gewählt worden. Er folgt damit Dr. Reinhard Löbber, der das Amt zehn Jahre lang inne hatte.

Die Deutsche Gesellschaft für Warenkunde und Technologie setzt sich ein für die Sozial- und Umweltverträglichkeit von Waren. Ihr Ziel ist, Wissen um Waren zu sammeln, zu ordnen, zu mehren und zu verbreiten. Sie möchte in diesem Zusammenhang die Lücken im Bereich wissenschaftlicher Erkenntnisse und im Bildungswesen schließen helfen. Zudem will sie mit Ware verbundene Probleme allen Beteiligten deutlich machen, zur Zusammenarbeit aufrufen und diese fördern.

Dem Ideen- und Erfahrungsaustausch stehen fachliche Arbeitskreise und die von der Gesellschaft herausgegebene Zeitschrift „Forum Ware“ zur Verfügung. Auf Fachtagungen werden Arbeitsergebnisse erörtert. Kontakt: Prof. Dr. Georg Schwedt, e-Mail: Georg.Schwedt@t-online.de.

Kluge Köpfe in Nordrhein-Westfalen

Der Innovationspreis des Landes Nordrhein-Westfalen wird am 2. November zum zweiten Mal in Düsseldorf verliehen. Die mit 150 000 Euro dotierte Auszeichnung wird in den Kategorien Innovation, Nachwuchs und Lebenswerk vergeben. Hochschulen, Forschungsinstitutionen und Wirtschaftsverbände können in den Kategorien Innovation und Nachwuchs vom **21. Januar bis 21. April 2009** geeignete Kandidaten vorschlagen. Wissenschaft und Wirtschaft in Nordrhein-Westfalen können sich mit innovativen Produkten, Prozessen oder Dienstleistungen auch selbst bewerben.

Erfolg in komplexen Systemen

Wolfgang Hasenpusch, Universität Siegen

Wie in vielen anderen Prozessen, so ist die Natur uns Menschen auch in der Bewältigung komplexer Strukturen, Mechanismen und Organisationen überlegen. Während die kybernetischen Steuerungen in der lebenden Natur auf winzigstem Raum, in kürzester Zeit und mit geringstem Energieaufwand ablaufen, fällt es selbst vielen Topmanagern schwer, in komplexen Systemen nachhaltig zu handeln. Durch das immer noch weit verbreitete lineare Ursachen-Wirkungs-Denken führte eine Reihe von industriellen und politischen Projekten bei guten Vorsätzen ins Desaster. Zu viele Systemzusammenhänge, Rückkoppelungen und Regelkreise in komplexen Systemen bleiben unberücksichtigt, wie auch in Betrieben und Laboratorien.

Wenn gut gemeinter Rat zur Katastrophe führt

Bereits im Jahr 1975 wurde ein Experiment des Systempsychologen Dietrich Dörner bekannt, mit dem er die fatale Auswirkung von Denk- und Planungsfehlern am Beispiel der Entwicklungshilfe illustrierte [1]:

In einem fiktiven afrikanischen Land („Tanaland“) sollten 12 Fachleute für den Wohlstand der verarmten Bevölkerung sorgen, wozu ihnen hinreichende Kredite zur Verfügung standen. Sie konnten Brunnen und Staudämme bauen, Industrie- und Kraftwerke entstehen lassen, Medizin

und Hygiene verbessern, landwirtschaftliche Techniken auf den neuesten Stand bringen sowie Waffen für die Jagd bereitstellen.

Das Ergebnis dieses Planspiels wies in allen Fällen chaotische Zustände auf, nachdem es in Systemzusammenhängen durchdacht wurde: Statt dass sich die Lebensbedingungen der Menschen besserten, traten nach kurzzeitigen Erfolgen alsbald Katastrophen und Hungersnöte auf.

Dabei ging es in erster Linie darum, die psychologischen Barrieren aufzuzeigen, die im Umgang mit komplexen Systemen zu fatalen Fehlern führen. In späteren Arbeiten hat Dörner die „Logik des Misslingens“ noch vertiefen können [1].

Leider treffen wir die Fehlschläge und Katastrophen, die sich aus dem zu simplen eindimensionalen Denken in komplexen Strukturen ereignen, in den verschiedensten Bereichen: Tanker-Unglücksfälle, Industrie-Katastrophen, Verkehrsunfälle, Flussbegradigungen, gescheiterte Entwicklungshilfe-Projekte sowie misslungene Großprojekte in Brasilien (Transamazonica-Straße durch den Urwald, Hauptstadt Brasilia) sind nur einige Beispiele, die jedem schnell ins Gedächtnis rücken. Viele dieser Ereignisse lassen sich mit der Unkenntnis, Missachtung und dem Außerkraftsetzen von Regelkreisen in komplexen Systemen erklären.

In seinem Buch „Normale Katastrophen – die unvermeidbaren Risiken der Großtechnik“ beschreibt Charles Perrow die mangelnde „Fehlerfreundlichkeit“ in den Betrieben und ihrer Verfahrenstechnik [2]. Ein Großteil der analysierten Unfälle ereignete sich nicht nur trotz umfangreicher Sicherheitstechnik, sondern auch wegen dieser hochmodernen technischen und organisatorischen Maßnahmen.

Die in den letzten Jahren stark entwickelte Informationstechnologie lässt mit ihrer Fülle an Datenmengen komplexe Strukturen nicht transparenter werden. Exakte, aber unvernetzte Planungen auf der Basis umfangreicher Datenberge bescheren eher Verwirrung als eine reale Abbildung zukünftigen Geschehens. Sie erlauben keine Störungen, Abweichungen, Nachbesserungen und verfügen über keinerlei fehlerfreundlicher Puffer-Kapazität.

Der Autor

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



Umgang mit Komplexität haben wir nie gelernt!

„Make it simple!“ heißt eine der viel beschworenen Weisheiten in der Kommunikation. Dabei ist es gerade die Informationstechnik, die uns mit ihrer Flut an Wissen und Neuigkeiten derart überschwemmt, dass sich eher Desinteresse, Unverständlichkeit, Unsicherheit und schließlich Technikfeindlichkeit ausbreiten.

Komplexität durch Teilprozesse, Flaschenhals-Betrachtungen oder durch Datenvielfalt in den Griff zu bekommen, erweist sich immer deutlicher als Irrweg mit zum Teil fatalen Folgen.

Selbst logisch und systematisch vorgehende Krisenstäbe der chemischen Industrie sind bei der Planung zur Verbesserung kritischer Situationen vernetzter Systeme überfordert, wie ein Systemanalytiker der BASF bemerkte [3].

Wir haben es gelernt, vor immer komplexer werdenden Systemen zu kapitulieren und uns mit einfachen, nahe liegenden Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu behelfen. Das Konzentrieren auf Detailfragen engt jedoch unser Denken derart ein, das sich zwangsläufig typische Fehlurteile und Fehlverhalten im Umgang mit komplexen Systemen ergeben.

Simple Ursache-Wirkungs-Beziehungen bestehen nur in der Theorie. Die Wirklichkeit bilden sie nicht ab.

Eine eingehende Ausbildung in „Systemkunde“ haben wir nicht in der Schule und auch nicht auf der Universität erfahren dürfen. Das haben wir leider mit den meisten Systemlenkern dieser Welt gemein. Schon innerhalb des Fachgebietes der Chemie mit den vielen Teilgebieten sowie den übergreifenden Wissenschaften überschauen wir nicht mehr die Komplexität der Daten und des Wissens.

Warum haben wir so große Angst vor komplexen Aufgaben? Weshalb fällt es uns so schwer, vernetzte Sachverhalte zu berücksichtigen? Wir sollten auch bei diesem Problem fragen, wie es die Natur anstellt. Denn die hat das Beherrschen vernetzter Systeme in vielfältigster Art und Weise gelernt und kann gewaltige Datenströme bewältigen und meistern.

Vorbilder der belebten Natur: Organisatorische Bionik

Erstaunlicherweise besteht die Hauptaufgabe der belebten Natur bei der Informationsverarbeitung, und damit auch unser menschliches Gehirn, gerade nicht in der Bewältigung aller auf sie einströmenden Informationen, sondern in einer vehementen Reduktion, in der selektiven Wahrnehmung. Alle uns zur Verfügung

stehenden Sinne haben die Aufgabe, nur einen Bruchteil in die mentale Umsetzung zu geben. Dadurch wird das Gehirn entscheidend entlastet. Denn mit diesen wenigen Parametern gelingt es, durch Assoziationsvorgänge und Resonanzen mit gehirneigener Information persönlich und von Erfahrungen geprägt, Bilder und Erkenntnisse als Denkmuster zu sehen (Abbildung 1).

Diese evolutionäre Intelligenz, auf die alle Lebewesen in ihrer eigenen Art zurückgreifen können, gekennzeichnet durch Rückkopplungen und Regelkreise, kann auch als Modell für einen sinnvollen Einsatz der modernen Informationstechnik im Umgang mit vernetzten Systemen herangezogen werden.

Während sich im industriellen Wirtschaftsleben der vergangenen 200 Jahre bereits zahlreiche katastrophale Unfälle und Belastungen ereigneten, vollzieht sich das Leben in der Biosphäre in seiner ganzen Vielfalt unbeschadet, weil es seit Urgedenken den kybernetischen Grundregeln folgt.

Viele unserer modernen Produktions- und Verfahrenstechniken praktiziert die Natur bereits seit einigen Millionen Jahren, wie der Biologe Werner Nachtigall in seinen zahlreichen Büchern über die Bionik schreibt [4]: das Herz als effizient arbeitende Pumpe, die Lungenbläschen als selektives Diaphragma für Sauerstoff und Kohlendioxid und die Nieren als Dialysegerät. Und das in Dimensionen und materialtechnisch minimalem Aufwand, der uns immer wieder in Erstaunen versetzt.

In der Organisation und Kommunikation bleibt die Natur uns Menschen immer noch weit voraus. Man denke nur an den Zug der Vogelschwärme, an die Kommunikation unter den Fischen in den Korallen, an die Organisationsstrukturen der



Abbildung 1: Selektion von Informationen und Verarbeitung zu Denkmustern.

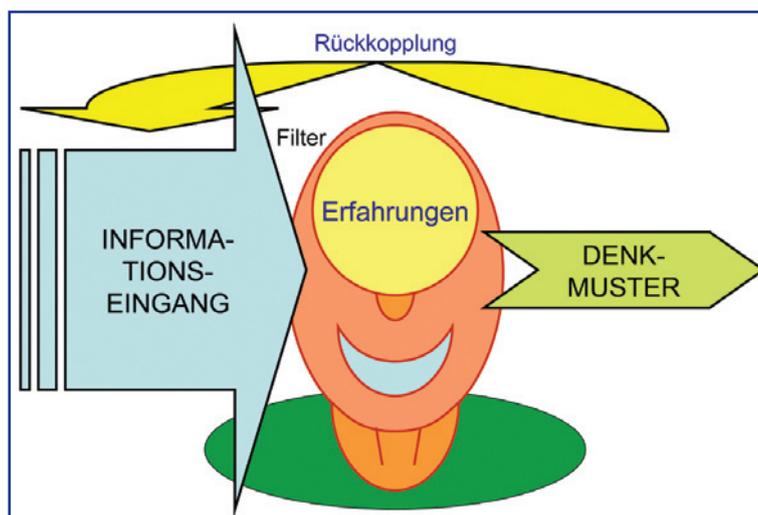




Abbildung 2: Paradigmenwechsel wirtschaftlichen Wachstums.

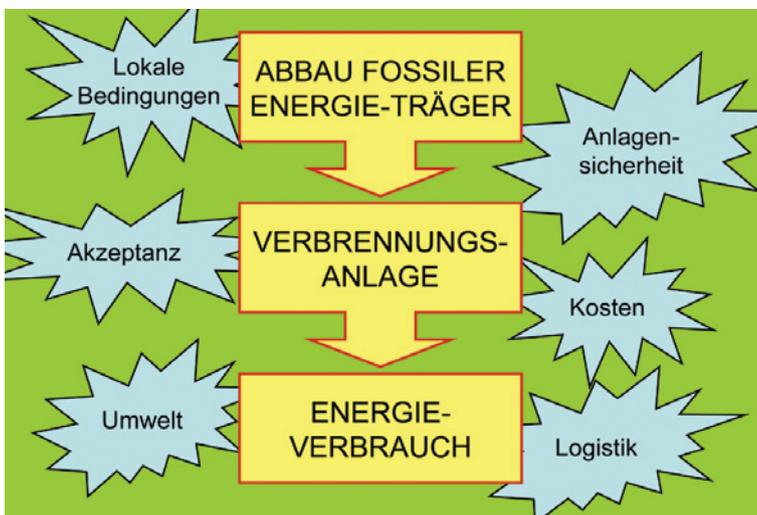
Staaten bildenden „Meeresgaleeren“ oder Insekten zu Lande.

Sehr intensiv beschäftigt sich Ingo Rechenberg mit der Biokybernetik und den Evolutionsvorgängen für Umsetzungen in der Industrie [5]. Die Überlebensfähigkeit von Systemen zeigt sich ihm immer wieder in den kybernetischen Rücksteuerungen, wie sie seit Anbeginn des Lebens auf der Erde in den Lebewesen stattfinden.

Medizinern ist die Komplexität von den chemischen Vorgängen im Körper bekannt, seit sie anhand der Metabolismus-Tafeln die chemischen Umwandlungen zu lernen haben, wobei der Zitronensäure-Zyklus noch der übersichtlichste ist. Aber gerade er veranschaulicht, wie die Natur mit Regelkreisen arbeitet.

In ihrer Zielsetzung unterscheidet sich die Natur von einer betriebswirtschaftlichen Sichtweise, die sich den Orientierungsgrößen der Aktionäre unterwirft, sehr grundlegend: Statt einer hilflosen Zielsuche („Management by Objectives“)

Abbildung 3: Lineare und erweiterte System-Betrachtung am Beispiel einer neuen Verbrunnungsanlage.



nach Unternehmensgröße, Technisierung, Rationalisierung und Geschwindigkeit strebt die belebte Natur die Erhöhung und Sicherung der Lebensfähigkeit eines Systems an, das sich nachhaltig, stabil und robust entfaltet (Abbildung 2). Vielleicht können wir auch davon etwas abschauen.

Ein sinnvolles Systemmanagement setzt sich nicht zum Ziel, einen Schaden nach dem anderen zu beheben und eine „Baustelle“ nach der anderen einzurichten, um damit den Ereignissen ständig nachzulaufen, sondern sorgt durch eine systemorientierte Planung und Steuerung im Gesamtnetzwerk dafür, dass sich die Schäden in Grenzen halten.

Der biokybernetische Denkansatz

Aus Sicht natürlicher Regulierungsmechanismen lassen sich weniger exakte Betriebsplanungen herausarbeiten, als vielmehr die Bedingungen zur nachhaltigen Lebensfähigkeit des Systems, wie es Betriebe oder Laboratorien darstellen.

Nach dem Begründer der Kybernetik, dem Mathematiker Norbert Wiener, beschreibt die Kybernetik biologische Prozesse in der Natur: die genetische Steuerung der Zellen, von Enzymen gesteuerte Kreisprozesse und die vom Blattgrün katalysierte Photosynthese. Kybernetik entstammt dem griechischen *kybernetes* und steht für *Steuermann*. Da das Wort heute von der Steuerung in der Datenverarbeitung so verinnahmt worden ist, dass man es nur noch mit Elektronenrechnern in Verbindung bringt, ist für die Regelmechanismen in der Natur auch der Begriff *Biokybernetik* gebräuchlich.

Die Organisation aller lebenden Systeme schafft es, alle Abläufe automatisch in Gang zu halten und zu steuern. Dazu gehören ineinander greifende Regelkreise. Jeder Regelkreis besteht aus einer Regelgröße und einem Regler. Weicht die Regelgröße von ihrem Normalwert durch eine Störung ab, wird der über Rückkopplung angesteuerte Regler entgegenwirken (= negative Rückkopplung). Wirkt er in die gleiche Richtung, wie sie von der Störung vorgegeben wird (= positive Rückkopplung), schaukelt sich die Störung zur Explosion oder zum Stillstand auf bzw. ab.

Frederic Vester verweist in seinem Buch „Die Kunst vernetzt zu denken“ [3] auf acht Grundregeln der Biokybernetik, die er der Natur abschauen konnte und Anfang der 80er Jahre erstmals im Rahmen einer UNESCO-Studie formulierte. Sie sind als Innovationsanreize zu verstehen und stellen allgemein eine Checkliste für die Strategie eines erfolgreichen Managements dar:

- Dominanz der negativen Rückkopplung: Zwar bringen positive Rückkopplungen Prozesse durch Selbstverstärkung zum Laufen, sie müs-

sen jedoch durch negative Rückkopplung wieder stabilisiert werden.

- Erkennen der Wachstumsgrenzen: Wollen Systeme überleben, müssen sie ab einer bestimmten Größe Metamorphosen durchmachen, wie die Raupe zum Schmetterling.
- Funktionsorientierung statt Produktorientierung: Funktionen bleiben lange erhalten, Produkte ändern sich häufig.
- Nutzung von Fremdenergie: Vorhandene Kräfte, wie Selbstreinigung der Gewässer, Nutzung der Auwälder und Schwammfunktion von Böden, sind zu nutzen gleich einem Judo-Kämpfer, der die Kraft des Gegners für sich gewinnbringend einsetzt.
- Mehrfachnutzung: Die wiederholte Nutzung von Produkten, Funktionen und Organisationsstrukturen vermindert den Aufwand („Pinch-System“).
- Recycling: Nutzung von Kreisprozessen zur Abfall-, Abwasser- und Ressourcen-Verwertung.
- Symbiose: Gegenseitige Nutzung verschiedener Prozesse durch Kopplung und Austausch, energieeffizient und ortsnah.
- Biologisches Design: Produkte, Verfahren und Organisationsformen sollten durch Feedback-Planungen, im Einklang mit der lokalen natürlichen Umgebung entwickelt werden.

Diese Regeln besitzen allein schon deshalb allgemeine Gültigkeit, weil sie auf sämtliche lebenden Systeme passen. Alle komplexen Systeme sind Teil einer höheren Ordnung und folgen einem Grundmuster, das sich durch alle Größenordnungen hindurch wiederholt. Die acht Grundregeln sind für das System als Ganzes anzuwenden, statt die zahlreichen Untersysteme nach ihnen auszurichten.

Vernetztes Denken in komplexen Systemen

Wie es uns die Natur zeigt und wie wir es an uns selbst als Teil der Biosphäre erfahren können, sollten wir auch bei Projekten, in Verfahrensabläufen und in Betrieben die groben Muster dieser Wirkungsgefüge erkennen.

Ein einfaches Selektieren oder Extrapolieren von Einzelschritten hilft uns in vernetzten Systemen nicht wirklich viel weiter: Rückkopplungen und Kreisläufe, sowie unerwartete Zwischenfälle, wie sie in der Realität stattfinden, müssen bei der Planung und Betrachtung ihren Raum finden.

Die Planungen dürfen nicht nur betriebswirtschaftliche harte Fakten oder Wunschgrößen enthalten, sondern auch die weichen, nicht messbaren Gegebenheiten, an deren Verken-

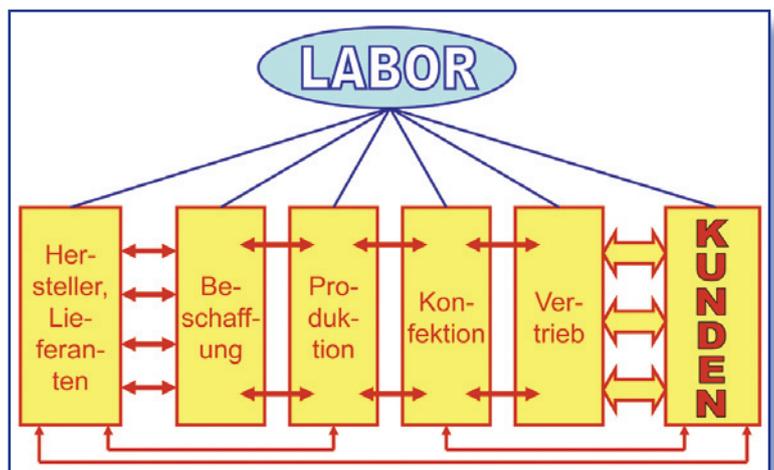
nung schon viele Vorhaben und Abläufe scheitern mussten.

Abbildung 3 verweist auf einige Faktoren, die bei dem Bau und Betrieb einer Verbrennungsanlage mit all ihren Abhängigkeiten und Rückkopplungen zu berücksichtigen wären. Dabei begleitet das einfache Ablaufschema eine Reihe von Variablen, die über Rückkopplungen aufeinander wirken können. Die Anzahl ließe sich situationsbedingt noch erweitern, denn Nachbarn, Politik, Gemeinde und gesetzliche Regelungen spielen beispielsweise ebenfalls noch eine wesentliche Rolle. So können beispielsweise die Logistik-Kosten steigen, wenn die Rohstoff-Quellen durch Streik, Naturkatastrophen, Sperrung der Transportwege u. ä. zeitweise nicht zur Verfügung stehen. Umweltauflagen führen zu nicht eingeplanten Verteuerungen. Schließlich ließe die fehlende Akzeptanz der Bevölkerung und der Politik das ganze Projekt oder den Betrieb noch vor Erreichen des Kapitalrückflusses sterben.



Abbildung 4: Graphische Darstellung der Nachhaltigkeit.

Abbildung 5: Vernetzungen außerhalb eines Laboratoriums (Beispiel).



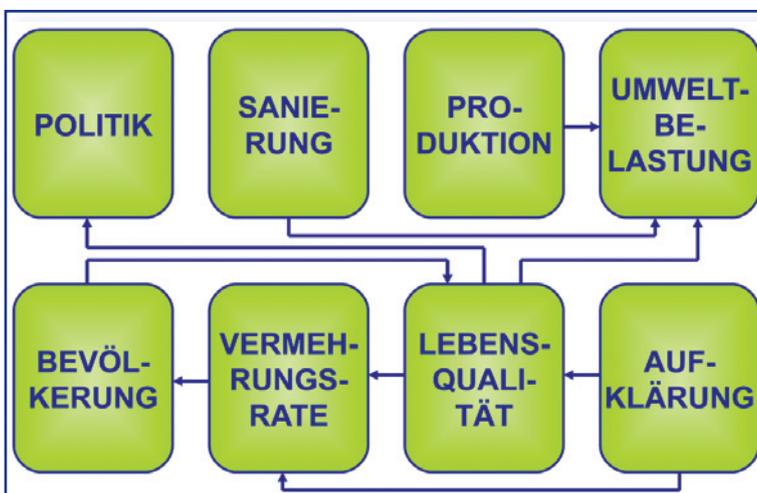
WECHSELWIRKUNGEN		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1.	Qualität	x	2	3	3	3	2	2	1	3	3
2.	Sicherheit	2	x	3	2	2	2	2	1	1	2
3.	MA-Zufriedenheit	3	3	x	3	2	3	2	2	3	3
4.	Zeitarbeit	2	2	3	x	3	3	2	3	2	3
5.	Neue Methoden	3	3	2	2	x	2	2	3	3	3
6.	Flexible Arbeitszeit	2	2	3	3	2	x	2	3	3	2
7.	Leichtarbeitsplätze	2	3	3	3	2	3	x	3	3	3
8.	Kundenaudits	3	2	2	3	3	2	2	x	3	3
9.	Schiedsanalysen	3	2	3	3	3	2	2	3	x	3
10.	Budget-Controlling	3	3	3	2	3	2	3	2	3	x

Abbildung 6: Einfluss-Matrix im Labor (Beispiel).

Ein ähnlich vernetztes System können wir in einem Laboratorium sehen (Abbildung 4): Die Qualität der Analysen wird von den Kundenwünschen bestimmt. Die Schiedsanalysen vermehren den Aufwand und fordern erhöhten Erfolgswang, um nicht die Kosten tragen zu müssen. Neue Analysen fordern neue Chemikalien und ein damit verbundenes Gefahrstoff-Management mit Gefährdungsbeurteilung, Betriebsanweisung und Unterweisung. Personalausfälle beeinflussen die Arbeitsplanung. Motivation und Weiterbildung der Mitarbeiter haben wiederum einen großen Einfluss auf die augenfällige und innere Einsatzbereitschaft der Mitarbeiter.

Aber auch die Verknüpfungen und Rückkopplungen eines Betriebslabors zu den einzelnen Be-

Abbildung 7: Verknüpfungen im Spiel „ecopoly“ von F. Vester [7].



reichen eines Betriebes, die es zu überwachen gilt, bestehen in Form von gegenseitigen Abhängigkeiten und Rückkopplungen zeitlicher, qualitätsmäßiger und ökonomischer Art (Abbildung 5). Wenn Lieferanten- oder Kundenspezifikationen nicht den vereinbarten Anforderungen genügen, können Reklamationen Zeit- und Budget-Ressourcen rauben, die nicht mehr kompensierbar sind. Wenn Betriebsstörungen, Inventuren, Personalausfälle oder Reparaturen in unüblichem Maße Zeitpläne, Personalkapazitäten und Materialbedarf durcheinander bringen, werden die Abhängigkeiten offensichtlich.

Um den einzelnen Abhängigkeiten ihre Bedeutung richtig zuzuweisen, haben sich Diagramme (Cross-Impact-Matrix) bewährt, die zusammen mit den betroffenen Parteien zu erarbeiten sind. Die Wechselwirkungen können in verschiedenen Stufen von 1 bis 3, 5 oder 10 klassifiziert werden, wie dies am Beispiel eines Labors in Abbildung 6 zu sehen ist.

Dabei dringen die verschiedenen Abhängigkeiten zum einen in das Bewusstsein der beteiligten Mitarbeiter, zum anderen lassen sich entsprechende Vorkehrungen treffen, um den Abhängigkeiten gebührend zu begegnen, etwa durch Flexibilität, Reserven, Informationen, verbesserte Kommunikation im Vorfeld.

Werden komplexe Systeme nach dem biokybernetische Vorbild untersucht, wie die verschiedenen Eingriffe sich auswirken, um optimale Lösungen zur Weiterentwicklung des Systems zu erzielen, geht man nach Professor Vester in neun ineinander greifenden Schritten vor:

- Systembeschreibung mit Haupt- und Teilzielen
- Erfassen der Einflussgrößen (Brainstorming: System als Ganzes erfassen)
- Prüfung als Systemrelevanz (Stoffe, Energien, Informationen)
- Hinterfragen der Wechselwirkungen (Cross-Impact-Matrix)
- Bestimmung der Rolle im System: aktiv, passiv, kritisch, puffernd
- Untersuchung der Gesamtvernetzung in einem zweidimensionalen Wirkungsgefüge
- Steuerung einzelner Szenarien (Test- und Regelkreis-Analysen)
- Wenn-dann-Prognosen (Trends im Systemverhalten)
- Systembewertung und Strategie.

Waren die ins Auge gefassten Systeme anfangs noch grob mit Hilfe von Diagrammen lösbar und darstellbar, so bedient man sich heute der Datenverarbeitung [6]. Die Regelkreisanalyse im Rahmen der Systembewertung gibt strategische Hinweise, die mit Hilfe der acht aus der Biokybernetik abgeleiteten allgemeingültigen Grundregeln für komplexe Systeme zu bewerten sind.

Fehler im Umgang mit komplexen Systemen

Komplexe Systeme, wie sie sich durch die evolutionäre Intelligenz herausgebildet haben, müssen nicht kompliziert sein. Verhaltensmuster des Systems und die Selbstregulation seiner Komponenten zu erkennen, lassen sich üben.

Die Beobachtungen von Dietrich Dörner führten zu sechs immer wiederkehrenden Fehlern bei Eingriffen in vernetzte Systeme:

- Falsche Zielbeschreibung (nur Einzelproblemlösungen!): Erhöhen der Gesamtsystem-Lebensfähigkeit als Hauptziel setzen!
- Unvernetzte Situationsanalyse: Missachten von Rückkopplungen und Grenzwerten
- Irreversible Schwerpunktbildung: Missachtung der anderen Bereiche
- Unbeachtete Nebenwirkungen: befangen im linear-kausalen Denken
- Übersteuerung: Verkennen zeitverzögerter Reaktionen
- Autoritäres Verhalten: Verkennen der Systemgrenzen durch Prestigesucht.

Dass diese Aufzählung auch falsches Management in den eigenen Reihen entlarvt, wird jeder schnell erkennen. Denn in der Wirtschaft und in der chemischen Industrie führten bereits mehrere Eingriffe, die nicht den vernetzten Systemcharakter der Betriebe, Laboratorien, Standorte, ja ganzer Unternehmen berücksichtigten, zu vielen sehr negativen Auswirkungen.

Zweifellos sind diese biokybernetischen Systemstrategien weniger beliebt als die herkömmlichen, einfacheren linearen Vorgehensweisen. Die uns umgebende Realität stellt jedoch ein komplexes, vernetztes System dar. So verfallen auch Controller in Unternehmen oft einer Selbsttäuschung, wenn sie glauben, mit ungeeignetem

Handwerkzeug die Wirklichkeit in den Betrieben abbilden zu können.

Viele Menschen fühlen sich durch die Konfrontation mit komplexen Systemen überfordert. Sie sperren sich sowohl gegen fachübergreifende Betrachtungen als auch gegen das systematische Erfassen vernetzter Wirkungen und Rückwirkungen selbst in den bekannten Systemen. Um dieser schulisch antrainierten Blockadehaltung entgegenzuwirken, konstruierte Frederic Vester ein Brettspiel, einen „Papp-Computer“ mit Drehscheiben, den der Ravensburger Otto Maier-Verlag 1983 unter dem Namen „Ökopolopoly“ auf den Markt brachte [7]. 2005 erschien eine auf CD-ROM weiterentwickelte Version „ecopolicy“ in 2. Auflage [8] (Abbildung 7). **CLB**

Literatur:

- [1] Dörner, D. „Problemlösen als Informationsverarbeitung“, Kohlhammer Verl., Stuttgart (1976), „Die Logik des Misslingens“, Rowohlt Verl., Hamburg (1989)
- [2] Perrow, C. „Normale Katastrophen – die unvermeidbaren Risiken der Großtechnik“
- [3] Vester, F., „Die Kunst vernetzt zu denken“, dtv (1999), 7. Aufl. (2008)
- [4] Nachtigall, W., „Bionik: Grundlagen und Beispiele für Ingenieure und Naturwissenschaftler“, Springer, Heidelberg/ New York (1998)
- [5] Rechenberg, I., „Evolutionsstrategie 94“, Frommann, Stuttgart (1994)
- [6] Vester, F., „Sensitivitätsmodell Prof. Vester“, Computergestütztes Instrumentarium frederic vester GmbH, München (<http://www.frederic-vester.de>)
- [7] Vester, F., „Simulationsspiel Ökopolopoly (Brettspiel), Otto Maier Verl., Ravensburg (1983 – 1992)
- [8] Vester, F., „Simulationsspiel ecopolicy (CD-ROM), Rombach Verl., Freiburg (1997), Westermann Verl. Braunschweig (2001), 2. Aufl. (2005) in Einzel- und Netzversion



AUFsätze



„EIN MEHR AN SICHERHEITS-INSTRUMENTARIUM ZEIGT, DASS SICHERHEIT DADURCH NICHT IMMER STEIGT!“

Den Poren auf der Spur

Metal Organic Frameworks, MOFs, sind poröse Materialien mit kristalliner Struktur. Sie bestehen typischerweise aus Komplexen mit Übergangsmetallen als „Knoten“ und organischen Molekülen (Liganden) als Verbindungen („Linker“) zwischen den Knoten. Die einfache und preiswerte Herstellung aus Basischemikalien sowie ihre außergewöhnlich großen Oberflächen machen MOFs für zahlreiche Anwendungen interessant. Durch die gezielte Veränderung der Grundbausteine lassen sich MOFs mit ganz bestimmten Eigenschaften maßschneidern.

Die Größe der Poren solcher Frameworks definiert sich über die Länge der organischen Brücken zwischen den Knotenpunkten, die meist aus Kupfer, Zink oder Chrom bestehen. Dadurch hat das poröse Gerüst eine enorme innere Oberfläche, sie beträgt bis zu 4500 m²/g, die Fläche eines halben Fußballfeldes im Volumen eines Zuckerstückchens.

Vorbild für das Speicherprinzip eines MOFs sind mikroporöse Materialien wie Aktivkohle und das natürliche Mineral Zeolith. Dass Zeolithe große Mengen von Wasser speichern können, ist bereits seit über 250 Jahren bekannt. Inzwischen nutzen bereits viele technische Anwendungen Zeolithstrukturen, ob in Katalysatoren, in thermochemischen Wärmespeichern oder für die umweltfreundliche Enthärtung von Wasser.

Der Einsatz maßgeschneiderter MOFs ist in folgenden wichtigen Bereichen denkbar:

- Auf der Suche nach alternativen Antriebsmethoden für Autos sind das Elektroauto und das Wasserstoff-betriebene Brennstoffzellenauto aussichtsreiche Kandidaten. Letzteres hat noch mehrere Hürden zu überwinden, bevor es serienreif produziert werden kann. Neben der noch fehlenden Tank-Infrastruktur in Deutschland ist die Technik vor allem noch zu teuer. Und wie transportiert man den nicht ungefährlichen Wasserstoff in den benötigten Mengen im Auto? Bestimmt nicht in Kryo- oder Hochdrucktanks. Deshalb forscht man an Materialien, die Wasserstoff aufnehmen, speichern und leicht auch wieder abgeben können.

- MOFs sind vielversprechende Kandidaten für die heterogene Katalyse. Jeder Baustein des Netzwerks kann modifiziert werden, so dass spezifische, katalytisch aktive Stellen am Gerüst oder in den Poren bereitgestellt werden.

lytisch aktive Stellen am Gerüst oder in den Poren bereitgestellt werden.

- Trennvorgänge in maßgeschneiderten MOFs können sowohl passiv durch die Porengröße als auch aktiv durch Adsorption bewerkstelligt werden.

- Für die Sensorik können MOFs synthetisiert werden, die eine Änderung der physikalischen Eigenschaften (beispielsweise optische oder elektrische) für die Detektion von Molekülen nutzen.

- Die pharmazeutische Industrie sucht effektive Systeme zur enantioselektiven Herstellung von Medikamenten oder deren Vorstufen; an Methoden zur kontrollierten beziehungsweise stimulierbaren Freisetzung von Medikamenten wird geforscht.

Seit September 2008 unterstützt die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) mit einem Schwerpunktprogramm („Poröse metallorganische Gerüstverbindungen“) verstärkt die Entwicklung neuartiger poröser Materialien. Koordiniert durch die Technische Universität Dresden (Institut für Anorganische Chemie, Prof. Dr. Stefan Kaskel) werden 14 interdisziplinäre Projekte über drei Jahre mit einem Gesamtvolumen von 4,5 Mio Euro gefördert.

Geschichte der MOFs

Vorreiter für die Entwicklung von MOFs waren Forschungen im Bereich der supramolekularen Chemie, einem Teilgebiet der Chemie, welches sich mit der Assoziation von Molekülen zu übergeordneten (Supra-) Strukturen beschäftigt. Eine andere Bezeichnung dafür ist Wirt-Gast-Chemie (Host-Guest-Chemistry). Prägend für dieses Gebiet waren Erkenntnisse über Aggregate aus Enzymen und ihren Substraten.

Zur Erforschung von Supramolekülen werden Methoden aus allen Bereichen der Chemie und der Physik eingesetzt. Zu den meistuntersuchten Verbindungsklassen in der supramolekularen Chemie gehören die Kronenether, die Kryptanden und Cryptate, nebst den zugehörigen Metalla-Topomeren, ebenso wie die Cyclodextrine und Calixarene; aber auch anorganische Wirte wie Zeolithe und Polyoxovanadate.

Die Untersuchung dieser Assoziate verfolgt mehrere Ziele: Sie versucht sowohl, tiefere Einsichten in die Natur von Enzym-Substrat-Komplexen zu vermitteln, als auch den Zugang zu verbesserten Katalysatoren und analytischen Methoden zu ermöglichen. Des Weiteren strebt die supramolekulare Chemie danach, neue Materialien mit möglichst maßgeschneiderten Eigenschaften zu synthetisieren. Das wichtigste Werkzeug ist hierbei die spontane Selbstassemblierung und Selbstorganisation. Die Amerikaner Donald J. Cram und Charles Pedersen sowie der Franzose Jean-Marie



Die Autorin:

Die promovierte Tiermedizinerin Dr. Christiane Soiné-Stark war nach ihrem Studium einige Jahre in Instituten für die Mikrobiologie und Molekularbiologie von Tierkrankheiten beschäftigt, teilweise auch in den USA und Afrika. Seit rund fünf Jahren ist sie Redaktionsmitglied bei der CLB.



Abbildung 1: Nobelpreisträger für Chemie 1987: Donald J. Cram, Jean-Marie Lehn, Charles J. Pedersen (von links nach rechts).

Lehn (Abbildung 1) erhielten für ihre Forschungen in der supramolekularen Chemie 1987 gemeinsam den Nobelpreis für Chemie, genauer „für ihre Entwicklung und Verwendung von Molekülen mit strukturspezifischer Wechselwirkung von hoher Selektivität“.

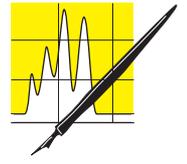
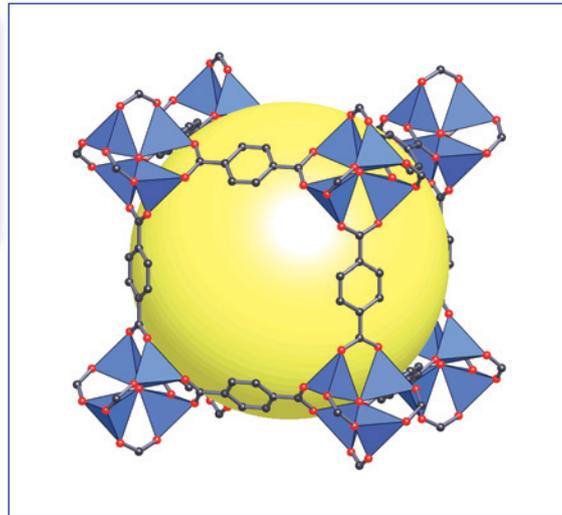
Aufgrund dieser Vorarbeiten gelang amerikanischen und japanischen Wissenschaftlern in den 90er Jahren die Entdeckung der MOFs. Die Bezeichnung „Metal-organic framework“ geht auf Omar Yaghi [1] zurück, der an der University of California (UCLA) forscht. Er hat seine unterschiedlich synthetisierten Verbindungen nach der zeitlichen Reihenfolge ihrer Entdeckung mit Nummern bezeichnet: MOF-2 stammt aus dem Jahr 1998, MOF-177 aus dem Jahr 2004. Das 1999 von O. Yaghi synthetisierte MOF-5 war ein Meilenstein.

Die Struktur der MOFs

Die modular aufgebauten MOFs sind Gerüste aus Metallzentren (Cluster), die durch organische Verbindungsmoleküle (Linker) koordinativ verbunden sind. Der Metall-Sauerstoff-Cluster oder mehrkernige Komplex ist der Knotenpunkt, der die Orientierung der organischen Linker vorgibt, wobei die Oxidationsstufe und die Koordinationszahlen des Clusters von entscheidender Bedeutung sind. Als Linker werden anionische, neutrale und seltener auch kationische organische Moleküle eingesetzt, die mindestens bifunktional sein müssen, um die Cluster zu einem dreidimensionalen porösen Netzwerk verknüpfen zu können.

Der Prototyp MOF-5 (Abbildung 2) besteht beispielsweise aus tetraedrischen Zn_4O^{6+} -Clustern, deren sechs Kanten durch Terephthalatlinker verbunden sind. Die überbrückenden Carboxylatgruppen legen die Orientierung der Linker fest, und es entsteht ein oktaedrischer Knoten $Zn_4O(RCO_2)_6$. Die Terephthalatane verknüpfen die Cluster zu einem kubischen, dreidimensionalen Netzwerk mit einem Porenvolumen von $1 \text{ cm}^3/\text{g}$. Die Porengröße gängiger MOFs variiert zwischen 5 bis 20 \AA (mikroporös) und 20 bis 500 \AA (mesoporös).

Die Länge der Linker lässt sich verstellen; dadurch wird die Porengröße modifiziert. Setzt man als Linker beispielsweise Benzocyclobutandicarboxylat-, Naphthalindicarboxylat- oder Pyrendicarboxylatanionen



AUFsätze

Abbildung 2: Der Prototyp MOF-5 (Abb.: O.M. Yaghi).

ein, entstehen kleinere (IRMOF-6) oder größere (IRMOF-8) Poren (Abbildung 3). Der Name IRMOF (Isorecticular Metal-Organic Frameworks) drückt das zu den MOFs analoge Bauprinzip aus [2].

Typische Linker (Abbildung 4) können bi-, tri- und tetra-funktional sein: BDC (1,4-benzenedicarboxylate), ADB (1,4-azodibenzoate), BTC (1,3,5-benzenetricarboxylate) und ATC (1,3,5,7-adamantanetetracarboxylate).

Außer durch längere Linker können die Poren auch durch Expansion vergrößert werden (Abbildung 5). Durch Expansion entstehen erweiterte Netzwerke mit einer übergeordneten Struktur.

Wenn allerdings die Porengröße so groß ist, dass auch Cluster darin Platz haben, entsteht ein zweites Netzwerk, das das erste durchdringen kann; dieser Prozess wird Interpenetration genannt. Durch Interpenetration wird das Porenvolumen verkleinert, sie soll also vermieden werden. Interpenetration lässt sich durch sperriges Linker-Design verhindern.

Eine Möglichkeit, die Adsorptionsfähigkeit eines MOFs zu erhöhen, besteht in der Catenierung oder Verkettung (Abbildungen 6 und 7) der Strukturen. Es zeigte sich [3], dass dadurch die Adsorption von Wasserstoff erhöht werden konnte (Abbildung 8).

Abbildung 3: Struktur von IRMOF-6 und IRMOF-8. Bild O.M. Yaghi.

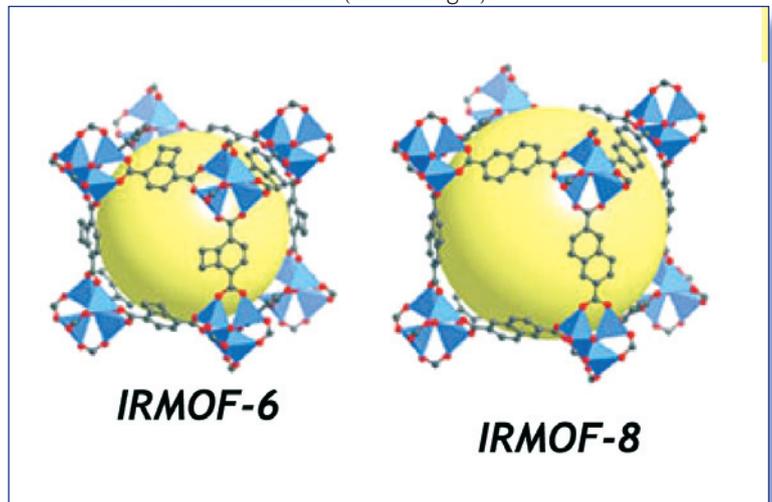


Abbildung 4:
Typische Linker in
MOFs (Abbil-
dungen 4 und 5:
M.A. Schneider,
Abbildungen
6, 7, 8 und 9:
C. Friedrichs,
alle Universität
Bayreuth).

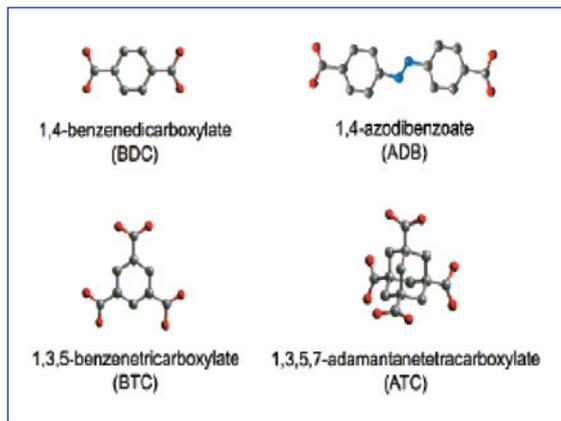
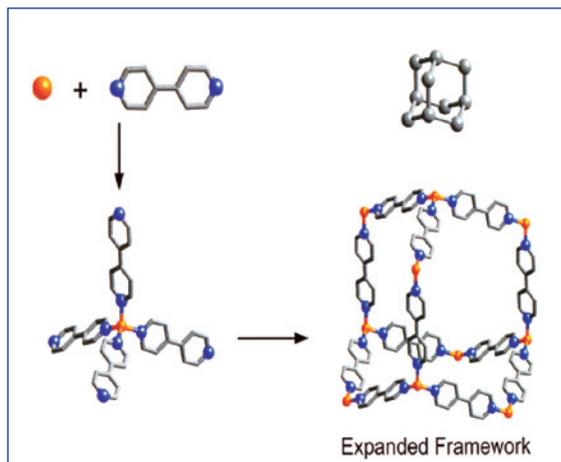


Abbildung 5:
Erweitertes
Netzwerk durch
Expansion,
dadurch sehr
große Poren..



Durch Imprägnierung des Netzwerks (Abbildung 9) wird eine Gastspezies eingeführt, beispielsweise Palladium, die neue, spezifische Adsorptionszentren zur Verfügung stellt [4].

MOF-177 ist ein Beispiel, wie man bei großen Poren die Interpenetration erschweren beziehungsweise verhindern kann. Der gleiche Cluster wie bei MOF-5 (Zn_4O^{6+}) wurde hier mit dem Dreieckslinker BTB vernetzt (Abbildung 10). MOF-177 hat eine spezifische Oberfläche von $4500 \text{ m}^2/\text{g}$. Auch bei diesen großen Poren, in die selbst Fullerene C_{60} eindringen können, wurde der Molekularsiebeffekt nachgewiesen [5].

MIL-101 ist eine der neueren porösen Gerüstverbindungen mit noch höherem spezifischen Porenvolumen

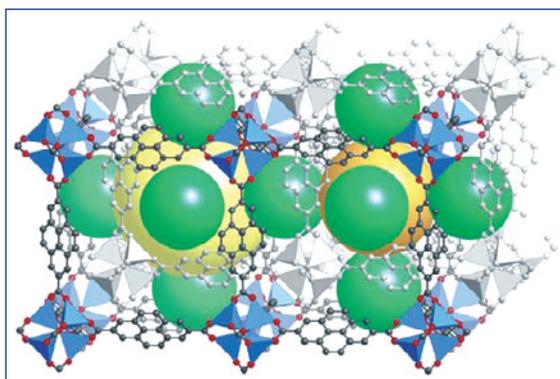
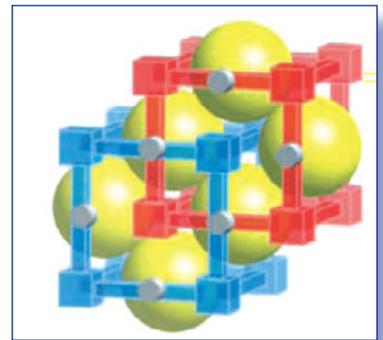


Abbildung 6:
Cateniertes
IRMOF-13.

Abbildung 7:
Catenierung
(Verknüpfung)
des Netzwerks
kann die adsorp-
tiven Zentren
vermehrten.



[6]: eine Pore ist 30 \AA lang, und ein Gramm MIL-101 bietet Platz für etwa 6000 m^2 Stickstoff.

Durch die rationale Auswahl von Clustern und Linkern in Bezug auf das Zielmolekül ist eine große Vielfalt an MOFs möglich. Durch Kristallstrukturanalysen wie Röntgen- und Neutronenbeugung, Adsorptionsmessungen, magnetische Kernresonanzspektroskopie und andere spektroskopische Methoden können bevorzugte Bindungsstellen lokalisiert und die Bindungsdynamik aufgeklärt werden; das ist die Voraussetzung für die anschließende Optimierung.

Methoden der Herstellung

Metallorganische Netzwerke werden durch einfaches Mischen der Ausgangssubstanzen und anschließende Behandlung mit höheren Temperaturen hergestellt. Das Netzwerk entsteht spontan durch Selbstorganisation. Dabei ist das Gerüst zunächst mit den Molekülen des Lösungsmittels gefüllt. Da die Struktur starr ist, kann das Lösungsmittel gegen andere Gastmoleküle ausgetauscht werden. Der Vorgang der Selbstassemblierung ist noch nicht vollständig verstanden und bleibt daher weiter Gegenstand der Forschung.

Chemiker der Ruhr-Universität Bochum haben eine neue Methode entwickelt, MOFs herzustellen: Anstatt die Komponenten einfach zu mischen und dann reagieren zu lassen, tragen sie sie schichtweise auf eine vorbereitete Oberfläche auf und können so neue und komplexere MOFs erzeugen [7]. Dabei werden die Ausgangssubstanzen nicht gemischt, sondern das Trägermaterial wird nacheinander in verschiedene Lösungen einzelner Substanzen eingetaucht. Das Wiederholen dieser Schritte ermöglicht die Herstellung homogener Schichten in einem Lage-für-Lage-Verfahren (Abbildung 11). Dieser Vorgang lässt sich automatisieren. Die strukturelle Qualität dieser bis zu 100 Schichten ist sehr hoch. Die gesamte Schichtstärke beträgt dann etwa 100 nm , genug für die Beschichtung von Sensor-Oberflächen.

Ebenfalls von den Bochumer Wissenschaftlern kommt der Vorschlag, über eine Gasphaseninfiltration von metallorganischen Verbindungen katalytisch aktive MOFs herzustellen. Durch die Zersetzung der reaktiven Organometallverbindungen entstehen in den Poren des Netzwerks metallische Nanopartikel wie Palladium [8,9].

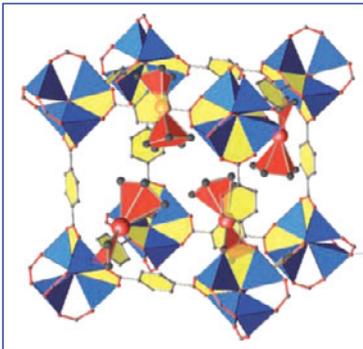


Abbildung 9:
Imprägnierung
eines Netzwerks,
[Pd(cp)(η^3 -C₃H₅)]
in MOF-5.

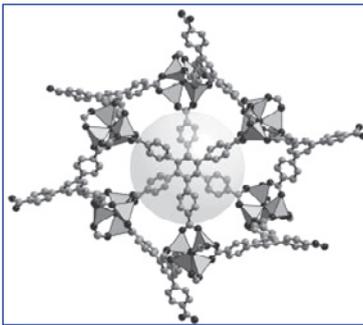


Abbildung 10:
MOF-177
(Bild: O. M. Yaghi).

Forscher der University of South Florida haben MOFs mit Zeolithtopologie, die ZMOFs, hergestellt, deren Vorteil in einer erhöhten chemischen Stabilität besteht. Sie sind aus 4,5-Imidazolidicarboxylat- oder Imidazolationen und einzelnen Metallkationen aufgebaut [10,11].

Vor einigen Jahren hat BASF eine neue, elektrochemische Synthese mittels Opferanoden für die Herstellung der MOFs entwickelt und patentiert [12]. In den Firmenlaboren werden seither erstmals Mengen von einigen Kilogramm hergestellt, zu Tabletten gepresst und an Testkunden geliefert, beispielsweise Hersteller von Laptop- und Handy-Akkus. Dort werden die Materialien (das bekannteste heißt Basolite 125, Abbildung 12) mit bestehenden Energiespeichern verglichen. Die Qualitätskontrolle wird mittels Röntgenbeugung durchgeführt.

Hydrothermale Hochdurchsatzsynthesen haben sich bewährt, um die Reaktionsbedingungen wie Konzentration, pH-Wert und andere Parameter bei der Herstellung von MOFs schnell zu variieren und auszutesten. Die Hochdurchsatz-Pulverdiffraktometrie dient dabei zur Analyse der Ergebnisse [13,14].

Die Analyse von Wechselwirkungsprozessen wird mit Methoden wie der NMR (Kernspinresonanz)- und EPR (Elektronen Paramagnetische Resonanz)-Spektroskopie durchgeführt.

Zur Herstellung von MOFs wurden bisher überwiegend preiswerte Ausgangssubstanzen verwendet. MOF-5 beispielsweise besteht aus ZnO, ein technisches UV-Pigment, und Terephthalsäure, einem Zwischenprodukt bei der Herstellung von Getränkeflaschen aus Polyethylenterephthalat (PET), beides preiswerte Ausgangsstoffe.

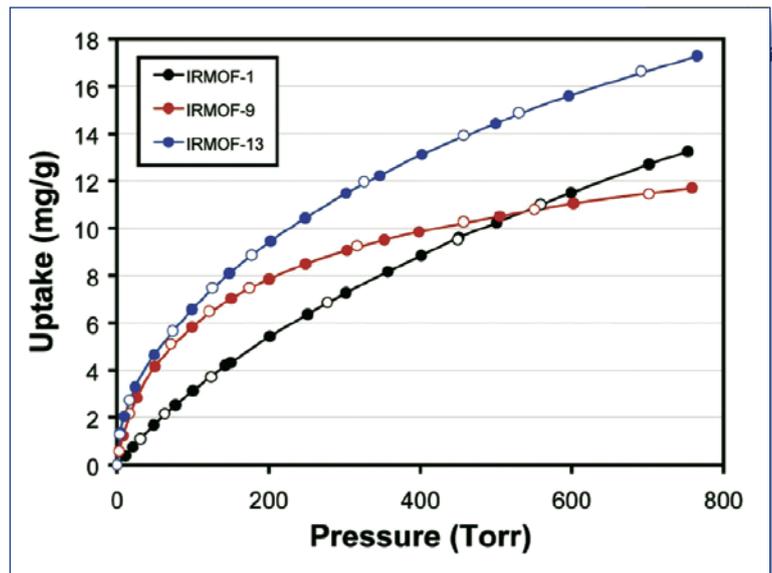


Abbildung 8:
Isothermen von
catenierten MOFs;
IRMOF-1 ist
uncateniert.

Mögliche Anwendungen

Gasspeicherung

Metal-Organic Frameworks sollen für die Speicherung von Gasen wie Wasserstoff, Methan (Erdgas) und Propan eingesetzt werden, welche als Energieträger zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Die Verwendung von MOFs als Wasserstoffspeicher ist eines der dringlichen Vorhaben. Brennstoffzellen im Auto (Abbildung 13) haben einen 20 bis 70% größeren Wirkungsgrad als Verbrennungsmotoren; Das Endprodukt ist Wasser. Ein PKW bräuchte für 500 Kilometer etwa 4 Kilogramm Wasserstoff (48m³ bei Raumtemperatur und Atmosphärendruck).

Abbildung 11: Schematische Darstellung der neuartigen Synthese von metallorganischen Netzwerken (metal organic frameworks) durch abwechselndes Belegen einer organischen Oberfläche mit Kupferionen (MLx, Schritt 1) und COOH-funktionalisierten Liganden (L, Schritt 2). Ausgangspunkt ist eine organische, COOH-terminierte Oberfläche, die durch Adsorption eines entsprechenden Organothiols hergestellt wurde. Durch Wiederholen von Schritt 1 und Schritt 2 können beliebig dicke MOF-Schichten hergestellt werden (Bild: Christof Wöll, Universität Bochum).

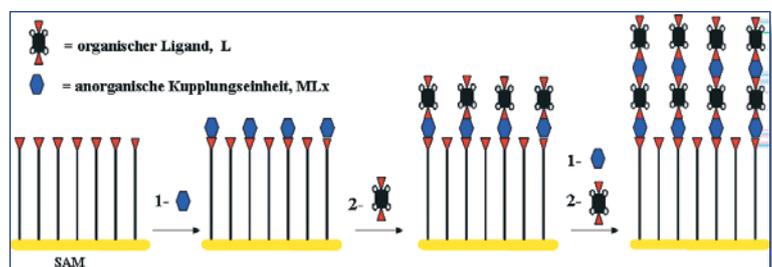


Abbildung 12:
Basolite von BASF.
spezifische
Oberfläche 1500
bis 3000 m²/g,
im Gegensatz
zu Zeolithen
and Aktivkohle
kein Totvolumen,
hohe thermische
Stabilität, Dekom-
pensation erst bei
350 bis 500 °C,
variables Design
(Bild: BASF).



Für die Wasserstoffspeicherung in MOFs spricht die schnelle Kinetik und die hohe Reversibilität, sowie die Tatsache, dass sowohl bei der Adsorption als auch bei der Desorption der Wasserstoffmoleküle nur wenig Wärme freigesetzt wird. Das erspart ein zusätzliches Kühlsystem beim Betanken. Da das Gas in den MOFs lediglich lose eingebettet ist, löst er sich von selbst heraus, sobald ein Ventil am Tank geöffnet wird.

Die maximale Wasserstoffspeicherkapazität von MOF-5 liegt bei 4,5 bis 5,2 Gewichtsprozent bei einem Druck von etwa 50 bar und einer Temperatur von 77 K [15,16,17]. Die höchste Kapazität wurde bis heute für MOF-177 gemessen mit einer massebezogenen Adsorptionskapazität von 7,5 Gew. % H₂ bei 77 K und 70 bar [15]. Das reicht jedoch dem amerikanischen Energieministerium (United States Department of Energy, DOE) noch nicht [18]: Das ultimative Wasserstofffahrzeug soll bis zum Jahr 2010 mit einer Tankfüllung 480 Kilometer weit fahren können, heißt es dort. Dafür muss der Speicher samt Tank mindestens sechs Gewichtsprozent des Treibstoffes aufnehmen (45 kg H₂/m³), und zwar bei moderaten Temperaturen von Minus 30 bis Plus 50 Grad Celsius. Bis 2015 soll der Speicher neun Gewichtsprozent (81 kg H₂/m³) aufnehmen können.

Die gute Reversibilität der Physisorptionssysteme ist dabei ein entscheidender Vorteil gegenüber chemischen Speichersystemen wie die Hydride. Die Hydride saugen den Wasserstoff nicht nur auf, sondern halten diesen im Inneren an den Metallatomen fest. Die engere Bindung führt dazu, dass insgesamt mehr Gas aufgenommen wird. Allerdings muss der Wasserstoff, wenn er gebraucht wird, zunächst durch Erhitzen losgerissen werden. Dies ist ein entscheidender Nachteil der Hydridspeicher.

Alternativ bieten sich MOFs auch für den Einsatz in Erdgas-betriebenen Autos an. Allerdings ist Erdgas ein Gemisch; es enthält neben Methan auch Ethan und andere höhere Kohlenwasserstoffe, die sich in die Poren setzen.

Für die mobile Gasspeicherung werden weiterhin MOFs mit höherer Speicherkapazität gesucht, die den Wasserstoff möglichst ohne Druck bei moderaten Temperaturen binden.

Daneben wurde exemplarisch die Speicherung von Schadstoffen aus Verbrennungsprozessen (SO₂, Stick-

oxide) oder unvollständiger Verbrennung (volatile organic compounds, VOCs) in MOFs durchgeführt [19].

Katalyse

MOFs bieten ein hohes Potenzial für die heterogene Katalyse. Die Herausforderung ist, unterschiedliche Übergangsmetalle an definierten Stellen in den Poren zu fixieren, derart, dass diese sowohl strukturbestimmend sind als auch aktive Zentren für Gastmoleküle bereit stellen [20]. Auch die organischen Linker können katalytisch aktiv werden (Organokatalyse).

Russische Forscher berichten über den Einsatz von Linkern mit chiraler Struktur, um enantioselektive Adsorbentien zu erhalten [21], ein Ansatz für die enantioselektive heterogene Katalyse für die Herstellung von Medikamenten.

Andere Forscher [12] berichten von der katalytischen Aktivierung von Alkinen (Vinylester-Synthese aus Acetylen) durch MOFs.

Die von Bochumer Forschern hergestellten katalytisch aktiven Pd-haltigen MOFs zeigten in Hydrierreaktionen eine hohe Aktivität [8,9].

Trennvorgänge

Der Einsatz von MOFs bei der Trennung von Stoffgemischen ist für präparative Prozesse größerer Mengen denkbar, aber auch für die Proben-Analyse.

MOF-177 kann beispielsweise verschiedene Farbstoffe aufgrund ihrer Molekülgröße selektiv adsorbieren [5]. MOFs können zudem zur Entfernung von Giften wie zum Beispiel Tetrahydrothiophen aus Methan genutzt werden [12]. Eine andere Gruppe konnte zeigen, dass MOFs auch in chromatographischen Applikationen zur Trennung von Alkanen genutzt werden können [22]. Mit MOFs konnten auch schon Verunreinigungen aus natürlichen Gasen entfernt werden, so zum Beispiel Spuren von Tetrahydrothiophen in Methan [12].

Wissenschaftler aus Hannover beschäftigen sich mit der Herstellung von Membranen aus MOFs. Ein Mangan-haltiges System zeigte eine hohe Selektivität für die Adsorption von Wasserstoff, was auf der eingestellten Porengröße beruht; ein Kandidat für die MOF-basierte Wasserstoffabtrennung.

Forscher der TU Kaiserslautern konnten mit Cu₃(BTC)₂ Propen aus einem Propan/Propen-Gemisch abtrennen. Gegenüber der herkömmlichen, energieintensiven Methode (Tiefemperatur-Rektifikation) wird damit eine deutliche Verbesserung der Wirtschaftlichkeit erreicht.

Sensorik

Durch ihre große Oberfläche bei kleinem Volumen und der Einbindung selektiver Adsorptionsstellen in den Poren eignen sich MOFs für sensorische Anwendungen, beispielsweise für die Schadgasmessung in

der Luft. Auch die äußere Form der MOFs ist wichtig für ihre Funktion in Systemen. In Sensoren werden ultradünne MOF-Filme gebraucht. Ein erster Schritt dorthin gelang Forschern der RUB mit ihrem Schichtungsverfahren. An der Herstellung von Membranen wird gearbeitet.

Pharmaforschung

MOFs, die auf einen äußeren Stimulus wie Änderung des pH-Werts, Gasdruck oder Lichteinstrahlung reagieren, können zu neuen Funktionen führen wie zum Beispiel die kontrollierte oder stimulierte Freisetzung von Medikamenten. Ein erster Ansatz dieser Art wurde von einer schottischen Forschergruppe der University of St. Andrews mit der kontrollierten Freisetzung Stickstoffmonoxid-beladener MOFs für therapeutische Zwecke gemacht. Französische Wissenschaftler der University of Versailles führten Studien mit Ibuprofen (Schmerzmittel)-beladenem MIL-100 und MIL-101 durch.

Auf die Möglichkeit der enantioselektiven Herstellung von Medikamenten oder deren Vorstufen wurde schon hingewiesen.

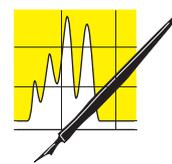
Ausblick

Bis heute gibt es schon mehrere tausend synthetisierte MOFs verschiedener Struktur. Nicht die Neusynthese, sondern die Charakterisierung und Modifizierung vorhandener MOFs ist Gegenstand der Forschung, auch im Rahmen des neuen Schwerpunktprogramms. Es gilt, die Gast-Wirt-Molekülinteraktionen qualitativ und quantitativ zu bestimmen. Bei der Analyse von Sorption, Diffusion und Reaktion von Gästen in MOFs müssen strukturelle Änderungen des zu adsorbierenden Moleküls und dynamische Prozesse im Netzwerk erfasst werden. Durch theoretische quantenchemische Berechnungen und MD-Methoden sollen energetische Zustände der Moleküle im Netzwerk bestimmt und deren Dynamik simuliert werden. Eine wichtige Rolle kommt der Anwendung und Entwicklung von spektroskopischen und Beugungsmethoden zur in situ-Analyse zu. Auf diese Weise sollen Bildungsmechanismen der MOFs, molekulare Bindungsstellen und katalytische Mechanismen in den Netzwerken aufgeklärt werden. **CLB**

Literatur

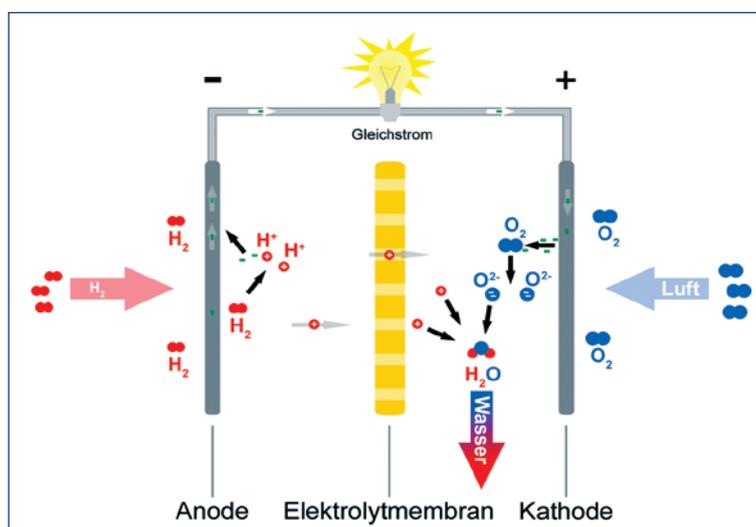
- [1] H. Li, M. Eddaoudi, M. O'Keeffe, O.M. Yaghi, Nature 1999, 402, 276-279
- [2] M. Eddaoudi, J. Kim, N. Rosi, D. Vodak, J. Wachter, M. O'Keeffe, O. M. Yaghi, Science 2002, 295, 469-472
- [3] Jesse L. C. Rowsell and Omar M. Yaghi, J. Am. Chem. Soc., 2006, 128, 1304-1315
- [4] Stephan Hermes, Marie-Katrin Schröter, Rochus Schmid, Lamma Khodeir, Martin Muhler, Arno Tissler, Richard W. Fischer und Roland A. Fischer, Angew. Chem., 2005, 117, 6394-6397

- [5] H. K. Chae, D. Y. Siberio-Perez, J. Kim, Y. Go, M. Eddaoudi, A. J. Matzger, M. O'Keeffe, O. M. Yaghi, Nature 2004, 427, 523-527
- [6] G. Ferey, C. Mellot-Draznieks, C. Serre, F. Millange, J. Dutour, S. Surble, I. Margiolaki, Science 2005, 309, 2040-2042
- [7] O. Shekhah, H. Wang, S. Kowarik, F. Schreiber, M. Paulus, M. Tolan, Ch. Sternemann, F. Evers, D. Zacher, R. A. Fischer, Ch. Wöll, J. Am. Chem. Soc. 2007, 129, 15118-15119
- [8] S. Hermes, M. K. Schröter, R. Schmid, L. Khodeir, M. Muhler, A. Tissler, R. W. Fischer, R. A. Fischer, Angew. Chem., Int. Ed. 2005, 44, 6237-6241
- [9] S. Hermes, F. Schroder, S. Amirjalayer, R. Schmid, R. A. Fischer, J. Mater. Chem. 2006, 16, 2464-2472
- [10] Y. L. Liu, V. C. Kravtsov, R. Larsen, M. Eddaoudi, Chem. Commun. 2006, 1488-1490
- [11] K. S. Park, Z. Ni, A. P. Cote, J. Y. Choi, R. D. Huang, F. J. Uribe-Romo, H. K. Chae, M. O'Keeffe, O. M. Yaghi, Proc. Nat. Acad. Sci. 2006, 103, 10186-10191
- [12] U. Müller, M. Schubert, F. Teich, H. Pütter, K. Schierle-Arndt, J. Pastre, J. Mater. Chem 2006, 16, 626-636
- [13] N. Stock, T. Bein, Angew. Chem., Int. Ed. 2004, 43, 749-752
- [14] E. Biemmi, T. Bein, N. Stock, Solid State Sci. 2006, 8, 363-370
- [15] G. Wong-Foy, A.J. Matzger, O.M. Yaghi, J. Am. Chem. Soc., 2006, 128, 3494
- [16] A. Dailly, J.J. Vajo, C. Ahn, J. Chem. Phys. B, 2006, 110, 1099
- [17] B. Panella, M. Hirscher, H. Pütter, U. Müller, Adv. Funct. Mat., 2006, 16, 520
- [18] <http://www.energy.gov/>
- [19] H. Dathe, E. Peringer, V. Roberts, A. Jentys, J. A. Lercher, Compt. Rend. Chim. 2005, 8, 753-763
- [20] K. Schlichte, T. Kratzke, S. Kaskel, Microporous Mesoporous Mater. 2004, 73, 81-88
- [21] D. N. Dybtsev, A. L. Nuzhdin, H. Chun, K. P. Bryliakov, E. P. Talsi, V. P. Fedin, K. Kim, Angew. Chem., Int. Ed. 2006, 45, 916-920
- [22] B. L. Chen, C. D. Liang, J. Yang, D. S. Contreras, Y. L. Clancy, E. B. Lobkovsky, O. M. Yaghi, S. Dai, Angew. Chem., Int. Ed. 2006, 45, 1390-1393



AUFsätze

Abbildung 13: Schematische Darstellung der Funktion einer Brennstoffzelle (Grafik: Christoph Lingg).





Das Online-Magazin
für Labor und Analytik

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

Suche:

Das Online-Magazin für Labor und Analytik

Aktuelles und Neues

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

Labor Branchenbuch

- Hersteller, Händler
- Laboratorien
- Sonstiges

Analytik Weblinks

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

Ihr Ansprechpartner



Dr. Torsten Beyer

Labor Partnerseiten

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

++ ANALYTIK NEWS Aktuell ++
Produktneuheiten
Stellenmarkt
Nachrichten
Veranstaltungen
Links

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

In unseren wöchentlichen und monatlichen Email-Newslettern informieren wir mehr als 30.000 Anwender im deutschsprachigen Raum über Produktneuheiten, Nachrichten, Fachartikel, Veranstaltungen, Stellenangebote und vieles mehr.

ANALYTIK NewsFlash Extra: Februar 2008

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

Archiv
ANALYTIK NewsFlash abonnieren
Inserieren

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

--> ANALYTIK NewsFlash Extra lesen

Labor Produktneuheiten

alle
ANALYTIK NewsFlash abonnieren
RSS-Feed
Laborprodukt inserieren

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

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

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

Die Adresse
für Analytik-
Literatur



WILEY-VCH

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

Was Sie bei uns finden

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

CLB – Memory

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

März 2009

Carolin Vogt als Studienbotschafterin in Baden-Württemberg

Authentisch Erfahrungen an Schüler vermitteln

Die Aktion Studienbotschafter ist Teil der Informationskampagne „Gscheit studiert“, die vom baden-württembergischen Wissenschaftsministerium initiiert wurde. Nach einer speziellen Schulung der Servicestelle Studieninformation, -orientierung und -beratung (SIOB) werden Studierende an Schulen entsendet. Mittlerweile sind rund 200 Studienbotschafter unterwegs. Eine von ihnen ist Carolin Vogt.

Sie ist eine engagierte Studierende der Fakultät Angewandte Chemie der Hochschule Reutlingen. Begeistert von ihrem Studienfach, will sie Schülerinnen und Schüler der Oberstufe Orientierungshilfen geben und vorhandene Berührungspunkte mit den Naturwissenschaften, insbesondere mit der Chemie zerstreuen.

Da sie mitten im Studium steht, kann sie vor Oberstufenschülern sehr realistisch berichten, wie ihr eigener Entscheidungsweg zum „richtigen“ Studienfach verlaufen ist und wie man sich im Studium zurechtfindet. Sie steht Rede und Antwort zu den verschiedensten Themen. Wie bewirbt man sich? Welche Unterschiede bestehen zwischen den Hochschularten? Wie finanziert man das Studium? Welche Berufsfelder gibt es? Häufig informiert sie Schulklassen zusammen mit Studierenden anderer Fachrichtungen, je nach Wunsch der Schule.

„Für mich war meine Studienentscheidung kein Problem. In Neuseeland habe ich ein Schuljahr

verbracht und das Fach Chemie gewählt. Da dort der Unterricht auch im Labor stattfand, also Theorie und Praxis gut gemischt waren, wusste ich ziemlich genau, worauf ich mich einlasse“, erklärt die 23-jährige Carolin. An den hiesigen Schulen sei dies leider nicht so, die naturwissenschaftlichen Fächer müssen meist theoretisch und das noch in einer reduzierten Stundenzahl abgehandelt werden. Umso schwieriger sei es dann natürlich für Schüler, sich für ein Chemie-, Physik- oder ein Biologiestudium zu entscheiden.

Als ausgezeichnete Studentin im gerade abgeschlossenen vierten Semester mit einem Notendurchschnitt von 1,5 ist für sie die Entscheidung für Chemie nach wie vor eine gute gewesen. Auch die Entscheidung für ein Chemie-Studium an der Hochschule Reutlingen, und nicht an einer Universität, sei für sie richtig gewesen. „Ich fühle mich hier sehr wohl, die Professoren kennen ihre Studierenden, man wird von allen Seiten unterstützt“, so die Studentin, „hervorragend geregelt sind die Möglichkeiten, ein Auslandssemester an einer Partnerhochschule verbringen zu können“. So war sie schon im zweiten Semester in Irland an der Dublin City University und sammelte weitere Auslandserfahrungen. In der Fakultät Angewandte Chemie freut sie sich zudem über die Kontakte zu den chinesischen und mexikanischen Studienkollegen.

Auch diese Seiten eines Studiums sind den Schülern oftmals fremd, so ihre Erfahrungen. Häu-

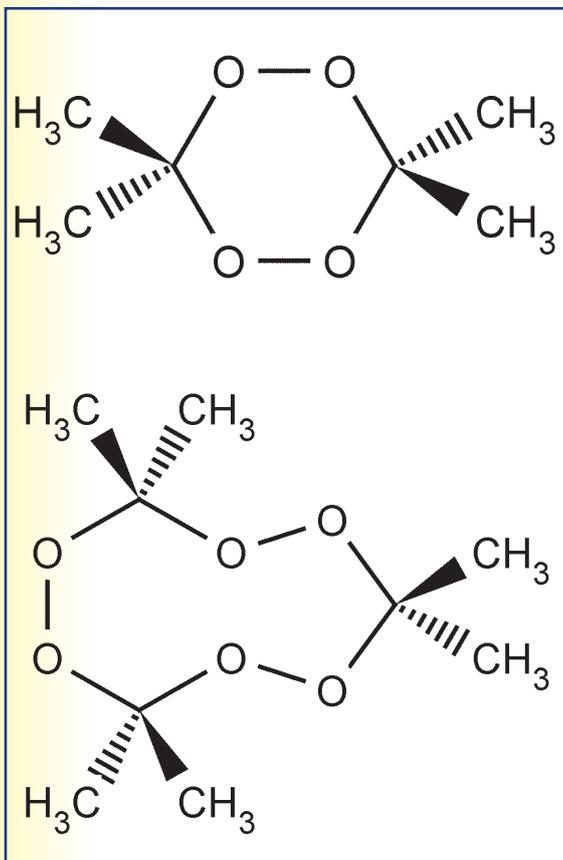
fig sind sie noch unentschieden, in welche Fachrichtung sie gehen wollen. Am meisten beschäftigt die Schüler, wie ein Studium finanziert werden könne, es gäbe doch die Studiengebühren, und ob die Noten denn gut genug wären für ein Studium, ob man es denn überhaupt schaffen könne. „Da kann ich nur sagen, einfach versuchen und sich auf den Hosenboden setzen und lernen. Wenn man etwas will, schafft man es auch“, so Carolin. Außerdem gibt es viele Möglichkeiten, sich um ein Stipendium zu bewerben, um die Studienfinanzierung zu erleichtern. Sie selbst bewarb sich beispielsweise erfolgreich für ein zweijähriges Stipendienprojekt der Fa. Benecke-Kaliko. Als Stipendiatin erhält sie während dieser zwei Jahre eine monatliche Unterstützung, im Gegenzug arbeitet sie in den Semesterferien als Werkstudentin und verbringt das halbjährige Praxissemester in dem Unternehmen.

Chemie-Studierende Carolin Vogt informiert als Studienbotschafterin Schüler der Fritz-Ruoff Schule in Nürtingen (Foto: Hochschule Reutlingen).



Entsorgung von Chemikalien

Voraussetzung: Stoffeigenschaften kennen



Strukturformel von Acetonperoxid, oben als Dimer, unten als Trimer.

Für eine korrekte Entsorgung muss man die Stoffeigenschaften genau kennen, zum Beispiel muss man wissen, ob ein zu entsorgender Stoff leichtentzündlich oder giftig ist. Häufig haben Betriebe eine Art Vorklärbecken, in denen beispielsweise eine Neutralisation von Säuren und Laugen geschieht, bevor sie in die Kanalisation gelangen. Im Labor stehen dann verschiedene Gefäße bereit, in denen man alles, was nicht in den Ausguss darf, sammelt. Zum Beispiel ein Sammelbehälter für flüssige organische Abfälle ohne Halogene, einer für flüssige organische Abfälle mit Halogenen, einer für feste organische Abfälle und einer für anorganische Abfälle mit Schwermetallen.

Aceton und Wasserstoffperoxid

Im September 2001 wurde das Institut für Bodenkunde der Universität Bonn weiträumig abgesperrt, um „einen Kanister mit der hochexplosiven Chemikalie Acetonperoxid“ zu entschärfen. Neben Feuerwehr und Polizei waren der Kampfmittelräumdienst und die GSG9 zur Stelle, das WDR-Fernsehen berichtete live vom Unglücksort. Im Institut waren in ein 60-Liter-Gefäß Lösemittelrückstände, und zwar Aceton und Wasserstoffperoxid (angeblich

30prozentig), unbeabsichtigt oder aus Unkenntnis von Mitarbeitern oder Studenten „zusammengekippt“ worden. Der Kanister war am Mittwoch der Vorwoche im Keller des Instituts zur „Entsorgung durch ein Entsorgungsunternehmen“ bereitgestellt worden. Das Entsorgungsunternehmen hatte jedoch bis Freitag aus noch nicht geklärten Umständen den Kanister nicht abgeholt. Daher blieb der Kanister über das Wochenende vergessen im Keller stehen.

Am Montag erinnerte man sich an den Kanister, den möglicherweise explosiven Inhalt und alarmierte die Feuerwehr. Durch die Umsicht des Chefchemikers der Bonner Feuerwehr wurde die Situation wie folgt „entschärft“: Zuerst rückte der Kampfmittelräumdienst ab, da er sich für „nicht zuständig“ erklärte. Die GSG9 kam mit einem ferngesteuerten Roboter und die Feuerwehr baute vor dem Institut ein kleines Schwimmbecken als Entsorgungsbecken auf. Das Schwimmbecken wurde mit mehreren Kubikmetern Wasser gefüllt, die GSG9 barg daraufhin den Kanister, der anschließend in die Wasservorlage entleert wurde. Aufgrund der großen Verdünnung wurde das Acetonperoxid unschädlich gemacht. Das kontaminierte Wasser konnte danach ohne weitere Probleme entsorgt werden.

Sowohl Aceton als auch Wasserstoffperoxid sind in die Wassergefährdungskategorie WGK 1 (Schwach wassergefährdende Stoffe) eingestuft und in jedem Verhältnis mit Wasser mischbar. Die Bildung von Peroxiden aus Aceton mit Oxidationsmitteln, hier Wasserstoffperoxid, ist hinreichend bekannt. Viele Unfälle, vor allem im Laborbereich, sind in der Literatur beschrie-

Stoff	Summenformel	CAS-Nr.
Aceton	C_3H_6O	67-64-1
Acetonperoxy Radikal	$C_3H_5O_3$	88181-69-5
Acetonperoxid (allgemein)		1336-17-0
Acetonperoxid, monomer	$C_3H_8O_4$	2614-76-8
Acetonperoxid, dimer, cyclisch	$C_6H_{12}O_4$	1073-91-2
Acetonperoxid, dimer, linear	$C_6H_{14}O_6$	-
Acetonperoxid, trimer	$C_9H_{18}O_6$	17088-37-8

ben. Aus Aceton ist die Bildung von monomeren, dimeren und/oder trimeren Peroxiden möglich (siehe Tabelle). Dieses Ereignis zeigt, dass in vielen Laboratorien keine klaren Regelungen über die Entsorgung von Abfällen sowie deren möglicher „Reaktionsfreude“ mit anderen Abfällen bestehen.

Acetonperoxid ist tückisch und gefährlich gleichermaßen. Bereits bei 130 Grad Celsius kann es explodieren. Bei einer Lagerung bei erhöhter Temperatur zersetzt es sich innerhalb weniger Stunden. Auch die beim Öffnen eines Schraubverschlusses entstehende Reibungsenergie kann ausreichen, um ein in das Gewinde gelangtes Korn zur Explosion zu bringen, was das gesamte Behältnis zur Explosion bringen würde. Bei Raumtemperatur bilden sich durch Sublimation des Acetonperoxids bereits nach wenigen Tagen im Bereich des Gefäßverschlusses Kristalle, die beim Öffnen explodieren können. Die Sprengkraft von Acetonperoxid liegt, je nach Testmethode, bei 80 bis 100 Prozent der Sprengkraft von Trinitrotoluol (TNT) und übertrifft damit die von Initialsprengstoffen wie Quecksilberfulminat.

In einem Fallhammersversuch mit einem 1 kg-Fallhammer (üblich sind bei normalen Sprengstoffen Untersuchungen mit einem 2 kg-Fallhammer) detoniert es bei Schlag aus nur drei Zentimetern Höhe. Acetonperoxid ist damit einer der schlagempfindlichsten Stoffe.

Acetonperoxid ist also außerordentlich instabil und gefährlich und unterliegt darüber hinaus dem Sprengstoffrecht (insbesondere der Erlaubnispflicht des § 27 Sprengstoffgesetz, sofern keine Ausnahmen nach der 1. Verordnung zum Sprengstoffgesetz für Forschung und Lehre greifen).

Eine Aufgabe beim Umgang mit dem Lösungsmittel Aceton: Das Lösungsmittel wurde durch Stehenlassen über Phosphorperoxid wasserfrei gemacht. Wie kann man den nach Abdestillieren des Lösungsmittels verbleibenden Rückstand entsorgen? Wenn der Rückstand eine erhebliche Menge darstellt, ist es nicht vertretbar, alles einfach ins Ausgussbecken zu geben. Der Rückstand enthält noch etwas Aceton, falls die Mischung durch die Destillation nicht unzulässigerweise „trocken gebraten“ wurde. Zu diesem Rest tropft man langsam Wasser zu. Dies mischt sich mit dem Aceton. Die Reaktion ist deshalb weniger heftig, als wenn Wasser auf pures Pentoxid träfe.

Nachdem die Mischung einphasig geworden ist, neutralisiert man mit verdünnter Natronlauge und gibt die Mischung in die Abfallkanne. Man kann statt Wasser auch Ethanol nehmen. Falsch ist die Neutralisation mit Carbonat, weil dies zu einem Druckstau in den Sammelbehältern führen kann, wenn der Inhalt zum Beispiel durch Hydrolyse von Halogenalkanen nachsäuert.

Alkalimetalle

Ein Chemiker wollte zwei Musterflaschen mit Na-Dispersion (je 1,2 Kilogramm Na-Dispersion, 33prozentig, in Xylol), die mindestens 16 Jahre alt waren, vernichten. Die Musterflaschen waren noch in der Originalverpackung, das Alter konnte anhand der Lagerliste im Chemikalienlager ermittelt werden. Während sich normalerweise eine Na-Dispersion in Xylol innerhalb kurzer Zeit absetzt und neben einem grauen Bodensatz aus Natrium eine überstehende, farblos klare Xylolschicht ausbildet, hatte sich im vorliegenden Fall die Xylolschicht in eine feste, weiß-gelbliche Masse umgewandelt.

Beim Versuch, mit einem Metallspatel eine Probe dieser Schicht aus der Flasche zu entnehmen und in Ethanol einzutragen, kam es zu einer heftigen Detonation. Im Chemiebetrieb empfahl man, solche alten Muster zukünftig unter entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen von der Werksfeuerwehr durch Verbrennen auf zugelassenen Brandplätzen im Freien zu vernichten.

Aus der Unfallbeschreibung geht nicht hervor, ob das Volumen in der Flasche noch den Stand wie vor 16 Jahren hatte oder ob Xylol entweichen konnte. Bei Luftzutritt kann Peroxidbildung nicht ausgeschlossen werden. Alkaliperoxide sind gegen Reibung, wie hier mit dem Metallspatel, sehr empfindlich. Alte Bestände mit einem orange oder gelben Überzug sollen nicht mehr mit einem Metallspatel oder -messer geschnitten werden. Sie müssen durch Verbrennen in einem offenen Feuer – wie oben angeführt – oder durch Eintragen in tert.-Butanol in kleinen Portionen unter Xylol in einem geeigneten Abzug vernichtet werden. Wegen der erhöhten Reaktionsfähigkeit von Alkalimetallen mit Methanol beziehungsweise Ethanol sind höhere Alkohole,

Natriumhydrid Suspension (60% In Parafinöl) Zur Synthese

R15: Reagiert mit Wasser unter Bildung hochentzündlicher Gase.

R34: Verursacht Verätzungen.

S7/8: Behälter trocken und dicht geschlossen halten.

S26: Bei Berührung mit den Augen sofort gründlich mit Wasser abspülen und Arzt konsultieren.

S36/37/39: Bei der Arbeit geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und Schutzbrille / Gesichtsschutz tragen.

S43.6: Zum Löschen Sand, kein Wasser verwenden.

S45: Bei Unfall oder Unwohlsein sofort Arzt zuziehen (wenn möglich Etikett vorzeigen).



Als Anschauungsobjekt lässt sich Natrium unter Argon aufbewahren (Foto: RK).

wie zum Beispiel Butanole, sicherer. Dieser Unfall gibt Veranlassung, Labor- und Lagerbestände an Alkalimetallen oder deren Dispersionen laufend zu überprüfen, mit einem „Verfalldatum“ zu versehen und „ältere Semester“ unter den zuvor ge-

nannten Sicherheitsmaßnahmen zu vernichten.

Wie ist Natrium allgemein zu deaktivieren? Natrium wird üblicherweise mit Alkoholen (Ethanol, Isopropanol) oder auch Brennspritus umgesetzt. Für die sichere Durchführung dieser Reaktion sind große Mengen Lösungsmittel erforderlich. Nur durch die Vorlage von reichlich Ethanol ist eine ausreichende Kühlung gewährleistet. Bei zu hoher Alkoholkonzentration kann sich das abreagierende Natrium wegen der hohen Viskosität der Mischung bis zur Entzündung erhitzen. Ganz falsch ist die Kühlung im Eisbad, weil bei einem Kolbenbruch – zum Beispiel infolge thermischer Spannung – die sofortige explosive Reaktion mit dem Wasser droht.

Verzögerte Entzündungen

Es gibt auch Reaktionsgemische, die sich mit Zeitverzögerung entzünden können. Problematisch sind vor allem Feststoffabfälle, in die starke Oxidationsmittel oder Reduktionsmittel gegeben werden. (Beispiele: Kaliumpermanganat oder Lithiumaluminiumhydrid) Die Stoffe haben zu Beginn nur wenig Kontakt mit den potentiellen Reaktionspartnern, weshalb die Reaktion mit starker Verspätung einsetzt. Flüssigkeitsgemische reagieren im allgemeinen schneller.

Allerdings kann eine langsame Gasentwicklung ein fest verschlossenes Gefäß auch nach langer Zeit zum Bersten bringen.

Beispielsweise kann ein Glasgefäß explodieren, wenn dort ein Wasserstoffperoxid-Essigsäure-Gemisch unsachgemäß gelagert wird. Die Explosion der Flasche bedeutet aber zunächst noch keinen Brand.

Natriumhydrid

Ein Problem aus der Praxis: Im Labor ist eine Flasche Natriumhydrid-Lösung auf dem Fußboden zerbrochen (R- und S-Sätze im Kasten unten). Bei der Entsorgung gibt es einige Besonderheiten zu beachten. Das Verschüttete ist mit Spatel oder Spachtel zusammenzukratzen und aufzunehmen. Dazu soll man weder Zellstoff noch Bindemittel verwenden, da sie Feuchtigkeit enthalten können. Man deaktiviert das Aufgenommene vorsichtig mit Alkohol. Manchmal wird von brennbaren Lösungsmitteln wegen der Zündgefahr abgeraten und statt dessen Wasser oder besser konzentrierte Magnesiumsulfatlösung empfohlen, in das wegen der heftigen Reaktion sehr langsam portionsweise einzutragen ist. In jedem Fall muss die Reaktion inklusive der Wasserstoffentwicklung beherrschbar bleiben.

Der Fußboden muss hinterher natürlich noch mit Wasser nachgereinigt werden. Die Inhalationsgefahr ist gering, da eine ölige Suspension kaum inhalierbar ist. Der sich möglicherweise entwickelnde Wasserstoff ist nicht giftig. Die Lösung geht keine spontane Reaktion mit Luft ein, reagiert aber heftig mit Wasser oder Oxidationsmitteln. Dabei kann sich Wasserstoff entwickeln. Dieser kann auch an entfernten Zündquellen zünden.

Quecksilber und Quacksalber

Im Oktober 2002 entdeckte man auf einem Schulhof eine größere Menge Quecksilber. Mit der Schlagzeile: „Quecksilber auf dem Schulhof löst Alarm aus; 40 Schüler kamen mit giftiger Chemikalie in Berührung“

Gefahrensymbole: T = Giftig, N = Umweltgefährlich
 R-Sätze: R 23 Giftig beim Einatmen (Trifft nur für Hg-Dampf zu)
 R 33 Gefahr kumulativer Wirkungen
 R 50/43 Sehr giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben
 S-Sätze: S (1/2) Unter Verschluss und für Kinder unzugänglich aufbewahren
 S 7 Behälter dicht geschlossen halten
 S 45 Bei Unfall oder Unwohlsein sofort Arzt hinzuziehen
 S 60 Dieses Produkt und sein Behälter sind als gefährlicher Abfall zu entsorgen
 S 61 Freisetzung in die Umwelt vermeiden. Besondere Anweisungen einholen / Sicherheitsdatenblatt zu Rate ziehen

hat die Presse das Auffinden von ca. zwei bis drei Kilogramm Quecksilber kommentiert. Mehrere Feuerwehren, ausgerüstet für den Gefahrguteinsatz, waren vor Ort. Eine Spezialfirma zur Entsorgung wurde gerufen. Nach einigen Tagen las man, dass der Chemieunfall laut Polizei von drei gut 15jährigen RealSchülern verursacht worden war. Sie hatten die Flasche mit dem Quecksilber aus dem schuleigenen Physiksaal gestohlen. Als die Schüler die Flasche auf dem Pausenhof genauer unter die Lupe nehmen wollten, fiel sie zu Boden und das Quecksilber lief aus. Die leere Flasche fand man später im Gebüsch.

Zur Entsorgung wird berichtet: Sechs Liter Eiweiß zum Abbinden hatten die Einsatzfahrzeuge mitgebracht. Der unebene Boden erschwerte jedoch die restlose Aufnahme der giftigen Chemikalie. Deshalb musste eine Spezialfirma gerufen werden. Mit Schwefelsäure und unter Atemschutz in einem Spezialanzug entfernte ein Mitarbeiter das Quecksilber. Auf einem Foto ist eine Person mit Schutzanzug und Atemmaske zu sehen, die mit einem Kehrblech offensichtlich das auf einer kreisrunden Fläche von etwa einem Meter Durchmesser ausgebreitete Quecksilber in Kunststoffbehälter füllt. Der äußere Rand zeigt ein weißliches Pulver.

Was sagt der Römpp (10. Auflage, S. 3678 ff) dazu? In luftfreier Salzsäure und verdünnter Schwefelsäure löst sich Hg nicht auf, weil es wie die Edelmetalle in der Spannungsreihe unterhalb von Wasserstoff steht. Hg löst sich in oxidierenden Säuren (Königswasser, Salpetersäure usw.) und konzentrierter heißer Schwefelsäure. Wegen der Gefährlichkeit von Hg-Dämpfen ist es besonders wichtig, auch kleinste Mengen an Hg so schnell wie möglich unschädlich zu machen. Hat sich das verschüttete Hg sehr fein zerteilt, so kann man sich behelfen durch Auf-

streuen Hg-bindender Stoffe wie Mercurisorb (Handelsprodukt), Schwefel-Pulver, Zink-Staub zusammen mit Kupfersulfat, Kupfer-Pulver, Iod-Kohle, frischen Zink- und Messing-Feilspänen, durch Aufsaugen mit speziellen Vakuumpipetten oder mit PU-Schaumstoffen oder auch durch Aufbringen von Trockeneis oder Aufnehmen mittels Klebestreifen. Soweit der Römpp.

Damit ist auch das Bild erklärt, denn der „Entsorger“ hat offensichtlich Schwefel-Pulver um das Quecksilber geschüttet, um es mit einem Kehrblech über das Quecksilber zu verteilen. So kann das Quecksilber aufgenommen und entsorgt werden. Die verwendete Schwefelsäure ist also wohl eine Zeitungsente. Laut Presse hätten rund 40 Schüler in der Pause die hochgiftige Chemikalie berührt. Dabei seien die meisten Schüler aber nur mit den Schuhen mit dem Quecksilber in Kontakt gekommen. Die Wahrscheinlichkeit, dass eines der Kinder die giftigen Dämpfe eingeatmet hätte, stuft der Abschnittsleiter als gering ein, da das Quecksilber schwerer als Luft sei.

Während metallisches Quecksilber nicht giftig ist, denn metallisches Quecksilber ist nach oraler Aufnahme praktisch nicht resorbierbar, geht die Gefahr beim Menschen vor allem von Hg-Dämpfen aus. Hg-Dampf wird in der Lunge zu etwa 80 Prozent resorbiert, wovon wiederum 80 Prozent direkt ins Blut übergehen. Hier überwindet das elementare Hg die Blut-Hirnschranke und wirkt als Zell- und Protoplasmagift, das in Leber, Nieren, Milz und Gehirn gespeichert und nur langsam wieder über Nieren, Darm, Speichel und Schweißdrüsen eliminiert wird. Typische Hg-Vergiftungserscheinungen werden deshalb von langjährigen Expositionen gegenüber kleinsten Hg-Dampfmengen ausgelöst.

Ein Notarzt untersuchte die Schüler vor Ort und teilte mit,

dass keine akute Gefahr bestehe, allerdings müssten die Schüler auf Spätfolgen achten. Zur Information erhielten sie ein Einsatzprotokoll. In der Schule mussten sie sich nur die Hände waschen. Also keine akuten Vergiftungsanzeichen, was nach dieser relativ kurzen Kontaktzeit auch nicht zu erwarten war. Aber wie gemeldet, „seien die meisten Schüler nur mit den Schuhen mit dem Quecksilber in Kontakt gekommen“. Also muss davon ausgegangen werden, dass Quecksilber vom Schuhwerk aufgenommen und in den Privatbereich transportiert worden ist. Aus Sicherheitsgründen hätte vor Ort angeordnet werden müssen, kontaminiertes Schuhwerk auszuziehen und als Sonderabfall zu entsorgen.

Wie insgesamt die Gefährdung von Quecksilber zu bewerten ist, zeigen die Daten im Kasten unten. Daraus geht hervor, dass schon bei niedrigen Raumtemperaturen ausreichende Mengen an Hg-Dampf entstehen, um in geschlossenen Räumen längerfristig chronische Schäden hervorzurufen. Diese Gefahr war auf dem Schulhof zwar nicht gegeben, ergibt sich aber aus dem durch das am Schuhwerk haftende Hg, deren Menge keiner kennt.

Eine ständige Quelle und latente Gefahr chronischer Vergiftungen sind die Hg-Mengen, die von nicht beseitigten Hg-Mengen zum Beispiel von zerbrochenen Quecksilber-Thermometern in Haushalt, Krankenhaus und Labor ausgehen, wenn die Hg-Reste nicht restlos aufgenommen werden. Von Zahnärzten sind chronische Vergiftungserscheinungen bekannt, vor allem am zentralen Nervensystem (ZNS). Sie basieren auf langfristigem und nicht ordnungsgemäßem Umgang mit Hg bei der Amalgam-Herstellung. Weitere Beispiele möglicher chronischer Hg-Vergiftungen sind die Vergoldung mit Goldamalgam und die Spiegelherstellung.

Dr. Maren Bulmahn

Schweizer Studie zu Nanotechnik im Lebensmittelbereich

Innovationspotenzial bei Verpackungen

Die Nanotechnologie hält Einzug in den Lebensmittelbereich: in Form von Zusatzstoffen oder in Verpackungsmaterialien. Eine Studie vom Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung TA-SWISS schafft eine Übersicht, welche synthetischen Nanomaterialien dazu bereits verwendet werden. Sie bewertet Produkte, die Nanomaterialien enthalten, bezüglich Umweltfragen und Nachhaltigkeit. Weiter zeigt sie auf, wo mögliche Entwicklungen sein könnten und wo Vorsicht geboten ist.

Mehr als anderswo stellt sich bei Lebensmitteln die Frage: was ist Nano und was bewirkt Nano? Denn was wir essen, gelangt in unseren Körper. Also soll zumindest nichts drin sein, was für den Organismus schädlich ist. In Schweizer Läden, so zeigt die TA-SWISS-Studie, sind nur wenige Lebensmittel mit nanoskaligen Zusatzstoffen erhältlich. Diese sind längst erprobt und gelten als unbedenklich. Allerdings können übers Internet auch Produkte aus dem Ausland bezogen werden, die in der Schweiz nicht zulässige und evtl. gesundheitlich bedenkliche nanoskalige Zusatzstoffe enthalten.

Für eine umweltverträgliche und gesundheitsfördernde Ernährung hat die Nanotechnologie im Lebensmittelbereich heute nahezu keine Bedeutung und wird vermutlich auch zukünftig eher nur eine untergeordnete Rolle spielen, um mehr Nachhaltigkeit in der Ernährung zu erreichen. Bei Lebensmittelverpackungen ist die Anwendung von Nanotechnologie schon gebräuchlich, und es wird ein erhebliches Innovationspotenzial gesehen. Mit solchen Verpackungen verspricht

man sich eine verbesserte Haltbarkeit von Lebensmitteln und weniger Abfall. Die Studie zeigt auch: die rechtlichen Bestimmungen für Lebensmittel und Verpackungsmaterialien sind nicht genügend auf die Herausforderungen der Nanotechnologie ausgerichtet. Handlungsbedarf besteht auch auf Seiten der Hersteller, Verarbeiter und Händler: Transparenz und eine aktive Informationspolitik sind gefordert.

Mit Lebensmittelverpackungen Haltbarkeit verlängern und Ökobilanz verbessern

Verpackungsfolien und PET-Flaschen mit synthetischen Nanokomponenten werden auf dem Schweizer Markt angeboten. Mit Nanomaterialien werden die Barriere-Eigenschaften gegen Gase, Wasserdampf, Aromastoffe sowie die mechanischen und thermischen Eigenschaften oder der UV-Schutz verbessert.

Nanotechnologisch optimierte PET-Flaschen haben eine günstigere CO₂-Bilanz: Gemäss einer in der Studie erstmals publizierten Ökobilanz könnten in der Schweiz allein klimaschädliche Emissionen in der Grössenordnung von 10 000 Tonnen eingespart werden, oder: bei Herstellung, Transport und Recycling verursacht die Nano-PET-Flasche rund ein Drittel weniger Treibhausgase als Aluminium und rund 60 Prozent weniger als die Glas-Einwegflasche. Damit liegt die Nano-PET-Flasche ähnlich gut wie die Glas-Mehrwegflasche.

Gelangen Nanopartikel aus Verpackungen in Lebensmittel?

Ob Nanopartikel von Verpackungen in Nahrungsmittel übergehen können, hängt in erster Linie davon ab, wie die Nanoschicht aufgetragen wurde.

Dort wo die Nanomaterialien direkt mit dem Lebensmittel in Kontakt kommen, ist ein Übergang nicht auszuschliessen. So muss in diesem Falle der fehlende Nachweis der Unbedenklichkeit noch erbracht werden.

Dies gilt auch für sogenannte „antimikrobiell wirkende Lebensmittelverpackungen“: Eine Beschichtung mit keimtötenden Nano-Silberpartikeln bewirkt, dass Lebensmittel weniger schnell verderben. In der Schweiz sind diese Materialien zurzeit nicht erhältlich, könnten jedoch übers Internet aus dem Ausland bezogen werden.

Nanoskalige Zusatzstoffe in Lebensmitteln

Heute sind in der Schweiz nur wenige Lebensmittel mit nanoskaligen Zusatzstoffen angereichert. Dazu gehört die Rieselhilfe, die das Verklumpen von Streuwürze verhindert. Sie besteht aus Kieselsäure (Siliziumdioxid oder E 551), die verrieben ein pulveriges Material ergibt, das nanoskalige Teilchen enthält. Synthetische Nanokomponenten werden auch bei der sogenannten Verkapselung eingesetzt, beispielsweise um Carotinoide oder Vitamine einzuschliessen, damit diese wasserlöslich werden, länger haltbar sind oder vom Körper besser aufgenommen werden. Derartige Zusatzstoffe wurden für die Verwendung in Lebensmitteln überprüft und gelten als unbedenklich.

Zielgruppen für Nano-Lebensmittel

Die TA-SWISS-Studie kommt zum Schluss, dass Personen mit gewissen „Ernährungsstilen“ durchaus Produkten mit nanotechnologisch hergestellten Zusatzstoffen gegenüber aufgeschlossen sein könnten. Dies

besonders, wenn man davon ausgeht, dass Nano-Nahrungsmittel leichter handhabbar sein oder einen gesundheitlichen Zusatznutzen aufweisen können.

In Entwicklungsländern könnten solche Zusatzstoffe dazu beitragen, einer Mangelernährung entgegenzuwirken, beispielsweise indem Grundnahrungsmittel mit Eisen, Zink, Vitamin A oder Folsäure angereichert werden. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass solche Produkte dann auch so angeboten werden müssen, dass sie für die bedürftigen Bevölkerungsgruppen erschwinglich und zugänglich sind.

Lücken in der rechtlichen Regulierung und Kennzeichnungspflicht

Das Schweizer Lebensmittelrecht steht unter dem sogenannten „Positiv-Prinzip“. D.h. nur jene Zusatzstoffe dürfen verwendet werden, die auf der Positiv-Liste aufgeführt sind und mit einer E-Nummer gekennzeichnet sind. Sie genügen einer Reihe von Anforderungen, insbesondere muss nachgewiesen sein, dass ein Lebensmittel nicht ohne den betreffenden Zusatzstoff hergestellt werden kann und dass die verwendete Menge die Gesundheit der Konsumierenden nicht schädigen kann. Nanopartikel könnten ebenfalls in diese Kategorie fallen und sind entsprechend nach den obigen Kriterien zu prüfen. Generell gilt: Wird eine Zutat verwendet, die heute in der Positiv-Liste aufgeführt ist, muss sie nicht neu geprüft werden - selbst dann nicht, wenn sie neu in nanoskaliger Grösse beigemischt wird. Da mittlerweile bekannt ist, dass sich ein und derselbe Stoff als Nanopartikel oft anders verhält als in makroskaliger Grösse, ist diese Bestimmung in Bezug auf nanoskalige Zusatzstoffe ungenügend.

Gemäss Lebensmittelkennzeichnungsverordnung (LKV)

müssen bei einem Nahrungsmittel sämtliche Zutaten aufgelistet werden. Eine Pflicht, spezifisch auf die Partikelgrösse hinzuweisen, besteht nicht. Allerdings wünschen Bürgerinnen und Bürger eine Kennzeichnung von Nanopartikeln, besonders im Lebensmittelbereich, wie ein von TA-SWISS 2006 durchgeführtes Mitwirkungsverfahren gezeigt hat.

Empfehlungen aus der TA-SWISS Studie

Das bestehende Lebensmittel- und Chemikalienrecht sollte an die Erfordernisse der Nanotechnologie angepasst werden. Dazu gehört eine Erhöhung der Transparenz bezüglich des Einsatzes dieser Technologie.

Hersteller sollten mit einer aktiven Informationspolitik dazu beitragen, dem Misstrauen in der Bevölkerung zu begegnen. So könnten sich Hersteller, Verarbeiter und Händler von Lebensmitteln und Lebensmittelverpackungen mit Nanokomponenten vermehrt nach branchenspezifischen Verhaltensrichtlinien (Code of Conduct) ausrichten. Konsumentinnen und Konsumenten wollen die Möglichkeit haben, sich über die Inhaltsstoffe einer Ware zu informieren, um auf dieser Basis ihre Kaufentscheidung zu treffen. Zumindest sollte es verbindlich sein, dass Hersteller die Lebensmittelbehörden informieren, wenn sie Waren in Umlauf bringen, die Nanomaterialien enthalten.

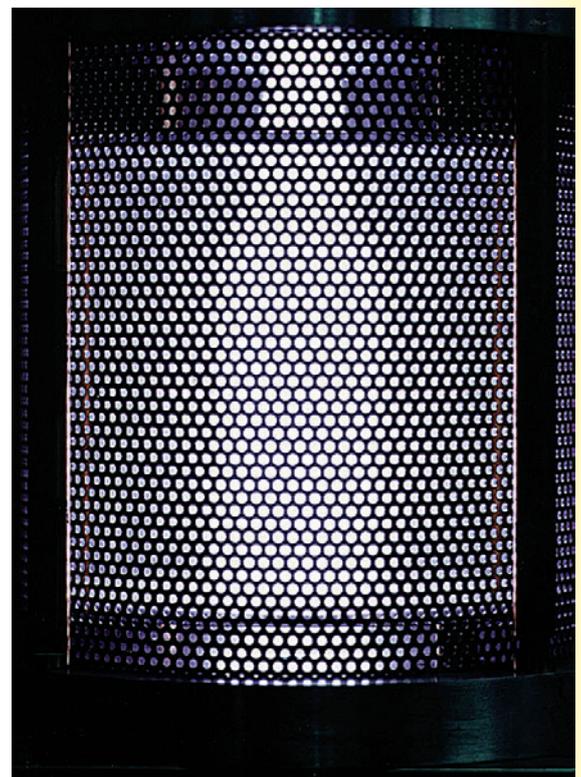
Angesichts internationaler Warenströme wäre eine welt- oder zumindest europaweite Regulierung einem Alleingang der Schweiz vorzuziehen. Eine spezifische Kennzeichnung entspräche dem Bedürfnis nach Transparenz und würde sowohl die Rückverfolgbarkeit von entsprechenden Lebensmitteln als auch die staatliche Lebensmittelüberwachung erleichtern: eine unspezifische Kennzeichnung, wie z.B. „ent-

hält Nanopartikel“ scheint für diese Zwecke hingegen weniger hilfreich. Die bestehenden Systeme zur Rückverfolgbarkeit bei der Lebensmittelherstellung sollten auf ihre Anwendbarkeit für Nanomaterialien überprüft werden. Nur dann ist es möglich, Produkte rasch vom Markt zu nehmen, sollten neuere Erkenntnisse Hinweise auf mögliche Gefahren liefern.

Das Vorsorgeprinzip sollte wie im Umweltschutzgesetz auch im Lebensmittelrecht ausdrücklich verankert sein. Erst auf dieser Basis können die Schweizer Lebensmittelbehörden Massnahmen zum Risikomanagement ergreifen.

Human- und ökotoxikologische Risikoforschung muss gefördert werden. Wie sich Nanoteilchen auswirken, muss über den ganzen Lebenszyklus eines Produktes, von Herstellung bis Entsorgung, geprüft werden.

Nanodünne Beschichtungen für Verpackungen wie hier zum Beispiel bei PET-Flaschen lassen sich durch plasmatechnische Verfahren aufbringen. Mit solchen Beschichtungen lässt sich die Produkthaltbarkeit verlängern (Abb.: CLB-Archiv).



Polyamide – Struktur, Eigenschaften, Herstellung

Mehrere richtige Antworten sind möglich.

1 Welche Kurzformel hat die Amid-Gruppe, die bei allen Polyamiden (PA) in der Hauptkette vorhanden ist?

- A -CO-OH-
- B -CO-NH-
- C -CO-NH₂-
- D -CH-NH₂-COOH-
- E -NH-CO-O-

2 Welches ist ein in der Natur vorkommendes PA?

- A Paraffin.
- B Pentose.
- C Protein.
- D Perlon.
- E Peptid.

3 Was ist oder war ein Handelsname für PA?

- A Nylon.
- B Dederon.
- C Perlon.
- D Akulon.
- E Timbrelle.

4 Was kann ein Grundstoff für die PA-Synthese sein?

- A Caprolactam.
- B Hexamethyldiamin.
- C Aminocarbonsäure.
- D Terephthalsäure.
- E Phenylendiamin.

5 Welche Formel beschreibt ein Homopolyamid?

- A $[\text{NH}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}-\text{CO}-(\text{CH}_2)_4-\text{CO}]_n$
- B $[\text{NH}-(\text{CH}_2)_5-\text{CO}]_m$
- C $[\text{NH}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}-\text{CO}-(\text{CH}_2)_4-\text{CO}]_n$
- D $[\text{NH}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}-\text{CO}-(\text{CH}_2)_4-\text{CO}]_n$
- E $[\text{NH}-(\text{CH}_2)_2-\text{CO}]_m$

6 Welche Aussage ist zutreffend?

- A PA sind stets hochkristallin.
- B Es gibt amorphe PA.
- C PA sind immer aliphatisch.
- D PA enthalten Wasserstoffbrückenbindungen.
- E Aromatische PA sind milchig-weiß.

7 Wie verhalten sich thermoplastische PA?

- A Aliphatische PA haben eine Glasübergangstemperatur zwischen 49 und 70 °C.
- B Aromatische PA haben meist eine Erweichungstemperatur zwischen 200 und 260 °C.
- C PA haben Schmelztemperaturen zwischen 85 bis 320 °C.
- D PA haben eine Schmelztemperatur von 450 °C.
- E PA haben eine Schmelztemperatur von 45 °C.

8 Woraus besteht ein entsprechend der DIN EN ISO 1043-1 als PA6 bezeichnetes Polyamid?

- A Hexamethyldiamin.
- B Adipinsäure.
- C 11-Aminoundecansäure.
- D ε-Caprolactam.
- E ω-Aminocapronsäure.

9 Wie heißen die zwei technisch am häufigsten verwendeten PA?

- A PA6.
- B PA69.
- C PA612.
- D PA66.
- E PA1212.

10 Mit welchem Verfahren lässt PA qualitativ bestimmen?

- A Dichtetest.
- B Brandverhalten außerhalb der Flamme.
- C Geruchsprobe.
- D Beilsteinprobe.
- E Fingernageltest.

11 Wogegen sind PA im Allgemeinen beständig?

- A Oxidationsmittel.
- B Alkalien.
- C Organische Lösemittel.
- D Konzentrierte Säuren.
- E Phenole.

12 Wie verhalten sich PA in einer offenen Flamme?

- A Sie rußen.
- B Sie schmelzen.
- C Sie brennen leuchtend.

D Sie riechen nach verbranntem Horn.

E Sie riechen nach Lösemitteln.

13 Was unterscheidet PA, die als thermoplastische Formmasse eingesetzt werden, von faserigen PA?

- A Formmassen haben einen höheren Polymerisationsgrad.
- B Formmassen haben einen niedrigeren Polymerisationsgrad.
- C Perlon gibt es vorwiegend als Faserstoffe.
- D Nylon gibt es vorwiegend als Formmassen.
- E PA 612 findet ausschließlich als Formmasse Verwendung.

14 Welches Produkt ist aus PA erhältlich?

- A Dübel.
- B Rohre.
- C Vakuumverpackungen.
- D Prothesen.
- E Reißverschlüsse.

15 Bei welchem häufig angewandten Verfahren zur Verarbeitung von PA werden Kunststoffpellets während der Förderung mit einer Schnecke unter Erwärmung plastifiziert?

- A Kalandrieren.
- B Extrudieren.
- C Spritzgießen.
- D Warmunformen.
- E Tiefziehen.

Lösungen zu Seite M8 (CLB 1-2/2009):

1 C; 2 D; 3 A, E; 4 B, E; 5 A, C; 6 B; 7 D; 8 A, B, C, D, E; 9 C; 10 D; 11 A, E; 12 B; 13 A, B, C, D, E; 14 A, B, D. 15 C; 16 A, B, C, E; 17 A, B, C, D, E..

(Lösungen zu den Fragen hier finden Sie in CLB 04/2009 sowie auf www.clb.de)

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 Arbeit beim Lösen der Fragen auf.

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

Alles Repetito – oder was???

Maren Bulmahn • Rolf Kickuth

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

ISBN 3-9810449-0-8



9 783981 044904

Bulmahn
Kickuth

Alles Repetito – oder was???

Rubikon

Alles Repetito – oder was???

fragt der Bachelor die Laborantin



Maren Bulmahn • Rolf Kickuth

Abo-Bestellcoupon

JA, ich möchte die CLB abonnieren. Ich erhalte als persönlicher Abonnent die CLB zunächst für ein Jahr (=12 Ausgaben) zum Preis von 100,00 Euro zzgl. Versandkosten (Inland: 13,60 Euro, Ausland: 24,40 Euro). Das Abonnement verlängert sich automatisch um ein weiteres Jahr, wenn es nicht bis acht Wochen vor Ende des Bezugsjahres gekündigt wird.

Datum / 1. Unterschrift

Name / Vorname

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

Straße / Postfach

Land / PLZ / Ort

Datum / 2. Unterschrift

Telefon oder e-Mail

FAX-Hotline: 06223-9707-41

Für 100,00 Euro pro Jahr (incl. 7 % MWSt., zzgl. Versandkosten) erhalten Sie als persönlicher Abonnent monatlich die CLB mit dem MEMORY-Teil (Firmen- und Bibliothekenabos mit Sonderpreis; siehe www.clb.de).

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

Von kolloidalem Gold und nanodünmem Silber

Georg Schwedt, Bonn

Die Nanochemie als Teil der Nanotechnologie [1] beschäftigt sich mit dem Stofflichen in Dimensionen bis zu etwa 100 Nanometern Teilchengröße. Zu den historischen, heute als „nanochemisch“ verstandenen Experimenten zählt das kolloidale Gold, wie es im Goldrubinglas vorliegt, und nach neueren Erkenntnissen auch der Silberspiegel und das „alchemistisch“ erzeugte Goldmessing sowie das „Berliner Blau“.



Abbildung 1: Portrait von Johann Kunckel. Er beschrieb Ende des 15. Jahrhunderts ein Verfahren zur Herstellung von Goldrubinglas.



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.

Experimentierset zur Chemischen Nanotechnologie

Vom Bundesdeutschen Kompetenzzentrum CC-NanoChem e.V. wurde in Zusammenarbeit mit dem IMM-Leibniz-Institut für Neue Materialien in Saarbrücken im Jahr 2007 ein „Experimentierkasten zur Chemischen Nanotechnologie“ entwickelt (Vertrieb: Fa. Hedinger, Stuttgart). Er enthält die Materialien für Schüler-Experimente zu folgenden Themen: Cassiuscher Goldpurpur, „Künstlicher Lotus-Effekt“ (Superhydrophobe Beschichtung), Superparamagnetische Flüssigkeit (Stabilisierung superparamagnetischer Nanopartikel in Flüssigkeiten – insbesondere Wasser), Superparamagnetische Nanokomposite (superparamagnetische Nanokomposite SPMC zur Entfernung von Schwermetall-Ionen durch Komplexierung), Photokatalyse (durch nanoskaliges Titandioxid katalysierter Abbau von Farbstoffen im UV-Licht). Neben den Materialien ist dem Set eine Versuchsanleitung und eine CD beigelegt. Aus diesem Experimentierkasten stammen auch die Vorschrift und die Reagenzien für den ersten historischen Versuch. [2]



Abbildung 2: Eine kolloidale Goldlösung wird durch Reduktion von Gold-III-chlorid in wässriger Lösung mit Zinn-II-chlorid hergestellt. Sie enthält purpurfarbiges, kolloidal gebundenes Gold auf Zinndioxid als Trägermaterial (Foto: Wolfgang Kühn).



Abbildung 3: Titelseite des Werkes „Ars Vitrarya Experimentalis Oder vollkommene Glasmacher-Kunst“ (1689) von Johann Kunckel.

Cassius'scher Goldpurpur

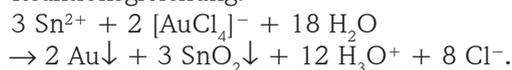
Dem Hamburger Apotheker Andreas Cassius (1604/5-1673) gelang 1668 die Reduktion einer Lösung von Tetrachloraurat(III) mit Zinnchlorid zu elementaren (kolloidalen) Goldteilchen (Goldnanopartikeln; Abbildung 2), dem „Cassiuschem Goldpurpur“ – historisch zum Nachweis von Goldspuren und zur Verwendung als rotes Pigment in der Glas- und Porzellanmalerei eingesetzt. Als Aurum potabile (Trinkgold) bezeichneten Alchemisten eine Goldzubereitung, die vor allem als hochwirksames Arzneimittel für den innerlichen Gebrauch angesehen wurde. Ob es sich dabei bereits um kolloidale Goldauflösungen in Wasser oder auch Alkohol gehandelt hat, ist umstritten und wird „bestenfalls als Vermutung“ bezeichnet. [2] Bereits 1646 veröffentlichte Johann Rudolf Glauber (1604-1670) eine Schrift mit dem lateinischen Titel „De Auri Tinctura Furni Novi Philosophici oder Beschreibung einer Neu-erfundenen Destillir-Kunst“. Feinstverteiltes Gold wird bis in unsere Zeit in der Homöopathie u.a. in der Herztherapie verwendet. Bekannt wurde das Goldrubinglas durch Johann Kunckel (um 1630 bis 1702; Abbildung 1). 1677 lehrte Kunckel an der Universität Wittenberg, anscheinend „experimentelle Alchemie“, übersetzte dort von Antonio Neri „L'Arte vitrarya“ (Florenz

1612) und ergänzte es durch die Ergebnisse eigener Arbeiten über farbige Gläser – so auch zum Verfahren der Herstellung des Goldrubinglases. Die Ausgabe von 1689 (Abbildung 3) trägt den Titel „Ars Vitrarya Experimentalis Oder vollkommene Glasmacher=Kunst...“ [3]. Von 1679 bis 1692 betrieb er auf der Pfaueninsel in Berlin eine Glashütte und ein Laboratorium.

Experiment

Die Goldchlorid-Lösung (0,1 Gew. % bzw. 100 mg/100 ml an $H[AuCl_4] \times 6 H_2O$, gelöst in destilliertem Wasser) wird auf 1:10 mit destilliertem Wasser verdünnt – nach [2] ca. 30 Tropfen aus der Tropfflasche in 10 ml destilliertes Wasser. Zu dieser Gold-Lösung in einem Rollrandglas fügt man tropfenweise eine Zinnchlorid-Lösung hinzu bis eine Farbe deutlich sichtbar wird. Die Reduktionslösung besteht aus einer kleinen Spatelspitze an Zinnchlorid in 20 ml destilliertem Wasser. Es bildet sich ein violettes Kolloid.

Reaktionsgleichung:



Um die durch Reduktion entstandenen Goldpartikel lagern sich Chlorid-Ionen und verursachen eine negative Ladung der „Sternschicht“ – benannt nach dem Physiker Otto Stern (1888-1969). Die elektrischen Ladungen des kolloidalen Golds (als elektrokratische Kolloide bezeichnet) rufen eine gegenseitige Abstoßung hervor, wodurch eine Zusammenballung oder Koagulation verhindert wird. Außerdem hydrolysiert das gebildete Zinn(IV) zu ebenfalls kolloidalem Zindioxydhydrat $SnO_2 \times H_2O$, welches das feinverteilte Gold umhüllt und dadurch eine Ausflockung der Goldteilchen verhindert.

Die neuesten Erkenntnisse zum historischen Cassiuschen Goldpurpur lauten: Die entstandenen Goldpartikel haben einen Durchmesser von etwa 12 bis 18 Nanometern. Die Farbe entsteht durch eine Oberflächenplasmonenresonanz. Plasmonen werden die quantisierten Dichteschwankungen von Ladungsträgern in Halbleitern oder Metallen genannt; quantenmechanisch behandelt man sie – analog zu den Photonen des Lichts – als Quasiteilchen. Der Begriff ist eine Abkürzung für Plasmaschwingungsquanten.

Bei den Goldpartikeln kommt es zu einer kollektiven Schwingung der Elektronen, die ja als ein „Elektronengas“ verteilt in dem Metall vorliegen, gegenüber den Ionenrümpfen des Goldpartikels. Die Schwingung wird durch Licht der Wellenlänge von etwa 520 nm angeregt. Die Absorption dieser Wellenlänge aus dem eingestrahلتen (weißen) Licht führt zu einer Färbung der Proben in der Komplementärfarbe Purpur-Rot. [2]



AUFsätze



Abbildung 5: Osmanischer Wasserkrug von 1870 aus Tombak, einem Messing mit hohem Kupferanteil, Museum für türkische und islamische Kunst. Der Krug gelangte 1926 aus dem Grab des Sultans Pertevniyal Valide in das Museum (Foto: Homonihilis).

Goldmessing

Bereits in den Schriften von Albertus Magnus (1193-1280; Abbildung 4) und des alchemistischen Autors Geber (13. Jahrhundert) wird über Goldmessing als „falschem Gold“ berichtet. Nach neueren, eigenen Untersuchungen konnte auch die Beschichtung von Kupfer durch Zink aus stark alkalischer Lösung als eine Nanoschicht ermittelt werden, die dann durch Erhitzen in Goldmessing umgewandelt wird. Unter Goldmessing versteht man eine Legierung von Kupfer und Zink mit mehr als ca. 70 % an Kupfer. Diese Messingsorte wird auch als Tafelmessing oder Tombak bezeichnet – Tombak nach dem malaysischen Namen für Kupfer, Tumbaga oder Tambaga (Abbildung 5).

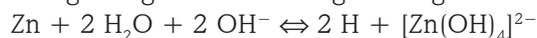
Goldmessing wurde in der Schmuckherstellung als Goldersatz benutzt. Vor allem im Mittelalter stellte man viele Gegenstände des Kunsthandwerks und auch liturgische Gefäße aus Messing her (siehe auch Abbildungen 6 und 7). Beim Militär wurden Helme, Brustpanzer und Dekorationselemente auf den Schabrunken (Decke über den Pistolenhalftern) der Kürassiere (Reiter mit Brustharnisch(-panzer) – „schwere Reiter“) aus Goldmessing gefertigt. Messing ist bereits in den frühen Kulturen der Assyrer und Babylonier im dritten Jahrtausend v. Chr. nachweisbar. In Palästina gewann man diese Kupferlegierung um 1400 bis 1000 v. Chr. durch das Schmelzen von Kupfer unter Zusatz von Galmei (Zinkcarbonat). In Griechenland wurde das Verfahren um 700 v. Chr. wieder entdeckt; zum Gebrauchsmetall wurde es erst um die Zeitenwende im Römischen

Reich. Auch heute wird Goldmessing (z.B. als CuZn15 – d.h. mit 15 % Zink) noch wegen seiner goldähnlichen Farben für Verzierungen und Beschläge verwendet. Als „mosaisches Gold“ wurde im 19. Jahrhundert eine Legierung von etwa CuZn33 bezeichnet – dem „18- bis 20-karätigem Gold an Farbe und Glanz ähnlich...“. „Rauschgold“ ist ein sehr dünnes Messingblech, das auch Zinn enthalten kann (CuZn32 + 2,5 % Sn). [4]

Experiment

In einem Becherglas werden 20 ml 20 %ige Natronlauge und ca. 1 g Zinkstaub unter ständigem Umrühren mit einem Glasstab bis zum beginnenden Sieden vorsichtig erhitzt. Dann legt man mechanisch gereinigte Kupfercentstücke hinein. Nach maximal 5 Minuten nimmt man mit Hilfe einer Pinzette die Centstücke heraus, spült sie unter fließendem Wasser ab, entfernt mit Hilfe von Papiertüchern noch anhaftendes Zinkpulver und reibt sie trocken. Dann werden sie wiederum mit Hilfe der Pinzette in der Flamme einer Spirituslampe für kurze Zeit erhitzt, wobei sich silbern glänzende Oberfläche in eine goldfarbene verwandelt.

Heterogene und Grenzflächenreaktionen führen zu einer Beschichtung der Centstücke mit Zink, die bei einer Schichtdicke von ca. 70-80 nm zum Stillstand kommt bzw. dann rückläufig ist. Es gilt folgende Reaktionsgleichung:



An der Grenzschicht bzw. Oberfläche der Kupfermünze findet die Reaktion von rechts nach links statt. Aus den anionischen Komplex des Zinks findet somit an der Grenzfläche (dort auch Ausbildung einer Wasserstoffüberspannung) zwischen Lösung und Kupfermetall die Reduktion der



Abbildung 4: Albertus Magnus.

Zinkionen durch den Wasserstoff zum Metall statt. Die Schicht wächst nur bis zu einer bestimmten, im Bereich von 70 bis 80 nm liegenden (gut reproduzierbaren) Schicht an. Bei längerer Verweilzeit in der Natronlauge findet wieder die Reaktion von links nach rechts statt. [5]

Berliner Blau

1704 erhielt der Berliner Färber Diesbach von dem Hofalchemisten Johann Conrad Dippel (1673-1743) den Rückstand aus der Destillation von rohem Tieröl über Kaliumhydroxid und Kaliumcarbonat als Malerhilfsmittel. Dieser wollte Florentinerlack bereiten. Diese historische Lackfarbe besteht aus einer Abkochung von Cochenille (Karmine) mit einer Alaunlösung, woraus Diesbach den Lack durch Zugabe von „Alkali“ (des Gemisches aus Kaliumhydroxid und Kaliumcarbonat) und etwas Eisenvitriol ausfällen wollte. Anstelle des erwarteten hochroten, feurigen Lackes erhielt er einen blauen Niederschlag. Dippel erkannte, dass die Bildung des blauen Pigments (Berliner Blau genannt) auf das Eisensalz und eine noch unbekannte Verbindung (das gelbe Blutlaugensalz oder Kaliumhexacyanoferrat) in seinem „Abfallprodukt“ zurückzuführen sei. [6,7]

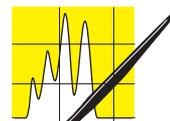
Abbildungen 6 und 7: Die Ähnlichkeit von Messing zu Gold brachte im Mittelalter die Alchimisten in Versuchung, Gold aus unedlen Metallen herstellen zu wollen. Ebenso waren Versuche gefragt, Messing von Gold unterscheiden zu können. Abbildung 6 (unten) war betitelt „Der Alchimist oder Goldmacher“ und zeigt einen Kupferstich von 1698. Abbildung 7 (rechts) zeigt die Titelseite eines „Kunstbüchleins“ – u.a. zum Thema „Goldfärben“ – aus dem Jahr 1574 (Original in der Herzog August Bibliothek in Wolfenbüttel).



Auf dem Lehrerkongress November 2008 in Hannover (Veranstalter: VCI, Landesverband Nord) stellte Peter Heinzerling das Thema „Nanochemische Schulexperimente“ vor. Als Variante seiner Experimente zum „Berliner Blau – vom Sol zum Gel“ schlägt er die Bildung des Pigments als Sol mit positivem Tyndall-Effekt aus dem Trennmittel Kaliumhexacyanoferrat(II) (E 535) im Speisesalz vor – hier die Vorschrift nach eigener Versuchsdurchführung.

Experiment

Aus einem Speisesalz mit dem Trennmittel E 535 stellt man in 5 %iger Essigsäure (aus Essigessenz 25%ig durch Verdünnen 1:5 hergestellt; 5 %ige Essigsäure ist wegen des Reduktionsmittels Sulfit nicht geeignet) eine gesättigte Lösung in einem 30 ml-Rollrandglas her. Der Boden soll nach der Sättigung mit Salz bedeckt sein. Dann stellt man einen rostigen Eisennagel in die Lösung. Nach einigen Minuten färbt sich die Lösung schwach blau. Die Farbe verschwindet nach einiger Zeit wieder – infolge der Reduktion von Eisen(III)-Ionen durch den sich bildenden Wasserstoff aus dem Eisen in der Essigsäure.



AUFSÄTZE

Prober
Büchlein Vuff
Goldt / Silber / Erz vnn
Methal / Mit vil köstlichen Alch
mistischen Künsten / Sampt aller zu
gehör / auch Instrumenten darzu
dienstlich.

Mehr des Goldfärbens beson
dere Kunststücklin.
Item ein Erklärung der Bergnamen/
für die newen angehenden Bergk
leuth.

Alles mit sonderm Fleiß für die Liebhaber der
Kunst beschriben.



Silberspiegel

1857 berichtete Justus Liebig (1803-1873) über die Herstellung eines Silberspiegels, der nach neueren Untersuchungen eine Nanoschicht auf Glas darstellt (Abbildung 8). Die der Bildung des Silberspiegel zugrunde liegende Reaktion hatte Liebig schon 1835 in seiner Arbeit „Über die Producte der Oxydation des Alkohols“ entdeckt. In abgewandelter Form wird das Liebigsche Verfahren auch heute noch angewendet. Eine ammoniakalische Silbernitratlösung wird zusammen mit einem Reduktionsmittel (z.B. Lactose) auf die „spiegelblank“ polierte (fettfreie) Glasfläche gegossen. Dann soll bereits durch „Schaukeln“ das Silber als feine, zusammenhängende Haut, als so genannter Silberspiegel ausfallen. [8] Bei der ammoniakalischen und zugleich natriumhydroxid-haltigen Silbernitratlösung handelt es sich im folgenden Experiment um das Tollens-Reagenz.



Abbildung 8: Justus Liebig und sein erster Silberspiegel.

Experiment

30 ml einer 0,01 mol/l Silbernitratlösung werden mit soviel an 2 mol/l Ammoniak versetzt, bis der zunächst auftretende braune Silberoxid-Niederschlag sich wieder vollständig gelöst hat. Dann fügt man der Lösung ca. 1 g Natriumhydroxid hinzu, löst und mischt mit 10 ml einer gesättigten Glucoselösung. Dieses Gemisch wird in dem zu versilbernden Gefäß – Reagenzglas, Becherglas, Erlenmeyerkolben – über einer kleinen Bunsenbrennerflamme (oder auch in der Flamme einer Spirituslampe) unter leichtem Schütteln erwärmt (Abbildung 9).

Aus der Analyse des jeweils nicht verbrauchten Silbers und der Bestimmung der versilberten Fläche konnte eine Schichtdicke auf den Gläsern von annähernd 100 nm ermittelt werden. [9] **CLB**

Literatur

- [1] Boeing, Niels: Alles Nano?! Die Technik des 21. Jahrhunderts, Rowohlt Taschenbuchverlag, Reinbek bei Hamburg 2006
- [2] Versuchsanleitung „Experimentierkasten zur Chemischen Nanotechnologie“, Leibniz-Institut für Neue Materialien gGmbH, 2007 (Vertrieb: Fa. Hedinger, Stuttgart)
- [3] Priesner, Claus und Karin Figala (Hrsg.): Alchemie. Lexikon einer hermetischen Wissenschaft, C. H. Beck, München 1998.

- [4] Schwedt, Georg: Chemie zwischen Magie und Wissenschaft. Ex Bibliotheca Chymica 1500-1800, Ausstellungskatalog der Herzog August Bibliothek, Wolfenbüttel, VCH, Weinheim 1991.
- [5] Schwedt, G.: Es ist nicht alles Gold, was glänzt. Ein alchemistisches Experiment in neuem Licht, Chemie in unserer Zeit 39 (2005), 358-359.
- Schwedt, G.: Chemie mit Feuer und Flamme. Von der Alchemie bis zur Nanochemie, TUContact 19 (2006), 28-29.
- [6] Schwedt, G.: Chemische Experimente in Schlössern, Klöstern und Museen, Kap. 10 – Chemie ganz in Blau – vom Berliner Blau bis zum Indigo, Wiley-VCH, Weinheim 2002
- [7] Roth, K.: Berliner Blau: Alte Farbe in neuem Glanz, Chem. in unserer Zeit (ChiuZ) 37, 150-151 (2003)
- [8] Maldener, R.: Schlaglichter der Chemiegeschichte, S. 85, Verlag Harri Deutsch, Thun und Frankfurt am Main 1998
- [9] Illenseer, M. und F. Käiberer: Herstellung von Silberspiegeln nach verschiedenen Verfahren, Projektarbeit im Institut Dr. Flad, Jahrgang 57, Stuttgart 2008

Abbildung 9: Silberspiegel im Glaskolben, fotografiert im Liebig-Museum, Gießen (Foto: Terabyte).



Aussichten der Chemiemärkte laut Bilanzpressekonferenz der BASF Nebelfahrt mit Sicherheitsanspruch

„Wenn die Chemie weltweit schrumpft, schrumpft auch die BASF. Aber das wollen wir so flexibel wie möglich abfedern,“ so der BASF-Vorstandsvorsitzende Dr. Jürgen Hambrecht auf der Bilanzpressekonferenz am 26. Februar. Offenbar traut man ihm da einiges zu: Am Tag der Pressekonferenz stieg die BASF-Aktie um fast 10 %, um sich zu Börsenschluss bei einem Plus von über 7 % zu stabilisieren.

Tatsächlich konnte Hambrecht für das schon schwierige Jahr 2008 respektable Zahlen vorlegen: Der Umsatz stieg um 8 % auf 62,3 Milliarden Euro, hauptsächlich aufgrund von Preissteigerungen. Der Gewinn betrug 6,9 Milliarden Euro, nur 10 % unter dem Spitzenwert des Vorjahres. Demzufolge kündigte Hambrecht auch eine gegenüber dem Vorjahr unverändert hohe Dividende von 1,95 Euro je Aktie an, und die solle nach Möglichkeit auch in dem laufenden Jahr stabil bleiben.

Verlässlichkeit als Botschaft

Damit deutete er auf einen Kernpunkt seiner Handlungsmaxime hin: Die BASF als verlässlichen Partner zu erhalten. Dazu gehören neben der schon genannten Erwirtschaftung guter Dividenden für die Aktionäre (Hambrecht zur CLB: „Wir können doch nicht die Investoren abschrecken“) auch die Einhaltung von Verträgen – u.a. gemeint die Übernahme von Ciba zu mittlerweile relativ hohen Aktienpreisen – sowie der Erhalt von Arbeitsplätzen. In Ludwigshafen, am weltweit größten BASF-Standort, schützt eine Betriebsvereinbarung die Beschäftigten bis Ende 2010 vor betriebsbedingten Kündi-



Die wirklichen Bemerkungen von BASF-Chef Jürgen Hambrecht (rechts) an seinen Finanzvorstand Kurt Bock kurz vor der Pressekonferenz hat der CLB-Fotograf nicht vernommen. Den dann folgenden Ausführungen gemäß – und der Gestik des Bildes entsprechend – hätten sie aber lauten können: Über den Daumen gepeilt schrumpft die Chemieproduktion in Europa in diesem Jahr um fünf Prozent. Die Chemiebranche ist ein Konjunkturbarometer, da sie sämtliche Industriezweige mit ihren Produkten beliefert. Von daher widmet die CLB seit vielen Jahren der Bilanzpressekonferenz der BASF, des weltgrößten Chemieunternehmens, besondere Aufmerksamkeit (Foto: Kickuth).

gungen. Die Vereinbarung hat zwar eine Öffnungsklausel. Hambrecht ging darauf nicht näher ein, aber der insgesamt doch gute Stand des Unternehmens dürfte die Inanspruchnahme dieser Klausel verbieten. Der BASF-Chef lobte hingegen ausdrücklich die Flexibilität der Arbeitnehmer. Gerade an einem großen Standort wie Ludwigshafen ließen sich so durch Einsätze in anderen Betriebsteilen sowie Urlaubsverlagerungen Maßnahmen wie Arbeitszeitverkürzungen teilweise vermeiden. Insgesamt seien jedoch 3000 Mitarbeiter in Kurzarbeit, hauptsächlich in

Zulieferbereichen für die Automobilindustrie – insbesondere in der Lackproduktion, und das betreffe im Wesentlichen die Standorte Schwarzheide, Münster und Würzburg.

Der Hintergrund: In den USA reichen die auf Lager produzierten Autos mittlerweile über 150 Tage aus. Insgesamt reklamierte Hambrecht einen Rückgang von 50 % in der Nachfrage von Chemieprodukten für die Autoindustrie – und eine Besserung sei nicht in Sicht. So seien beispielsweise die Auftragseingänge für LKWs – mit naturgemäß vielen verbauten Chemieprodukten – bei zwei



begründet: „Um unsere langfristige Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten, setzen wir unsere laufenden Programme zur Effizienzsteigerung und Restrukturierung beschleunigt um und werden in der gesamten BASF-Gruppe unter anderem weniger profitable Anlagen und auch Standorte schließen. Betroffen sind etwa Coatings-Standorte in den USA, Asien und Europa sowie Anlagen zur Herstellung von Kunststoffvorprodukten in Asien. Unter normalen Umständen wären solche Anlagen im Laufe der Zeit durch neue Investitionen ersetzt worden. Jetzt schließen wir schneller als geplant.“

An großen Verbundstandorten – seit Hambrecht-Vorgänger Jürgen Strube (jetzt noch Aufsichtsratsvorsitzender) quasi ein Markenzeichen der BASF – kann besonders flexibel produziert werden. Beispielsweise verfügt das Unternehmen an seinem größten Standort Ludwigshafen (hier die entzerrte Aufnahme des CLB-Titelbildes) über zwei Steamcracker. Diese komplizierten Anlagen stehen am Anfang von Produktentwicklungen aus der Petrochemie. In ihnen lassen sich durch thermisches Cracken länger-kettige Kohlenwasserstoffe in Gegenwart von Wasserdampf in kurz-kettige Kohlenwasserstoffe umwandeln. Es entstehen vor allem Wasserstoff, Methan, Ethen und Propen, zudem Butene, Pyrolysebenzin sowie ein teerähnlicher Rückstand. Mit zwei Steamcrackern ist eine flexible Mengensteuerung möglich (Foto: BASF).

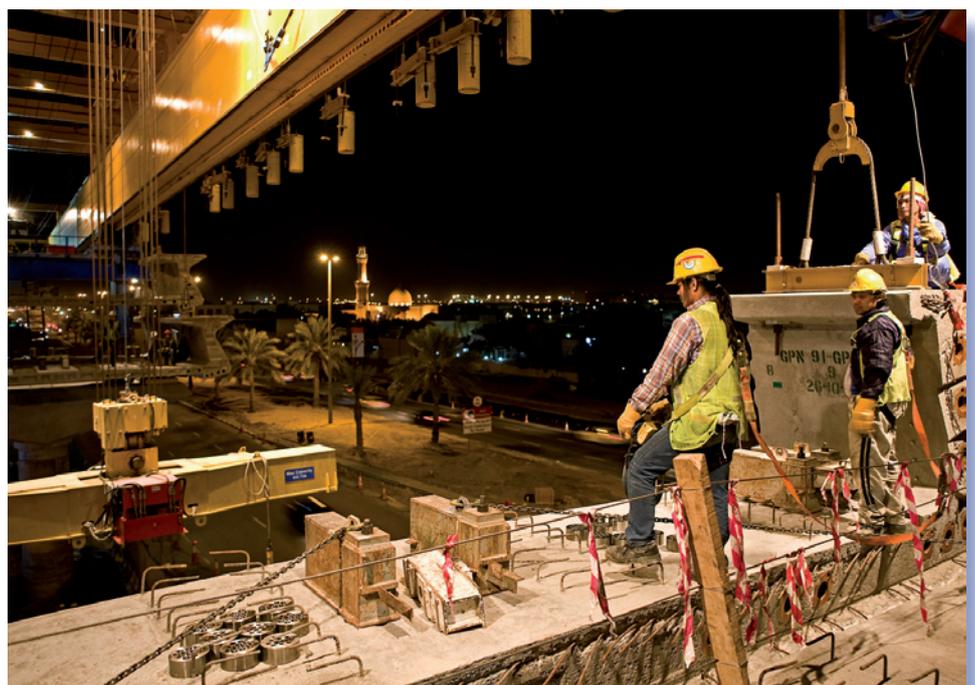
Weltweite Rezession um 0,3 %

Prognosen von Rahmendaten für die Ausrichtung des Unternehmens sind mit großen Unsicherheiten behaftet, so der CEO des Chemieriesen. „Ein Formel 1-Rennen wird im Nebel abgesagt. Wir sind auch in einem Formel 1-Rennen, aber wir müssen weiterfahren. Wir werden jedoch auf Sicht fahren, sodass wir möglichst sicher sind“, so Hambrecht. Er wagte dennoch Abschätzungen der Rahmenentwicklungen.

von 3 großen Herstellern in Europa in den letzten Monaten um 99 % eingebrochen. Mit Autochemikalien und -produkten macht die BASF ca. 13 bis 15 % ihres Umsatzes.

Zur Zeit beschäftigt die BASF ca. 97 000 Mitarbeiter. Im Laufe des Jahres 2009 werden nach Unternehmensplanungen jedoch mindestens 1500 davon verloren gehen. Hambrecht

Dubai hat in der jüngeren Vergangenheit u.a. eine baustoffliche Herausforderung nach der anderen gestellt. Ein Beispiel: Ein neuer Klebstoff der BASF verbindet die Fertigbetonteile, aus denen die Trasse der neuen Metro in Dubai besteht. Das Produkt Concrete 1441 wurde eigens für das Projekt entwickelt. Dank des Klebstoffs verhält sich die Fahrbahn wie ein zusammenhängendes Bauteil. Einwirkende Kräfte, wie zum Beispiel Vibrationen, verteilen sich so besser und werden abgeschwächt. Nun wird aber auch in Dubai das Geld knapp. Nach Zeitungsberichten Ende Februar scheint Dubais Liquidität nicht auszureichen, um die überwiegend mit Fremdkapital gestarteten Projekte mit eigenem Geld fertig zu stellen. Die Vereinigten Arabischen Emirate kommen jetzt dem kleinen Mitglied Dubai zur Hilfe, und zwar mit Geldern aus dem großen Ölreichtum von Abu Dhabi (Foto: BASF).



Demnach geht das weltweite Wirtschaftswachstum markant um 0,3 % zurück – oder stagniert oder geht sogar um 0,5 % zurück, soweit auf jeden Fall der Spielraum. In den Industrieländern ist der Rückgang deutlich stärker, geschätzt um 1,6 %. Die weltweite Chemieproduktion (ohne Pharma) soll sich um 2 % vermindern. Den US-Dollar-Wechselkurs schätzt man auf durchschnittlich 1,30 USD pro Euro, den Ölpreis im Jahresdurchschnitt 2009 auf 50 US-Dollar pro Barrel.

Aufgrund dieser Bedingungen erwartet Hambrecht für dieses Jahr auch unter Einbeziehung der Akquisitionen von Ciba und Revus Energy einen Umsatzrückgang und einen noch deutlicheren Rückgang des Betriebsergebnisses gegenüber dem Vorjahr, belastet einerseits durch die Integrationskosten der Neuerwerbungen.

Ciba passt zur BASF

Zu dem Neuerwerb Ciba, von dem nach Angaben von BASF-Finanzchef Dr. Kurt Bock das Unternehmen aktuell 95 % der Aktien erworben hat, bekräftigte Hambrecht – angesichts des relativ hohen Aktienpreises mit einer guten Priese Zweckoptimismus: „Wir werden beweisen, dass Ciba gut ins Portfolio passt.“ Sicherlich gehen dabei auch Arbeitsplätze verloren, die übrigens nicht in die 1500 zuvor genannten einbezogen waren. „Es ist jedem klar, dass man keine zwei Verwaltungen braucht“, kommentierte der BASF-Chef dazu.

Durchschnittlich erwartet er eine Integrationsersparnis durch den Einbezug von Ciba von mindestens dem Industriedurchschnitt, der 5,5 % beträgt, bezogen auf den Umsatz von Ciba. Probleme bereiten ihm dabei die Papierchemikalien. Zwar hat man in der BASF nun den Unternehmensbereich Papierchemikalien neu geschaffen. Hambrecht resümiert jedoch:

„In der Papierindustrie bestehen Überkapazitäten. Es wird eine harte Restrukturierung geben. Klar, dass in diesem Umfeld weder die Ciba- noch die BASF-Papiersparte vom Hocker reißt.“

Als weitere Rahmendaten und -abschätzungen gab Hambrecht an, die nordamerikanische Chemie werde 2009 um 5 % schrumpfen, ebensoviel wie im Vorjahr. Nach einer knappen Stabilität 2008 gäbe auch die EU-Chemie in diesem Jahr um 5 % nach; ähnliches gelte für Japan. Nach wie vor gebe es in China und Indien ein Wachstum, das jedoch nicht ausreiche, die Rückgänge in anderen Teilen der Welt zu kompensieren.

Von den verschiedenen Bereichen der Chemie werde in diesem Jahr einzig der Pflanzenschutz gut laufen. Es sei der einzige Sektor der BASF, der in diesem Jahr wachsen werde. Besonders schlecht hingegen stünde es neben der Autochemie um die Chemikalien für die Elektronik. Auf Nachfrage der CLB gab Hambrecht für die Bauchemie die Auskunft, auch hier gebe es kaum Wachstumsimpulse; nur der Mittlere Osten wachse. Die Bauchemie (Construction Chemicals) gehört zu dem Geschäfts-Segment „Functional Solutions“ der BASF. Sie wurde Mitte 2006 durch den Zukauf der Degussa-Bauchemie für 2,7 Milliarden Euro maßgeblich gestärkt (siehe CLB 11-12/2007, Seiten 442-453: Chemie-Innovationen für die Baubranche: Ambitionierter Neuling). Die Integration dieses Bauchemie-Teils soll laut Hambrecht in diesem Jahr abgearbeitet werden. Der Bereich Construction trägt insgesamt etwa 10 % zum Umsatz der BASF bei.

Hambrecht geht davon aus, dass die Vorratsbestände in den Industrien an notwendigen Chemieprodukten im 1. Halbjahr 2009 abgebaut werden. Das Bestellverhalten der Kunden sei jedoch sehr kurzfristig



Am 17. Januar 2009 erreichte das höchste Gebäude der Welt, der Burj Dubai, seine Endhöhe von 818 Metern; hier ein Foto vom 25. Januar 2009. Zum Bau des Wolkenkratzers kam ein hochfester Beton zum Einsatz. Dieser mit speziellen Chemikalien versehene Transportbeton – Polycarboxylat-Fließmitteln der BASF – weist eine dreimal höhere Druckfestigkeit auf als ein Beton mit normaler Festigkeit. Der Turm wird eventuell am 9. September in einem „Soft Opening“ zumindest mit der Besucherplattform im 124. Stock eingeweiht. An dem Tag soll auch die erste Strecke der Dubai-Metro in Betrieb gehen. Für andere Projekte dagegen stehen die Vorzeichen schlechter. Von den sechs höchsten geplanten Wolkenkratzerprojekten weltweit liegt die Hälfte auf Eis, seit dem 14. Januar auch der Nakheel Tower in Dubai, der einst eineinhalb Kilometer hoch geplant war. Betroffen von Baustopp ist ebenfalls der Russia Tower in Moskau. 612 Meter sollte das – vom Architekten Norman Foster entworfene – Hochhaus werden. Baubeginn war im September 2007. Baufortsetzung? In den USA sind von 173 im Bau befindlichen Wolkenkratzern 29 von einem Baustopp betroffen, auch der Chicago Spire mit einer anvisierten Höhe von 610 Metern (Foto: Veit Mueller).



BASF und die russische OAO Gazprom haben die russische Erdgaslagerstätte Juschno Russkoje offiziell in Betrieb genommen: Damit fördert jetzt erstmals ein deutsches Unternehmen Erdgas direkt in Westsibirien. Mit seinen Öl- und Gasaktivitäten machte die BASF (über die 100 % - Tochter Wintershall) guten Gewinn. Der über dem Vorjahreswert liegende Ölpreis sowie höhere Absatzmengen im Erdgashandel führten zu einer Umsatzsteigerung des Segments Öl & Gas um 37 %. Insgesamt trug dieses Segment im abgelaufenen Jahr erheblich – nämlich mit einem Drittel – zum Nachsteuerergebnis der BASF-Gruppe bei (Foto: BASF).

geworden. Nach einem Produktionswachstum sehe man dann schnell wieder einen Absturz: „Wir werden eine Sägezahnentwicklung erleben. Auch der Effekt aus der Abwrackprämie wird ein kleines Feuer sein, an dem man sich wärmt.“

Blick auf das Ende des Tals

Es gebe aber ein „Ende des Tals“. Darauf stelle sich die BASF durch langfristige Strategien ein. „Ohne Chemie gibt es kein nachhaltiges Wachstum“, so Hambrecht, der dann in typischem Geschäfts-Denglisch weiterführte: „...weil wir der Enabler der Innovation sind.“

Trotz Sprach-Kauderwelsch: Dahinter verbirgt sich ein klares Eintreten für konsequente Arbeit in Forschung und Entwicklung. „Wir werden unsere F&E-Ausgaben nicht kürzen; das Budget von 2008 wird auch 2009 weitergeführt“, betonte Hambrecht. Die Langfrist-Perspektive, die damit verbunden ist, verdeutlichte er so: „Jedes

Jahr geben wir beispielsweise 300 Millionen Euro für besondere Wachstumscluster aus, die einen Return vielleicht in drei, vier oder fünf, meist aber erst etwa in zehn Jahren bringen.“

Protektionismus gefährlich

Als besonders problematisch sieht der BASF-Vorstandsvorsitzende jedoch bestimmte politische Entwicklungen: „Was mir nicht gefällt: Es kommt zu zunehmend protektionistischen Maßnahmen. Das ist gefährlich. Notwendig ist hingegen ein koordiniertes Vorgehen der Regierungen, um den Karren aus dem Dreck zu ziehen“, fordert Hambrecht.

Außergewöhnliche Anforderungen sieht Hambrecht auch in dem REACH-Programm, bei dem 2,6 Millionen statt erwarteter 200 000 Chemikalien registriert worden seien. „Die Arbeit mit dem Programm wird eine fundamentale Belastung der Industrie sein. Auch hier ist weltweit eine Standardisierung notwendig.“

In Anbetracht all dieser Anforderungen und des unsicheren Umfeldes machte Hambrecht dann klar, große Akquisitionen seien jetzt nicht angezeigt; kleine jedoch, die das Unternehmen sofort stärkten, würde man angehen.

Rolf Kickuth

Mit der Bohrung CN-1 vor der Küste Feuerlands hielt die BASF-Tochter Wintershall rund ein Jahr lang den Weltrekord für die längste Horizontalbohrung. Vom Land aus wurde eine Horizontalstrecke von 10 585 Metern und eine Gesamtbohrstrecke von 11 184 Metern überwunden, um Öl zu fördern (Foto: BASF).





„Mehr als ein Dienstessen bei Frieda ist derzeit bei uns absolut nicht drin !“

Metallabrieb bei künstlichen Hüftgelenken mit ICP-MS analysiert Nur winzige Spuren gelangen in den Körper

Träger von künstlichen Hüftgelenken aus Metall müssen wahrscheinlich nicht mit toxischen Wirkungen durch den sogenannten Metallabrieb rechnen: In der sechsmonatigen Einlaufphase des Gelenks nach der Implantation steigt der Gehalt von Chrom- und Kobaltionen nur in sehr geringem Umfang an. Danach verändert er sich kaum noch.

Mit einem hochauflösenden Messverfahren hat Privatdozent Dr. Christian Heisel, Orthopädische Universitätsklinik Heidelberg, (mittlerweile an den Arcus-Kliniken in Pforzheim tätig) die Konzentration von Metallionen aus Hüftgelenksprothesen im Blut der Träger bestimmt und parallel das Abriebsverhalten der Prothesen im Biomechanik-Labor im Detail erfasst.

Die Messungen ergaben für Chrom und Kobalt Höchstwerte von rund drei Mikrogramm Ionen pro Liter Blut. Als Vergleich: Die

deutsche Trinkwasserverordnung erlaubt bis zu 50 Mikrogramm Chrom pro Liter Wasser.

Rund 180 000 Menschen in Deutschland erhalten jährlich ein neues Hüftgelenk. Metallhaltige Prothesen sind zwar in der Minderheit, aber ihre Verwendung nimmt zu: Gerade jüngere und aktive Patienten stellen hohe Ansprüche an Lebensdauer und Belastbarkeit der Prothesen. Moderne Gleitpaarungen (Hüftkopf und -pfanne) aus Metalllegierungen sollen diesen Ansprüchen genügen: Ihr Verschleiß ist sehr gering, sie bleiben im Durchschnitt 15 bis 20 Jahre funktionsfähig.

Kritisch bei den Metall-Metall-Prothesen ist die Einlaufphase in der ersten Zeit nach der Implantation: In dieser Zeit reiben sich Gelenkkopf und Gelenkpfanne aus Metall aneinander; es lösen sich Abriebpartikel und Metallionen. Der Abrieb ist allerdings so gering, dass es mit gängigen Messmethoden nicht möglich war, die Metallpartikel und Ionen im Blut der Patienten zu bestimmen. Diese Information ist aber wichtig, will man gesundheitliche Risiken durch die freigesetzten Metallpartikel abschätzen. Solche Partikel können zu Allergien oder toxischen Reaktionen führen.

Dazu untersuchte man den Abrieb in Hüftgelenksprothesen von fünfzehn Patienten, die mit einem Implantattyp aus einem Gemisch von Kobalt, Chrom und Molybdän versorgt worden waren. Den Patienten wurden zu bestimmten Zeitpunkten im ersten Jahr nach der Implantation Blutproben entnommen und der Gehalt von Kobalt-, Chrom- und Molybdänionen im Blut mit Hilfe der hochauflösenden Massenspektrometrie (hr-ICP-MS), bestimmt.

Parallel dazu wurden fünf Prothesen des gleichen Typs in einem Hüftsimulator der durchschnittlich gleichen Belastung wie die künst-

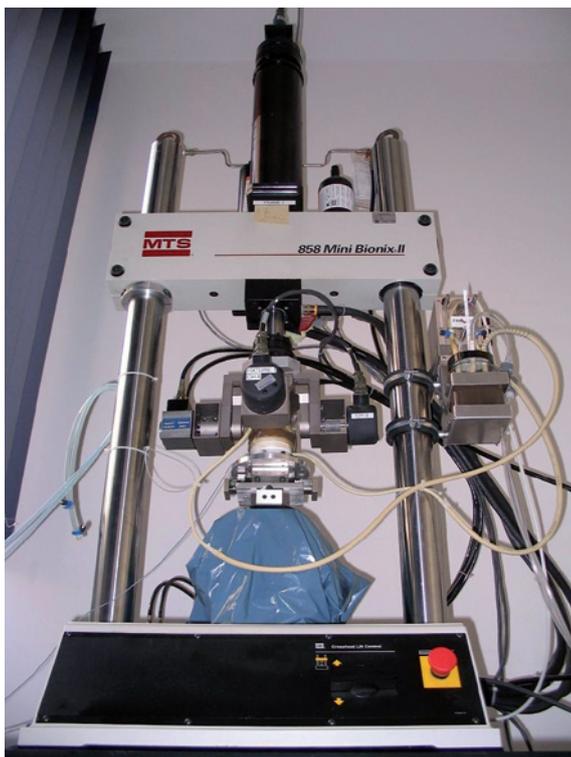
lichen Hüftgelenke der Patienten ausgesetzt. Die Hüftgelenke des Simulators wurden während der Bewegungsphase mit einer Flüssigkeit umspült und Proben dieser Flüssigkeit untersucht. Dazu entwickelte das Team ein spezielles Verfahren der Massenspektrometrie, mit dem sowohl Blutproben, als auch Serumproben aus dem Simulator untersucht werden können. So ließen sich die Ergebnisse besser vergleichen.

Während der Gehalt an Chrom- und Kobalt-Ionen im Blut der Probanden im ersten halben Jahr langsam anstieg und sich dann kaum noch veränderte, ergaben die Proben aus den Simulatoren für diese Phase einen hohen, danach aber anhaltend sehr geringen Abrieb. „Offensichtlich werden Metallpartikel zunächst im Körper verteilt, eingelagert und geben dann langsam und kontinuierlich Ionen an das Blut ab. Erst hier können wir sie nachweisen“, so Heisel. Daher bleibt die Ionenkonzentration im Blut hoch, obwohl nach einem halben Jahr der Abrieb stark abfällt und dann dauerhaft sehr gering bleibt. Durch den Vergleich mit den Simulatoren weiß man nun, welche Menge an Metallpartikeln tatsächlich in den Körper gelangt und in welchem Zeitraum dies hauptsächlich geschieht.

Wie sich der Ionengehalt im Blut auf lange Sicht entwickelt, ob er nach einer bestimmten Zeit wieder abfällt und ob die Metallpartikel aus den Gelenkprothesen auf Dauer die Gesundheit beeinträchtigen, soll die Fortsetzung der Studie klären.

Für seine Arbeit, die im „Journal of Bone and Joint Surgery“ veröffentlicht wurde, ist Heisel im Dezember mit dem mit 10 000 Euro dotierten Wissenschaftspreis der Arbeitsgemeinschaft Endoprothetik ausgezeichnet worden, dem renommiertesten Preis für Endoprothetik in Deutschland.

Künstliches Hüftgelenk unter Dauerbelastung im Biomechanik-Labor (Foto: Orthopädische Uniklinik Heidelberg).



Gehirnstammzellen aus embryonalen Stammzellen Quelle für Nervenzellen

Bonner Forschern ist es gelungen, aus menschlichen embryonalen Stammzellen Gehirnstammzellen herzustellen. Diese lassen sich nicht nur nahezu unbegrenzt in Kultur halten, sondern können auch als unerschöpfliche Quelle für verschiedene Nervenzelltypen dienen. Die Wissenschaftler zeigten zudem, dass sich diese Nervenzellen in die Schaltkreise eines Gehirns integrieren können.

Über Jahre schien die Stammzellforschung in zwei Welten geteilt: Auf der einen Seite standen die embryonalen Stammzellen – Alleskönner mit uneingeschränktem Entwicklungspotenzial. Auf der anderen Seite waren die somatischen Stammzellen, die sich auch aus Gewebe von Erwachsenen gewinnen lassen, aber nur begrenzt vermehrungs- und entwicklungsfähig sind (siehe auch CLB 01/02-2009, Seiten 40-49: Stammzellentherapien: Ersatz menschlicher Organe als Ziel). Bonner Wissenschaftlern ist es nun gelungen, diese beiden Welten zusammenzuführen: Sie stellten aus menschlichen embryonalen Stammzellen Gehirnstammzellen her, die sich nahezu unbegrenzt vermehren und konservieren lassen. Aus diesen stabilen Zelllinien konnten sie im Labor dann kontinuierlich verschiedene Sorten menschlicher Nervenzellen gewinnen. Darunter waren beispielsweise auch solche, wie sie bei der Parkinsonschen Erkrankung ausfallen.

Mit den neuen Zellen können die Forscher auch ihren Bedarf an embryonalen Stammzellen reduzieren, die bisher für jedes einzelne Zellgewinnungsverfahren als Ausgangsmaterial eingesetzt werden mussten. Die Gehirnstammzellen funktionieren wie eine unerschöpfliche Quelle: Sie

liefert über Monate und Jahre menschliche Nervenzellen, ohne dass man dafür weiter auf embryonale Stammzellen zurückgreifen muss.

Dass diese künstlich gewonnenen Nervenzellen auch funktionieren, bewiesen die Forscher direkt im Tierexperiment: Nach Transplantation in das Gehirn von Mäusen nahmen die Zellen Kontakt mit dem Empfängerhirn auf. Sie konnten dann sowohl Signale senden als auch empfangen. Das ist der erste direkte Beweis, dass sich Nervenzellen aus menschlichen Stammzellen in die Schaltkreise eines Gehirns integrieren können. Die Wissenschaftler möchten diese unerschöpfliche Zellquelle auch dazu einsetzen, neurodegenerative Erkrankungen und mögliche Wirkstoffe direkt an menschlichen Nervenzellen zu studieren.

Professor Dr. Oliver Brüstle, Leiter des Forscherteams am Institut für Rekonstruktive Neurobiologie der Universität Bonn und sein Team hatten als erste in Deutschland eine Bewilligung zum Import humaner embryonaler Stammzellen erhalten. Dabei hatten sie die öffentliche Diskussion um dieses heikle Thema wesentlich mitgestaltet. Die aktuellen Ergebnisse sollen seiner Meinung nach verdeutlichen, wie fließend Forschungsarbeiten an embryonalen und somatischen Stammzellen ineinander übergehen und gleichermaßen wichtig sind.

Ihre Ergebnisse sind jetzt in den Proceedings of the National Academy of Sciences (doi: 10.1073/pnas.0808387106) erschienen: Koch, P., Opitz, T., Steinbeck, J., Ladewig, J., Brüstle, O. (2009): A rosette-type, self-renewing human ES cell-derived neural stem cell with potential for in vitro instruction and synaptic integration; PNAS

Proteine, Gene und Hormone

Pluripotente Stammzellen sind in der Lage, jeden der mehr als 200 Zelltypen des Körpers zu bilden, eine unerschöpfliche Quelle für körpereigenes Ersatzgewebe. Forschern des MPI für molekulare Biomedizin in Münster ist es gelungen, ausgereifte Körperzellen durch die Einschleusung des Transkriptionsfaktors Oct4 wieder in pluripotente Zellen zurückzuverwandeln.

Die Erbkrankheit „CbIF-Defekt“ ist ein Vitamin B12-Stoffwechselsefekt; B12 ist wichtig für die Zellteilung, die Blutbildung und die Funktion des Nervensystems. Wissenschaftler des Universitätsklinikums Münster fanden das von CbIF codierte Protein LMBD1 in Lysosomen menschlicher Hautzellen. LMBD1 schleust Vitamin B12 durch die Zellwand ins Zellinnere.

Eine Variation des Gens FOXO3A übt einen positiven Einfluss auf die Lebenserwartung des Menschen aus und tritt auffällig häufig bei 100-Jährigen auf. Eine Forschergruppe an der Universität Kiel hat diese Annahme mit einer Studie bestätigt.

Bei primärer Zahndurchbruchstörung schafft es ein Teil der bleibenden Zähne nicht, durch den Ober- und Unterkiefer durchzubrechen. Forscher der Universität Regensburg fanden bei betroffenen Familien Mutationen im PTHR1-Gen, das auch im Stoffwechsel der Knochen eine Rolle spielt.

Das Diabetes mellitus-Risiko wird durch mehrere Genvarianten begünstigt. Daten des internationalen MAGIC (Meta-Analyses of Glucose and Insulin-related traits Consortium)-Konsortiums zeigen einen bislang unbekanntem Zusammenhang zwischen einer Variante des MTNR1B-Gens, welches die zirkadiane Melatonin-Freisetzung mitbestimmt, und dem Blutzuckerspiegel.

Schuppenflechte (Psoriasis) wird auch durch bestimmte Genvarianten aus der Interleukin-Gruppe, insbesondere das IL-23 sowie Überträgermoleküle für den Tumornekrose-Faktor (TNF-alpha) mitbegünstigt; so lautet eine Studie von Wissenschaftlern der Universität Kiel. Bisher war vor allem ein Gen der HLA-Gruppe bekannt, das eindeutig für diese entzündliche Hautkrankheit verantwortlich ist.

Fehlgeburten und andere Schwangerschaftskomplikationen können bei einem Teil der Patientinnen mit einer Minderfunktion der Eierstöcke zusammenhängen, welche wiederum mit einer Mutation im Gen der Methylen-tetrahydrofolat-Reduktase (MTHFR) einhergeht. In einer Studie des Klinikums der Universität München konnte die Eierstocks-funktion mit einer erhöhten Gabe von Folsäure deutlich verbessert werden.

Das LINE-1-Retrotransposon aus Retroviren ist ein mobiles, parasitäres Gen, das sich in der Evolutionsgeschichte des menschlichen Genoms massiv vermehrt hat. 27 Prozent unserer DNA besteht aus LINE-1- und Alu-Sequenzen, einem anderen parasitären Gen. Wissenschaftler am MPI für Entwicklungsbiologie in Tübingen haben die Struktur des von LINE-1 kodierten Proteins L1ORF1p aufgeklärt.

Erstmals Messung von Bromnitrat in der Stratosphäre

Modelle der Stratosphärenchemie bestätigt

Jetzt ist es erstmals gelungen, das Spurengas Bromnitrat in der Stratosphäre zu messen. Die Messungen wurden mit Hilfe des Infrarot-Spektrometers MIPAS auf dem europäischen Umweltsatelliten Envisat durchgeführt. Brom ist nach Chlor die wichtigste Substanz für die durch den Menschen verursachte Ozonzerstörung in der Stratosphäre.

Trotz seiner deutlich geringeren Konzentration trägt Brom nach Chlor den wichtigsten Anteil am katalytischen Ozonabbau durch Halogenverbindungen in der Stratosphäre. Die Emission chlorhaltiger Substanzen ist durch internationale Verträge reglementiert. Wegen der dadurch abnehmenden Chlorkonzentration wird die Rolle von Brom in der stratosphärischen Ozonchemie immer wichtiger. Gleichzeitig hat Brom viel größere natürliche Quellen als Chlor und reagiert außerdem erheblich schneller mit Ozon.

Eine weitere anorganische Bromverbindung, das Bromoxid, wurde in der Atmosphäre schon vor 20 Jahren nachgewiesen. Nun konn-

ten Wissenschaftler des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) erstmals auch Bromnitrat nachweisen, welches das hauptsächliche Reservoirgas für Brom in der Stratosphäre darstellt.

Der Nachweis gelang durch das Infrarot-Spektrometer MIPAS, das auf dem europäischen Umweltsatelliten Envisat die Erde umkreist. Weil die Signatur von Bromnitrat so schwach ist, mussten Spektren über einen Monat aufsummiert werden.

Bromnitrat konnte im Höhenbereich zwischen 20 und 40 Kilometern nachgewiesen werden. Die gemessenen Konzentrationen erreichen bei Nacht Werte bis 25 ppt (parts per trillion, Teile pro Billion anderer Teile, 10^{-12}), bei Tag liegen sie unter 10 ppt, bezogen auf das gemessene Volumen. Diese Konzentrationen und die Variation wurden aufgrund von Modellrechnungen erwartet: Bromnitrat wird durch Sonnenlicht in Bromoxid umgewandelt.

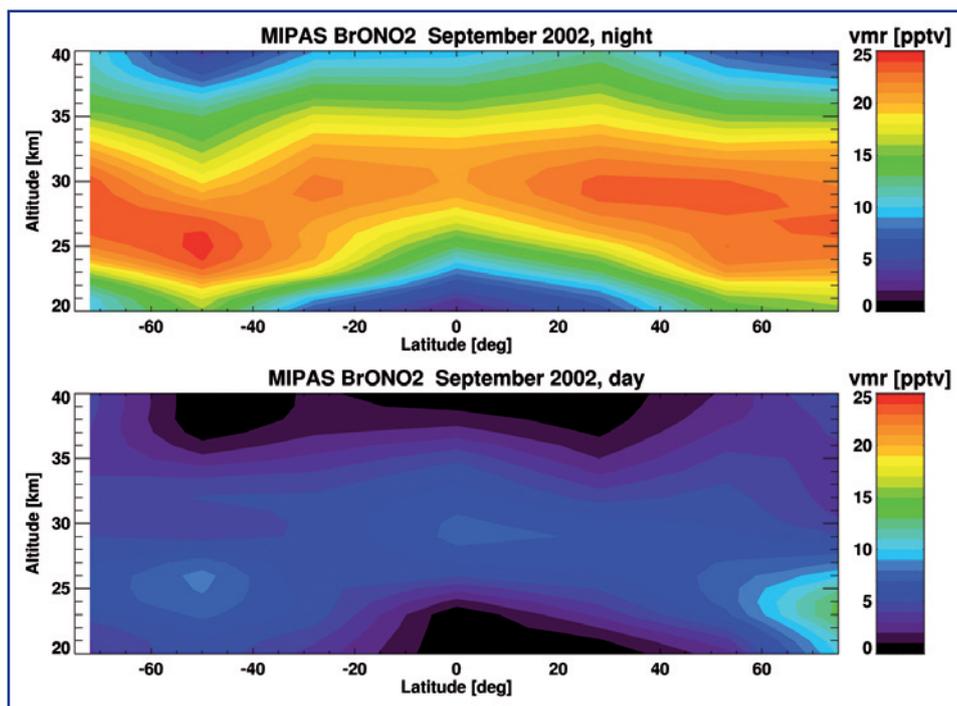
Brom hat ein höheres Potenzial für den Ozonabbau als Chlor, weil es durch Photolyse (Lichteinfluss)

viel leichter aus seinem Reservoir Bromnitrat (BrONO_2) in eine aktive Form umgewandelt wird als Chlor aus seinem Reservoir Chlornitrat. In der Reservoirform sind beide Halogene nicht in der Lage, stratosphärisches Ozon abzubauen. Erst wenn sie unter dem Einfluss von Licht in ihre Oxide umgewandelt werden, stehen sie als Katalysator für den Ozonabbau zur Verfügung.

Die mittels MIPAS gemessenen Konzentrationen von Bromnitrat entsprechen sehr gut den aufgrund von Modellrechnungen erwarteten Werten, die aus früheren Bromoxid-Messungen abgeleitet wurden. Dadurch werden einerseits die Modelle der Stratosphärenchemie bestätigt. Andererseits kann durch die neuen Messungen der Gesamtgehalt von Brom in der Stratosphäre besser abgeschätzt werden. Brom wird in Form langlebiger organischer Verbindungen durch natürliche und künstliche Quellen am Boden in die Atmosphäre eingebracht und nach oben transportiert. Durch die Tropopausenregion gelangt es in die Stratosphäre. Neue Messungen legen nahe, dass die bekannten Bromquellen nicht ausreichen, um die stratosphärische Bromkonzentration zu erklären.

MIPAS (Michelson Interferometer for Passive Atmospheric Sounding) ist eines der Hauptinstrumente an Bord des europäischen Umweltsatelliten Envisat, der seit 2002 die Erde umkreist. Das Interferometer misst gleichzeitig Vertikalprofile der Temperatur und von mehr als 30 atmosphärischen Spurengasen. Neben Ozon und Wasserdampf gehören dazu die für die Atmosphäre wichtigen Stickoxide, die unter anderem die Ozonchemie bestimmen, oder verschiedene Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), die in der Stratosphäre unter Einfluss der UV-Strahlung Chlor abgeben und damit die Ozonschicht angreifen und die außerdem eine Rolle beim Treibhauseffekt spielen.

Die mit MIPAS erstmals gemessenen Konzentrationen von Bromnitrat zeigen eine deutliche Tag-Nacht-Variation (Bild: Forschungszentrum Karlsruhe).



Erste Aufnahme mit Kryo-Elektronen-Tomographie

Borrelien: Winzige Details in drei Dimensionen

Wissenschaftlern ist es nun gelungen, die Struktur von Borrelien genauer zu entschlüsseln. Mit dem Kryptomographie-Mikroskop können bislang unbekannte Strukturen des schraubenförmigen Bakteriums detailliert und dreidimensional dargestellt werden. Ein Befund: Dass Borrelien-Typen in Nordamerika eher die Gelenke und in Europa auch Haut und Nervensystem befallen, scheint unter anderem an der Ausprägung ihres Fortbewegungsapparats zu liegen.

Bei der Kryo-Elektronen-Tomographie wird der Organismus schockgefrostet, sein ursprünglicher Zustand bleibt erhalten. Eine chemische Vorbehandlung, die oft mit einer Veränderung von Strukturen und Eigenschaften einhergeht, ist nicht mehr notwendig. Die Auflösung von fünf bis sieben Nanometer erlaubt die Darstellung winzigster Strukturen.

Die Erreger haben vielfältige Strategien entwickelt, sich der Immunantwort des Menschen zu entziehen. Borrelien gehören, wie die Erreger der Syphilis, zur Bakterienart Spirochäten. Die schraubenförmigen, sich aktiv bewegenden Bakterien zeichnen sich durch einen flexiblen, biegsamen Körper aus, den sie mit Hilfe komplexer Bewegungsorgane, der Flagellenfäden fortbewegen. Ein Zusammenhang zwischen der Beweglichkeit und der Infektiosität des Erregers wird schon länger vermutet.

Heidelberger Wissenschaftler haben nun erstmals die Besonderheiten der drei human-pathogenen Erregerspezies der Lyme Borreliose verglichen, die in Europa vorkommen und unterschiedliche Krankheitssymptome hervorrufen. Während in Nordamerika die Gelenkentzündung überwiegt, sind in Europa auch Haut oder Nervensystem betroffen. Mit Hilfe der Kryptomographie-Mikroskopie ist es

nun gelungen nachzuweisen, dass die drei Erregertypen über eine unterschiedliche Anzahl von Flagellen verfügen. Außerdem konnten erstmals Strukturen nachgewiesen werden, die eine wichtige Rolle bei der Vermehrung des Bakteriums spielen könnten.

Die Erreger der Lyme-Borreliose werden durch Zecken übertragen und können akute und chronische Beschwerden in Gelenken, Muskeln und im Nervensystem verursachen. Durch diese Bakterien erkranken in Deutschland rund 80 000 Menschen pro Jahr.

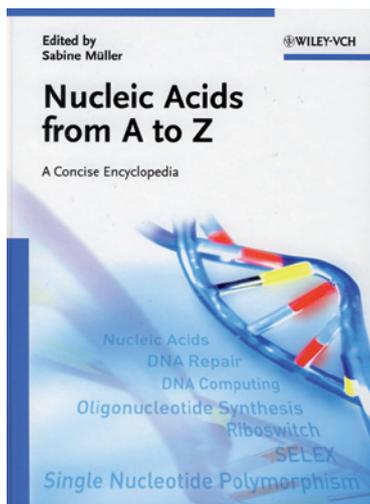


Dreidimensionales Kryo-Elektronen-Tomogramm von Borrelien (Foto: Universitätsklinikum Heidelberg).

Nicht schädigende Impulseingabe in Nervenzellen über spannungsvermittelnde Glaselektroden

Ein Werkzeug der Gehirnforschung ist die elektrische Reizleitung in Nervenzellen. Um neuronale Schaltkreise zu untersuchen, wird üblicherweise eine spitze Metallelektrode in Hirngewebe eingestochen und Strom eingeleitet. Die erzeugte Antwort entspricht jedoch nicht dem sehr komplexen Aktivierungsmuster natürlicher Nervenstimuli. Zudem verursacht der eingeleitete Gleichstrom Schäden im Gewebe durch unerwünschte elektrochemische Nebenreaktionen. Eine Gruppe von Neuro- und Nanomaterial-Wissenschaftlern der Case Western Reserve University (Cleveland, Ohio, USA) entwickelte nun eine Methode, die natürlichere Nervenimpulse erzeugt. Wie sie in der Zeitschrift *Angewandte Chemie* berichtet, basiert sie auf einer Mikropipette, die bei Anregung mit sichtbarem oder infrarotem (IR) Licht Neuronen in Hirngewebe aktiviert. Die Forscher beschichten hauchfein ausgezogene Glasmikropipetten von innen mit Bleiselenid-Nanopartikeln. Bleiselenid ist ein Halbleiter, der durch IR-Licht angeregt wird. Die Bestrahlung befördert fest gebundene Elektronen aus dem Valenzband in das Leitungsband des Halbleiters, in dem sie frei beweglich sind. So kommt es kurzzeitig zu einer Ladungstrennung und damit zu einer elektrischen Spannung. Mit einem geeigneten Laser lassen sich definierte Folgen sehr kurzer Lichtpulse erzeugen, die dann die entsprechenden Spannungspulse in der Mikropipette auslösen. In der Umgebung der Pipette entsteht ein elektrisches Feld, mit dem die Forscher Neuronen in Proben von Rattenhirn mit hoher zeitlicher Auflösung stimulieren konnten. Mit Messelektroden ließen sich die natürlichen Aktivierungsmustern sehr ähnlichen Nervenimpulse aufzeichnen. Proben aus dem Bulbus olfactorius (Riechzentrum des Gehirns) und dem Hippocampus (Teil des Großhirns, der unter anderem für die Überführung von Gedächtnisinhalten aus dem Kurzzeit- in das Langzeitgedächtnis wichtig ist) wurden untersucht. Dabei wurden weder toxische Wirkungen noch Beschädigungen der Nervenzellen, auch nach wiederholten Stimulationen, beobachtet.

Nucleotide – ihre Strukturen, Funktionen und Anwendungen



Sabine Müller (Editor): *Nucleic Acids from A to Z: A Concise Encyclopedia*; 350 Seiten; Wiley-VCH Verlag, Weinheim 2008; ISBN 978-3-527-31211-5; 99,00 Euro.

Dem vorliegenden Handwörterbuch liegt die Zielsetzung zugrunde, in internationaler Zusammenarbeit mit direkt beteiligten Wissenschaftlern in einem Band den Stand der Forschung und der vielfältigen Anwendungen von Oligo- und Polynucleotiden und ihren Konjugaten wiederzugeben.

Der Bedeutung der jeweiligen Schwerpunkte entsprechend enthält das Werk besonders umfassende Ausführungen zu Gebieten wie: Antisense/ Aptamere/ Charge-Transfer in DNA/ Crosslinking/ Nanotechnologie/ Restriktions-Methoden/ Ribosom/ Riboswitches/ Ribozymes/ Spiegelmere, sowie die Eintragungen RNA und Translation in vielfältigem Zusammenhang, wie RNA-interference und small noncoding RNAs; ferner eingehende Erläuterungen zur

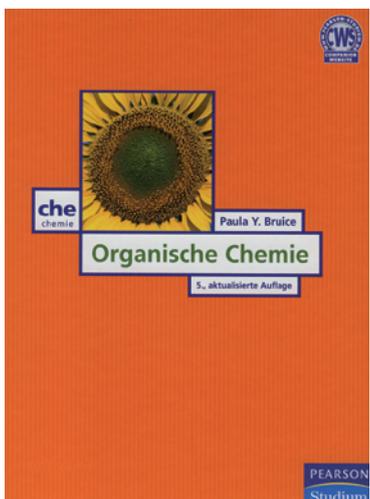
Massenspektrometrie, Fluoreszenzspektroskopie, NMR-Spektroskopie und zur kristallographischen Untersuchung von Nucleinsäuren.

Angesichts dieser Vorzüge kann jedoch nicht unerwähnt bleiben, dass das Wörterbuch nur wenige farbige Abbildungen, alle übrigen in mitunter wenig aussagekräftigen Graustufen, enthält und dass die elektrischen Ladungen in den Strukturformeln, bis auf sehr wenige Ausnahmen (wie Azidothymidin), unübersichtlich wiedergegeben sind. Im Text finden sich nahezu keine Literaturhinweise. Die Zusammenstellung von „General References“ am Anfang des Buches ist knapp gehalten und lässt an einigen Stellen mangelnde Sorgfalt erkennen, indem bei den beiden Lehrbüchern (Knippers und Lehninger) und bei dem „Dictionary of Gene Technology“ ältere Auflagen angegeben sind.

Das vorliegende Wörterbuch sollte in keiner Fachbibliothek fehlen. Hingegen dürfte es für die im Vorwort auch angesprochene Zielgruppe der Studenten nicht von großem Nutzen sein. Hier wäre eher eine aktualisierte und erweiterte Auflage auf der Grundlage der Studienausgabe von Ibelgaufs: „Gentechnologie von A bis Z“ wünschenswert.

Dr. Dieter Holzner

Organische Chemie – und ihre Bedeutung für weitere Fachgebiete



Paula Y. Bruice: *Organische Chemie*; 5., aktualisierte Auflage; 1664 Seiten; Verlag Pearson Studium, München 2007; ISBN 978-3-8273-7190-4; 99,95 Euro.

Die deutsche Ausgabe der 5. Auflage des amerikanischen Lehrbuchs „Organic Chemistry“ vermittelt nicht nur umfassende Kenntnisse der Organischen Chemie selbst, sondern erschließt mit ausführlich gehaltenen Kapiteln über die wichtigsten Naturstoffklassen und Stoffwechselforgänge zudem einen gut verständlichen Zugang zur Biochemie. Der pharmazeutischen Chemie sind zahlreiche einzelne Angaben sowie ein eigenes Kapitel über organische Verbindungen als Wirkstoffe von Arzneimitteln gewidmet. Die Methoden der Infrarot-, UV/Vis- und NMR-Spektroskopie zur Identifizierung organischer Verbindungen werden ebenso erläutert wie die Massenspektrometrie.

Zu den hervorzuhebenden Merkmalen dieses Lehrbuchs gehören die durgehend mehrfarbigen

Abbildungen, viele Tabellen sowie Zusammenfassungen von Schlüsselbegriffen und von chemischen Reaktionen ebenso wie farblich hervorgehobene Übungen (ergänzt durch „Strategien zur Problemlösung“) im Text, Übungsfragen am Schluss der Kapitel sowie in einer angebotenen „Companion Website“. Ferner gehören zu den besonderen Merkmalen die Lösungen zu ausgewählten Fragen als Teil des Anhangs, Angaben über bedeutende Chemiker und ihre Beiträge zur Entwicklung der Chemie, als „Chemie und Leben“ bezeichnete Abschnitte innerhalb der Kapitel zur biologischen Bedeutung und zur Wirkung relevanter Stoffe sowie ein außergewöhnlich umfangreicher Anhang mit Tabellen zu physikalischen Eigenschaften organischer Verbindungen. Tabellen zur Spektroskopie, eine Zusammenfassung von Methoden zur Synthese organischer Verbindungen sowie ein bemerkenswert ausführliches Glossar und die Zusammenstellung weiterführender Literatur ergänzen den Anhang.

Dieses vorteilhafte Bild des Lehrbuchs wird nur geringfügig getrübt durch mangelnde Übersichtlichkeit in der Wiedergabe mancher Formeln, so dass diesem Lehrbuch weite Verbreitung zu wünschen ist.

Dr. Dieter Holzner

Leistungsstarke Digitalkamera für die Mikroskopie

Die neue 12,8-Megapixel-Digitalkamera DP72 vereint hohe Empfindlichkeit und Geschwindigkeit mit maximaler Auflösung. Die Aufnahmezeit, die unkomprimierte Bildwiedergabe (RGB) und zahlreiche Bildverarbeitungsmöglichkeiten bei hoher Flexibilität machen die DP72 zu einer optimalen Wahl für alle Imaging-Anforderungen im Labor. Sie empfiehlt sich damit insbesondere für Anwendungen in der Pathologie, bei denen eine zuverlässige Farbwiedergabe Grundvoraussetzung für sichere und konsistente Diagnosen ist.

Dank der völlig neu überarbeiteten Pixelshift-Technologie kombiniert mit einem 1,4 Megapixel-Sensor (1,360 x 1,024 Pixel) stehen auf Knopfdruck innerhalb von weniger als 2,5 Sekunden hochaufgelöste Aufnahmen von exzellenter Schärfe und Detailgenauigkeit mit 12,8 Megapixel (4.140x3.096 Pixel) zur Verfügung. Damit ist die Kamera das beste Modell in ihrer Klasse und bietet für alle Vergrößerungsstufen und experimentellen Anforderungen die passende Bildauf-

lösung. Im Live-Modus lassen sich 15 Bilder pro Sekunde (1.360 x 1.024 Pixel) ohne das bekannt störende Farbnachziehen während der Probenbewegungen darstellen, ideal für die Betrachtung lebender Prozesse.

Selbst wenn eine Probe oder Teile von ihr dunkel sein sollten, ist die DP72 so flexibel, dass sie im Schwarzweiß-Modus Aufnahmen von außergewöhnlicher Empfindlichkeit und mit geringem Hintergrundrauschen ermöglicht. Die Präzision gilt auch für die rauschfreie Dokumentation sehr lichtschwacher Proben, da die Peltier-Kühlung für eine konstante Temperatur sorgt, die 10 °C unter der Umgebungstemperatur liegt.

Der individuell einstellbare Monochrom-Modus ermöglicht dem Anwender eine maximale Ausleseempfindlichkeit bestimmter Färbungen durch Adressierung der jeweiligen zum Objekt passenden Pixel-Farbe. Die Empfindlichkeit lässt sich mit Hilfe der Binning-Modi steigern. Sie fassen die Lichtintensität von 2 x 2 oder 4 x 4



Pixelblöcken zusammen. Das Ergebnis sind durchgehend klare, scharfe Bilder für alle Belichtungsmethoden und Versuchsprotokolle.

Olympus Deutschland GmbH
 20097 Hamburg
 Tel 040 23 773 4612
 Fax 040 23 08 17
 www.olympus.de

Mikrowellen-Synthesizer Explorer 12 Hybrid

Mit dem Explorer 12 Hybrid steht für den Bereich der Life Sciences, der kombinatorischen Chemie und der organischen chemischen Synthese eine neue Geräteplattform von Mikrowellensystemen zur Verfügung, die speziell für die Anforderungen der chemischen Synthese entwickelt wurden.

Mikrowellenunterstützte Synthesen ermöglichen den Synthese-Chemikern ganz neue Wege zum gewünschten Produkt (Wirkstoff). Mit einem Höchstmaß an Flexibilität und bisher nicht vorhandenen Kontrollmöglichkeiten der Reaktionsparameter ermöglicht die Mikrowellen-Chemie ein direktes Einkoppeln der Energie in die gewünschten Reaktionen. In kürzester Zeit wird die notwendige Aktivierungsenergie der Reaktion zugeführt, was sich in der Beschleunigung gegenüber traditionellen Reaktionsbedingungen niederschlägt. So sind Zeitverkürzungen um den Faktor 100 bis 1000 keine Seltenheit. Die mikrowellenunterstützte Syn-

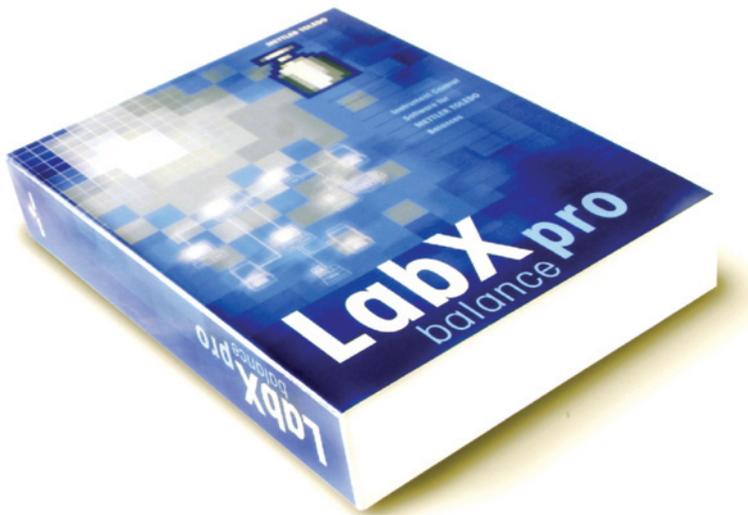
these ist zweifelsfrei der schnellste und der produktivste Weg zum gewünschten Wirkstoff. Über 5000 Literaturstellen mit stark zunehmender Tendenz berichten von den Möglichkeiten dieser Technologie.

Im Explorer 12 Hybrid können die chemischen Reaktionen sowohl unter Rückfluß in drucklosen Reaktionsbedingungen durchgeführt werden, als auch in Druckgefäßen. Ein Autosampler vermag unterschiedlich große Druckgefäße von 10 ml und 30 ml Volumen in die Mikrowelle zu geben. Ausserdem kann am Explorer 12 Hybrid auch noch eine Kamera angeschlossen werden, um Einblicke in die laufende Reaktion zu bekommen.

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



Mettler Toledo releases LabX balance v1.5



Mettler Toledo has launched LabX balance v1.5, the latest version of the user-friendly software for balance management and data handling. With all the benefits of the previous version, LabX balance software continues to improve efficiency and productivity

job templates to simplify common tasks such as preparation of reference standards, assessing moisture or ash content, filter weighing, pipette calibration checking and many more. Creation of customized templates for your laboratory's standard operating proce-

dures is also now easier, with functions available for weighing, data acquisition and data storage.

LabX balance v1.5 is now fully compatible with Windows Vista and activation of the software via the internet has been made even easier. It offers further improvements for integration of third party tools, with the updated System Integration Guide offering programming examples of important functions in three programming languages. As with the previous release, LabX balance v1.5 can be combined with Applied Biosystems' SQL*LIMS to provide a powerful, validated system for complete data management and control of laboratory processes.

The easy-to-use software offers full user guidance on the balance's touch-screen display or a PC, and now includes more than 25 built-in

job templates to simplify common tasks such as preparation of reference standards, assessing moisture or ash content, filter weighing, pipette calibration checking and many more. Creation of customized templates for your laboratory's standard operating proce-

Mettler Toledo AG,
8606 Greifensee, Schweiz
Tel +41 44 944 2211
Fax +41 44 944 3320
www.mt.com/LabX

25 Jahre Fritsch Lasertechnologie: Neue Generation der Partikelmessung

Analysette 22 MicroTec plus heißt:

- kompakte Maße – kompakter Preis
- weiter Messbereich von 0,08 bis 2000 µm
- neue Dual-Laser-Technologie
- Praktisches Modul-System mit Schnellwechselsystem für die Messzelle: Die Messzellen der neuen Analysette 22 MicroTec plus befinden sich in Kassetten, die beim Wechsel von Nass- zu Trocken-Messung einfach und schnell ausgetauscht werden, ganz

ohne Werkzeug.

Und wenn Sie eine Kassette gerade nicht benutzen, wird sie in der jeweiligen Dispergiereinheit geparkt.

- Variabler Messbereich: Mit der Analysette 22 MicroTec plus können Sie zwischen zwei Einzelmessbereichen wählen oder beide kombinieren.

Ihr Vorteil: größte Flexibilität, ein Gesamtmessbereich von 0,08 µm bis 2000 µm mit einer sehr guten Auflösung von bis zu 108 Messkanälen.

- Die mit einer sehr leistungsfä-

higen Pumpe ausgestattete Nass-Dispergiereinheit transportiert auch schwerste Partikel noch zuverlässig durch das Mess-System.

Mit Hilfe eines intelligenten Füllstandssensors lassen sich drei verschiedene Gesamtvolumina einstellen. Auch die Verwendung gängiger organischer Lösungsmittel ist mit dieser Einheit möglich.

Dies alles kombiniert mit einem leistungsfähigen und variablen Ultraschallsystem sowie einer flexiblen Software, die auch komplexe Messabläufe vollautomatisch und reproduzierbar durchführt, ergibt ein leistungsfähiges System auch für anspruchsvolle Dispergier- und Messanforderungen.



Fritsch GmbH
55743 Idar-Oberstein
Tel +49 67 84/70 146
Fax +49 67 84/70 11
www.fritsch-laser.de

ANALYSEN

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

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

ARBEITSSCHUTZARTIKEL



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

CHEMIKALIEN



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

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

DEUTERIUMLAMPEN



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

DICHTUNGSSCHEIBEN AUS GUMMI MIT AUFVULKANISierter PTFE-FOLIE

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

FTIR-SPEKTROMETER-ZUBEHÖR



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

GEFRIERTROCKNER

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

GEFRIERTROCKNUNGSANLAGEN



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

HOHLKATHODENLAMPEN



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

KÜHL- UND TIEFKÜHLGERÄTE



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

KÜVETTEN

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

LABORCHEMIKALIEN



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

LABOREINRICHTUNGEN

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

LABORHILFSMITTEL



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

LABOR-SCHLÄUCHE UND -STOPFEN AUS GUMMI

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

LABORZENTRIFUGEN, KÜHLZENTRIFUGEN



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



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

LEITFÄHIGKEITS-MESSGERÄTE



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

MIKROSKOPE



Labor- und Routine-
Mikroskope
Stereolupen und
Stereomikroskope

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

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

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

OPTISCHE TAUCHSONDEN

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

PARTIKELANALYSE



PH-MESSGERÄTE



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

REINIGUNGSMITTEL FÜR LABORGLAS



SAUERSTOFF-MESSGERÄTE



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

STERILISATOREN

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

TEMPERATUR-MESSGERÄTE



TEMPERATUR-MESSGERÄTE



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

THERMOMETER



VAKUUMKONZENTRATOREN

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

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

US-Dollar, für die Polyesterfasern etwa 1,2 Milliarden US-Dollar, zusammen also über 4 Milliarden US-Dollar. An Menge haben die vollsynthetischen Fasern mit einer Erzeugung von 1,7 Millionen t 1964 bereits die Wollproduktion mit 1,5 Millionen t im gleichen Zeitraum übertroffen.

Vom Grundstoff zum Endprodukt

Ich möchte nun mit Hilfe des sogenannten „Benzolstammbaumes“ auf die wichtigsten Derivate eingehen; ich werde mich in diesem Abschnitt bei Zahlenangaben auf Schätzungen für das Jahr 1964 beschränken.

Wichtigstes unmittelbares Benzolderivat ist das Äthylbenzol, zu dessen Herstellung 1964 etwa 36% der in der westlichen Welt insgesamt für chemische Zwecke eingesetzten Benzolmenge (4 Millionen t) verbraucht wurden; in den USA waren es 42%; in der Bundesrepublik Deutschland 28%. Äthylbenzol ist Ausgangsprodukt für Monostyrol, dessen Weltproduktion (ohne Ostblock) man auf 1,7 Millionen t veranschlagen kann.

Zweiter Hauptast des Benzols ist das Phenol. Jede vierte Tonne des insgesamt für chemische Synthesen verbrauchten Benzols ging über Cumol, über Chlorierung, Sulfurierung oder Direktoxydation in die Phenolherstellung ein, dessen Weltproduktion (ohne Ostblock) 1964 bei etwa 900 000 t lag. Von den Folge-stufen des Phenols erwähne ich zunächst die Phenolharze, von denen 1964 ca. 1 Million t produziert worden sein dürften; in den USA waren es allein 370 000 t. Ein weiteres Einsatzgebiet des Phenols ist die Synthese von Caprolactam und Adipinsäure, wenn auch neuere Verfahren auf diesem Gebiet mittlerweile größere Bedeutung erlangt haben. — Phenolabkömmlinge spielen ferner auf dem Gebiet der Herbizide, der Farbstoffe sowie der Pharmazeutika eine Rolle. Ich nenne schließlich noch das wichtige Bisphenol A, Ausgangsprodukt für die Epoxyharze und die Polycarbonate. In den USA wurden 1964 rund 480 000 t Phenol, das sind 22% des Benzoleinsatzes im Chemiebereich, synthetisch hergestellt, in der Bundesrepublik Deutschland waren es 135 000 t, entsprechend 35%.

Das drittichtigste Direktderivat des Benzols ist das Cyclohexan. Grob geschätzt wurden 1964 rund 700 000 t Cyclohexan durch Hydrierung aus Benzol gewonnen; das entspricht einem Benzoläquivalent von 680 000 t und damit 17% des in der Chemie verwandten Benzols. Cyclohexan geht nahezu ausschließlich in Adipinsäure und Hexamethyldiamin, also AH-Salz, und in Caprolactam, Ausgangsprodukte für die Polyamide bzw. Nylontypen 6 und 66. 95% der Polyamide werden zu synthetischen Textilfasern weiterverarbeitet, und nur ein kleiner, allerdings ansteigender Teil — 1964 waren es 60 000 t — gelangt in den Kunststoffsektor, vor allem für technische Zwecke. In den USA betrug die Cyclohexanherzeugung im vergangenen Jahr 400 000 t auf Basis Benzol; sie nahm damit etwa 18% von diesem auf. In der Bundesrepublik Deutschland wird dagegen noch kein Cyclohexan hergestellt.

Chlorbenzole sind ihrer Bedeutung nach der nächste Ast unseres Benzolstammbaumes. Ihre Produktion in der westlichen Welt belief sich 1964 auf

etwa 350 000 t, entsprechend einem Benzoläquivalent von ungefähr 280 000 t, also fast 7% der 4 Millionen t Benzol. Ihre Hauptverwendungsgebiete sind Pflanzenschutzmittel, Lösungsmittel und Farbstoffe.

Vom Benzoläquivalent ausgehend, folgt in der Reihenfolge unserer Betrachtung das Nitrobenzol mit 300 000 t im Jahre 1964, das entspricht 200 000 t Benzol oder einer Quote von 5%. Nitrobenzol ist das älteste Benzolderivat, das über die Folgestufe Anilin als erstes wirtschaftliche Bedeutung im Farbstoffsektor erlangte. Auch heute noch geht Nitrobenzol über Anilin in erster Linie in den Bereich der Farbstoffe, aber auch in den Pharmasektor, in Photochemikalien und in Kautschukhilfsmitteln. Während in den USA auf Nitrobenzol nur 4% des Benzols entfielen, waren es in der Bundesrepublik Deutschland 15%. Der absoluten Menge nach weichen die Produktionszahlen für die USA und die Bundesrepublik nur um 30 000 t voneinander ab. Sie lauten: für die USA 120 000 t, für die Bundesrepublik 90 000 t.

Noch ein Hinweis auf die Bedeutung der Aromaten für Waschrohstoffe. Sie kommt in der Zahl von 500 000 t Alkylbenzole für 1964 in der westlichen Welt zum Ausdruck. Hierfür wurden 175 000 t Benzol benötigt, rund 4% der für chemische Zwecke verbrauchten 4 Millionen t Benzol.

Für Maleinsäure als letztem Beispiel dürften 1964 in der westlichen Welt rund 165 000 t Benzol verbraucht worden sein. Der größte Teil der Maleinsäure geht in die Polyesterharze. Das läßt sich am Beispiel der USA zeigen, wo es rund 75% sind. Die Entwicklung ist aber, wie ich vorher schon erwähnte, weit hinter der Polystyrolentwicklung zurückgeblieben. Weitere Verwendungsgebiete sind Agrochemikalien, wie z. B. Bodenstabilisatoren.

Strukturwandel in der Benzolgewinnung

Über 100 Jahre lang, nämlich bis Ende der 40er Jahre unseres Jahrhunderts, wurde Benzol ausschließlich aus der Reinigung des in Kokereien und Gaswerken anfallenden Rohbenzols gewonnen. Die verfügbaren Mengen waren damit in der Hauptsache von der Koksproduktion und Kokereigerzeugung abhängig, indirekt in großem Umfange von der Eisen- und Stahlerzeugung, wo moderne Verfahren einen spezifisch sinkenden Koksverbrauch erlangen lassen. Im Rohbenzol sind 60% Reinbenzol und 40% höher siedende Aromaten enthalten; 50% werden üblicherweise extrahiert. Bei der Reinbenzolgewinnung aus Rohbenzol hat seit 1950 das Druckraffinationsverfahren (BASF/Schölvener-Chemie AG) die bis dahin gebräuchliche Raffination mit Schwefelsäure weitgehend verdrängt.

Um 1950 begann man in den USA, Benzol aus Rohöl herzustellen, eine Entwicklung, die in anderen Ländern erst etwa ein Jahrzehnt später einsetzte, wenn auch die Technik der Aromatisierung von Benzinen zum Zwecke der Erhöhung der Oktanzahl Anfang der 40er Jahre in der BASF in Ludwigshafen und in Leuna entwickelt worden waren. Bei diesem Verfahren geht man von Benzinfractionen aus. Diese werden durch katalytische Behandlung mit Platin-Kontakten („reforming“) in aromatenreiche Gemische übergeführt, aus denen

man das Benzol gewinnen kann. In den USA machte schon 1950 das petrochemisch hergestellte Benzol 5% der gesamten Benzolgewinnung aus. Zehn Jahre später stellte sich der Anteil bereits auf zwei Drittel und erreichte 1964 85%. Das entspricht einer Menge von 2,2 Millionen t Benzol aus Erdöl.

In der Bundesrepublik Deutschland nahm die *Gelsenberg Benzin AG* 1961 die Benzolherzeugung aus Rohöl nach dem reforming-Verfahren auf. Drei Jahre später folgte die *Deutsche Erdöl AG* (DEA); mittlerweile sind es vier Hersteller. Von etwa 3% im Jahre 1961, also am Beginn, erhöhte sich der Anteil des auf Basis Erdöl gewonnenen Benzols in der Bundesrepublik Deutschland auf 24%, das sind 80 000 t, eine immer noch sehr bescheidene Menge im Vergleich zum Weltdurchschnitt, der 1964 bei 66%, entsprechend 3,3 Millionen t Benzol aus Erdöl, lag.

3/5 der Benzolherzeugung in der westlichen Welt in Höhe von 5 Millionen t wurden im Jahre 1964 also aus Rohöl gewonnen. 4/5 davon, nämlich 4 Millionen t, wurden, wie gesagt, für chemische Synthesen benötigt. Das zeigt uns, daß die starke Nachfrage nach dem Ausgangsstoff Benzol aus dem Zwangsanfall des Rohbenzols auf Kohlebasis heute längst nicht mehr gedeckt werden kann. Dagegen kann die petrochemische Erzeugung von Benzol aus Erdöl leicht um ein Vielfaches der heute schon auf diesem Wege hergestellten Mengen gesteigert werden. Solche Erscheinungen sind keine Strukturkrisen, sondern Strukturwandlungen!

Neue Wege zum Cyclohexan

Sahen wir schon beim Benzol ganz allgemein, daß eine Deckung des Bedarfs auf Kohlebasis nicht mehr möglich gewesen wäre, so läßt sich diese Feststellung auf die Herstellung anderer aromatischer Produkte für chemische Synthesen ausdehnen, und zwar sowohl in Hinblick auf die Menge als auch auf die Gewinnungskosten. Die erwähnten katalytischen reforming-Verfahren der Erdölindustrie liefern C₆- bis C₈-Aromaten, aus denen neben Benzol auch Toluol, Xylole und Äthylbenzol gewonnen werden. Je nach Bedarf können die substituierten Aromaten wieder zu Benzol entalkyliert werden. Aus der Xylofraktion wird z. B. o-Xylole zur Herstellung von Phthalsäureanhydrid gewonnen und damit Kokerei-Naphthalin substituiert. p-Xylole kann zur Herstellung von Terephthalsäure verwendet werden und verbreitert damit die Rohstoffbasis für die Erzeugung der Polyesterfasern.

Der Produktionsverbund in den Raffinerien ermöglichte schließlich auch die wirtschaftliche Herstellung des schon erwähnten wichtigen Rohstoffs Cyclohexan für die Polyamide. 1964 wurden in der westlichen Welt etwa 900 000 t Hexahydrobenzol oder Cyclohexan produziert, davon etwa 700 000 t durch Hydrieren von Benzol und etwa 200 000 t aus Erdöl, und zwar aus naphthenreichen straightrun-Benzinen¹⁾, entweder direkt auf destillativem Wege oder durch Isomerisierung des darin enthaltenen Methylcyclopentans, je nach Zu-

¹⁾ = unmittelbar durch fraktionierte Destillation von Erdöl und folgende Reinigung hergestellte Benzine.

sammensetzung des verwendeten Rohöls. Die aromatisierende Cyclisierung von Paraffinen und Naphthenen, unter Freiwerden von Wasserstoff, kann in optimaler Weise kombiniert werden mit der Hydrierung des bei dem reforming-Prozeß gewonnenen Reinbenzols zu Cyclohexan. Die Hydrierung von Kokereibenzol mit ad hoc erzeugtem Wasserstoff ist demgegenüber kostspieliger. Der Weg zur Herstellung von Cyclohexanon und Cyclohexanol durch Luftoxydation von Cyclohexan wurde so unter wirtschaftlich günstigeren Aspekten freigelegt. Die bei *Phillips Petroleum Co.* in Texas in den USA betriebene direkte Gewinnung von Cyclohexan aus Erdölfractionen dürfte unter diesen Umständen gegenüber der Hydrierung von Benzol an Bedeutung verlieren.

An diesem Beispiel einer modernen Weiterentwicklung der Benzolchemie wird erkennbar, wie u. U. erst allmählich eine breite und wirtschaftliche Basis für die Neuentwicklung eines Endproduktes, im vorliegenden Fall einer vollsynthetischen Faser, ermöglicht wird.

*

Ehe ich diesen Vortrag niederschrieb, in der Vorbereitung unterstützt durch Mitarbeiter, vor allem aus der Volkswirtschaftlichen Abteilung der BASF, habe ich mich eingehend mit der Persönlichkeit von *Kekulé* beschäftigt und unter anderem mit großem Genuß und starker Anteilnahme die im Verlag Chemie 1929 erschienene *Kekulé-Biographie* von *Richard Anschütz* — ich gestehe, zum ersten Mal ganz — gelesen. Auf dem Titelblatt dieser zweibändigen Biographie steht ein Zitat von *Justus von Liebig*, das ich im Original am Beginn des 4. Briefes seiner „Chemischen Briefe“ fand. Es lautet:

„Unzählige Keime des geistigen Lebens erfüllen den Weltraum, aber nur in einzelnen, seltenen Geistern finden sie den Boden zu ihrer Entwicklung; in ihnen wird die Idee, von der niemand weiß, von wo sie stammt, in der schaffenden Tat lebendig.“

Ich möchte Ihnen aus dem Original, für uns alle zum Nachdenken, auch noch den sich anschließenden Satz von *Liebig* vorlesen:

„Nicht an die Taten mächtiger Fürsten oder berühmter Feldherren, sondern an die unsterblichen Namen Columbus, Copernikus, Kepler, Galilei, Newton knüpft die Geschichte den Fortschritt in den Naturwissenschaften und den Zustand der Geistesbildung in der gegenwärtigen Zeit.“

Diese Worte sind vor über hundert Jahren geschrieben, *Kekulé* und manche andere große Namen konnten seither zu den erwähnten Naturforschern hinzugefügt werden. Und doch fehlt auch in unseren Tagen noch bei vielen die Erkenntnis dieser von *Liebig* formulierten Wahrheit und die Einsicht und Bereitschaft, daraus die notwendigen Schlußfolgerungen für die Förderung der Naturwissenschaften zu ziehen und danach zu handeln²⁾.

²⁾ Die ausführliche Fassung des Vortrags ist in Heft 11, 1965 der Chemie-Ingenieur-Technik erschienen.



AQS-Merkblätter

für die Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung

Herausgegeben von der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)

Loseblattwerk, 498 Seiten, EUR (D) 76,- (inkl. 7% USt. und zzgl. Versandkosten). ISBN 978 3 503 03197 9

AQS-Merkblätter bedeuten konkrete Arbeitshilfen:

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

Gesicherte Analyseergebnisse durch kontrollierte Bedingungen

Wesentliche Entscheidungen und Maßnahmen auf dem Gebiet des Umweltschutzes stützen sich auf Messergebnisse, die durch chemische, physikalische und biologische Analysenverfahren gewonnen werden. Für gesicherte Ergebnisse sind Untersuchungen unter kontrollierten Bedingungen unverzichtbar. Dies gilt insbesondere für

- ▶ Probenahme und Probenkonservierung
- ▶ Probentransport und -lagerung
- ▶ Probenvorbereitung und -aufbereitung
- ▶ Messung sowie
- ▶ Ergebnisauswertung und Ergebnisdarstellung.

Die seit Jahren anerkannte Wissensquelle!

Die Wasseranalytik erfordert eine qualifizierte **ANALYTISCHE QUALITÄTSSICHERUNG (AQS)**, die auf einer einheitlichen Grundlage durchzuführen ist.

Die hierfür erforderlichen Informationen und Arbeitshilfen finden Sie in dieser bewährten Sammlung von Merkblättern zu den AQS-Rahmenempfehlungen.



Weitere Informationen zum Werk online unter [www.ESV.info/978 3 503 03197 9](http://www.ESV.info/978_3_503_03197_9)

Bestellungen bitte an den Buchhandel oder direkt an:

Erich Schmidt Verlag GmbH & Co.
Genthiner Str. 30G, 10785 Berlin
Fax 030/25 00 85-275

ESV

ERICH SCHMIDT VERLAG

www.ESV.info

E-Mail: ESV@ESVmedien.de