

# CLB

*Chemie in Labor und Biotechnik*

Analytik

Biotechnik

Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung

Licht an!



- Steuerung durch Gedanken
- Bauchemie
- Kalium

- Stickstoffmonoxid
- Wiegleb
- Zentrosom



Die CLB – schon immer auf Übersichtsartikel bedacht – brachte im August 1962 ihren Lesern die Struktur der Nukleonen näher; auf dem Titelbild damals: Meitner, Born, Hahn und Heisenberg. Heute geht die Teilchenphysik mit der Kosmologie zusammen. Wer sich darüber aktuell aus erster Hand informieren will lese beispielsweise das Buch „Kosmische Doppelgänger“ von Alex Vilenkin (siehe Besprechung auf Seite 467)

**Chemie** FÜR LABOR UND BETRIEB  
Eine verständliche Monatsschrift

Nr. 8 Frankfurt a. M., August 1962 13. Jahrgang

## Die Struktur der Nukleonen

Von Dipl.-Phys. B.-A. Brandt, Physikal. Institut d. Univers. Marburg.

Auf der Lindauer Nobelpreisträger-Tagung dieses Jahres sprach Prof. Hofstadter, Träger des Nobelpreises für Physik 1961, über seine Arbeiten. Der folgende Aufsatz berichtet über Problem und Methode der Hofstadterschen Experimente und zeigt — über das von Hofstadter in Lindau Vorgetragene hinausgehend — auch die Deutungen, die diese Experimente gefunden haben.

Die Erkenntnis, daß alle Materie aus bestimmten Grundstoffen besteht, wurde durch die Entdeckung der chemischen Elemente und ihre Einordnung in das Periodensystem zu einer Grundlage aller modernen naturwissenschaftlichen Arbeiten. Das kleinste Teilchen eines solchen Elementes wurde Atom genannt (atomos, griechisch = unteilbar) in der Meinung, daß diese Atome, die man z. B. durch Verdampfen eines Metalls darstellen konnte, die elementaren Bausteine der Materie, die sogen. „Elementarteilchen“ sind.

Die Entdeckungen und Erscheinungen, die zur Entwicklung der Atomphysik führten, ließen jedoch deutlich werden, daß auch die Atome noch teilbar sind, daß ihre Bruchstücke dann allerdings nicht mehr die Eigenschaften des chemischen Elementes besitzen. Die Atome setzen sich offenbar aus andersartigen Teilchen zusammen. Ziel der Atomphysik wurde nun, die Struktur des Atoms aufzuklären.

Das Bohrsche Atommodell lieferte ein brauchbares Bild dieser Struktur: ein schwerer, positiv geladener Atomkern ist von einer Hülle aus sehr leichten, negativ geladenen Elektronen in Form von Elektronenwolken umgeben. Die Bahnen, auf denen sich die Elektronen um den Atomkern innerhalb dieser Elektronenhülle bewegen, haben Durchmesser, die mit der gemessenen Größe der Atome von ca.  $10^{-8}$  cm übereinstimmen. Die räumliche Ausdehnung des Atomkerns — von Rutherford zu ca.  $10^{-12}$  cm  $\varnothing$  bestimmt — ist demgegenüber als „punktförmig“ anzusehen, d. h. zu vernachlässigen: sie ist bis zu 100000 mal kleiner als die des ganzen Atoms.

Die Struktur der Atomhülle konnte Bohr durch die Einführung von Quantenbedingungen erklären: die — je nach chemischen Elementen verschiedene — Bahnen, aber unter sich alle gleichen — Elektronen bewegen sich auf bestimmten „Bahnen“ und lassen sich „Schalen“ in der Atomhülle zuordnen, die in einem wohldefinierten Zusammenhang mit der Anordnung der chemischen Elemente im Periodensystem gebracht wurden.

311

über. Diese „Anomalie“ ist — wie wir heute wissen — Ausdruck für das Zusammenwirken der Kernkräfte. Da die Natur dieser Kräfte und die genaue Art ihrer Wirkung aber, wie erwähnt, nicht bekannt sind, entschloß sich Hofstadter, für diese Experimente andere Teilchen als „Sonden“ zu verwenden, von denen wir wissen, daß sie durch die Kernkräfte nicht beeinflusst werden — die Elektronen: Elektronen werden durch elektrische Felder (in Elektronen-Beschleunigern) sehr stark beschleunigt und mit der so gewonnenen hohen kinetischen Energie auf die zu untersuchenden Nukleonen gelenkt.

Zunächst wurden Protonen untersucht. In geeigneter Form liegen Protonen als Atomkerne von Wasserstoffatomen vor; Hofstadter verwendete daher Wasserstoff als „Target“ (englisch = Zielscheibe) und zwar als Gas, als flüssigen Wasserstoff oder in Form der H-Atome in Polyäthylenen. Die chemischen Bindungen zwischen dem Wasserstoffkern und dem Hüllenelektron bzw. den Kohlenstoffatomen sind so klein, daß diese Bindungsenergien gegenüber den Energien der eingeschossenen „Sonden“-Elektronen zu vernachlässigen sind; sie beeinflussen die Messungen nicht.

Ein entsprechendes reines Neutronentarget gibt es leider nicht. Die Messungen an Neutronen müssen über einen Umweg gewonnen werden. Man verwendet ein Target aus Deuterium (schwerem Wasserstoff, dessen Atomkerne, Deuteronen, aus einem Proton und einem Neutron bestehen). Die Messungen an Deuterium liefern dementsprechend eine Überlagerung, die durch die Streuung der Elektronen am Proton und am Neutron verursacht wird. Da man aber die Streuung durch das Proton aus der ersten Messung kennt, kann man durch eine geeignete Subtraktion aus den Deuteron-Streuwerten die Neutron-Streuung errechnen. (Die so gewonnenen Werte für die Neutronen sind allerdings ungenauer als die Werte für die Protonen, da in den Neutronenergebnissen die Meßfehler von zwei Messungen enthalten sind.)

### Die Meßanordnung

Der Aufbau der Meßanordnung von Hofstadter ist in Abb. 1 wiedergegeben. Die vom Elektronenbeschleuniger ausgesandten Elektronen werden zunächst durch einen Umlenkmagneten geführt, um den Elektronenstrahl zu „reinigen“, insbesondere von der ebenfalls im Beschleuniger auftretenden Elektronen-Bremsstrahlung: die Elektronen werden im Feld des Magneten entsprechend ihrer Energie um einen bestimmten Winkel abgelenkt (Lorentz-Kräfte), während die Bremsstrahlung (Röntgen- bzw.  $\gamma$ -Strahlung; von dem Magnetfeld nicht beeinflusst) von der Beton-Abschirmung absorbiert wird. Durch die hinter dem Magneten aufgestellte Blende wird gleichzeitig ein bestimmter Elektronen-Umlenkwinkel, d. h. aber eine definierte Elektronen-Energie ausgewählt. Aus der Blende tritt somit ein monoenergetischer Elektronenstrahl aus, der durch einen zweiten Magneten auf das Target gelenkt wird. Die im Target aus dem Strahl — wegen hinreichender Annäherung an ein

310

Die Struktur der Nukleonen

Auch der Atomkern erwies sich als ein zusammengesetztes Gebilde, so entstand die Frage nach einer Struktur des Atomkerns und mit ihr ein neues Arbeitsgebiet, das wir heute allgemein als Kernphysik bezeichnen.

Als Baustein für Atomkerne kam das Proton in Frage, da der Atomkern des leichtesten Atoms, des Wasserstoff-Atoms, aus einem Proton besteht. Doch die experimentellen Befunde an schwereren Atomen ließen sich mit dieser einfachen Annahme nicht erklären. Erst die Entdeckung eines weiteren Teilchens, des Neutrons (durch Chadwick 1932), das elektrisch neutral ist und etwa die gleiche Masse wie das Proton besitzt (also auch ca. 1836mal schwerer als das Elektron ist), ermöglichte eine begründete und experimentell bestätigte Vorstellung vom quantitativen Aufbau des Atomkerns: der Atomkern eines Elements der Ordnungszahl Z besteht aus Z Protonen und (A-Z) Neutronen, wobei A die Anzahl der im Atomkern vorhandenen Teilchen ist.

Proton und Neutron sind also die Bausteine der Atomkerne; man bezeichnet sie mit dem gemeinsamen Namen „Nukleonen“ (nucleus, lateinisch = Kern). Sie haben als einheitliche Bausteine für alle Kerne genau wie die Elektronen den Charakter von Elementarteilchen.

Über den qualitativen Aufbau der Atomkerne ist unser Wissen sehr lückenhaft, da die Frage nach den Kräften, den sogenannten Kernkräften, die zwischen den Nukleonen im Atomkern herrschen, noch offen ist. Es müssen stark bindende Kräfte sein, da sonst die Kerne wegen der Abstoßung der gleichnamig geladenen Protonen auseinanderfliegen müßten. Weiterhin wissen wir nicht, wie die Nukleonen im Atomkern räumlich angeordnet sind, und vor allem nicht, wie groß die Nukleonen im Verhältnis zu den ungefähr bekannten Durchmessern der Atomkerne sind.

Konnte man in der Atomphysik den Atomkern als punktförmig betrachten, so entstand jetzt die Frage, ob man die einzelnen Nukleonen vielleicht als punktförmige Teilchen im Verhältnis zum Atomkern ansehen könne. Zur Untersuchung der Größe der Nukleonen nahm der Amerikaner Prof. Dr. Robert Hofstadter 1954 seine Elektron-Nukleon-Streuexperimente auf, für deren Durchführung und Ergebnisse ihm 1961 der Nobelpreis für Physik verliehen worden ist.

### Elektronenstreuung an Nukleonen

Hofstadter ging in seinen Experimenten im Prinzip so vor, wie Rutherford vor nunmehr 50 Jahren, als er die Ladung und die Ausdehnung der Atomkerne bestimmte. Rutherford schoß  $\alpha$ -Teilchen ( $\text{He}^{2+}$ -Ionen) auf die zu untersuchenden Atome und konnte aus der „Streuung“, der Ablenkung, die die  $\alpha$ -Teilchen auf Grund der gleichnamigen Ladung von  $\alpha$ -Teilchen und Atomkern erleiden, auf die ungefähre Größe des Atomkerns rückschließen (Rutherford'sche Streuformel).

Bei sehr dichter Annäherung der  $\alpha$ -Teilchen an den Atomkern stimmt die gemessene Ablenkung nicht mehr mit der Vorhersage nach der Streuformel

312

Die Struktur der Nukleonen

Abb. 1. Schematische Darstellung der Elektronen-Streuapparatur von Hofstadter.

Nukleon — herausgestreuten Elektronen müssen nun ausgemessen werden und zwar 1. hinsichtlich des Streuwinkels und 2. nach der ihnen in der Streuung verbliebenen Energie.

Diese Messungen werden mit Hilfe eines Analysier-Magneten vorgenommen, der um das Target schwenkbar angeordnet ist. Um diesen Magneten mit einem Gewicht von ca. 30 t vernünftig bewegen, d. h. auf den gerade interessierenden Streuwinkel einstellen zu können, wurde er auf der Drehlafette einer Schiffskanone montiert, die die US-Navy für diesen Zweck zur Verfügung stellte. Der Analysiermagnet (ein magnetisches  $\beta$ -Spektrometer) ist als Elektromagnet so gebaut, daß — durch Einstellen eines geeigneten Stromes in der Wicklung — nur die Elektronen einen Austrittspalt passieren können, die die jeweils gewünschte Energie besitzen. Diese austretenden Elektronen werden dann in einem Nachweisgerät, hier einem Cerenkov-Zähler<sup>1)</sup> registriert.

Die Messung selbst wird so ausgeführt, daß man beobachtet, wieviele Elektronen unter dem durch die Stellung des Analysiermagneten fixierten Winkel mit einer bestimmten Energie (durch den Strom im Analysiermagneten festgelegt) pro Zeiteinheit in dem Cerenkov-Zähler eintreffen. Die Gesamtzahl aller so für verschiedene Magnetströme und verschiedene Winkelstellungen gemessenen Streuelektronen ergibt die sogenannte „Streuverteilung“ für das betreffende Target und für die gewählte Elektronen-Einschußenergie. Aus dieser Streuverteilung gewinnt man die gewünschten Informationen über die Größe und die eventuell vorhandenen Strukturen der im Target befindlichen streuenden Teilchen auf Grund der Bestimmung sogenannter „Formfaktoren“.

Eine Vorstellung von den experimentellen Schwierigkeiten vermittelt die Tatsache, daß pro Stunde im Cerenkov-Zähler häufig nur 4 bis 5 Elektronen ankommen. Wollte man eine Meßgenauigkeit von etwa 1% erreichen, wäre aber die Registrierung von 10000 Streuelektronen nötig!

<sup>1)</sup> Vgl. diese Ztschr. 10, 4 ff (1959).

Fortsetzung auf Umschlagseite 3



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

neben einem Kaleidoskop etlicher kleinerer Beiträge hatte ich diesmal zwei längere Beiträge vorliegen bzw. in Produktion. Um die Vielfalt der CLB wie gewohnt darzustellen habe ich mich zu dieser Doppelausgabe entschieden – wie Sie es in ähnlicher Weise ja auch schon bei den CLB-Ausgaben 9/10 des vergangenen Jahres erlebt haben. Die CLB hat immer schon fächerübergreifend berichtet. Dies hilft, das eigene Arbeitsgebiet in seinen Entwicklungsmöglichkeiten zu beurteilen, sich selbst eventuell durch entsprechende Weiterbildung neu aufzustellen. Bemerkenswerterweise beklagen 53 Prozent der Abgänger von Gymnasien Schwierigkeiten in der weiteren Ausbildungs- und Berufswahl durch die nur schwer absehbare Entwicklung auf dem Arbeitsmarkt zu haben. 42 Prozent haben ihre Schwierigkeiten mit der nur schwer überschaubaren Zahl der Möglichkeiten dabei (siehe Seiten M87-M88).



Neben dem gewohnt exzellenten Beitrag von Prof. Obendrauf – diesmal über Stickstoffmonoxid (ab Seite 408) als längerem Beitrag habe ich in dieser Ausgabe die Veränderungen in der Maschinenkommunikation, einhergehend mit entsprechenden gesellschaftlichen Veränderungen, übersichtsweise aufgezeigt, mit dem Schwerpunkt Brain-Machine-Interfaces. Der Grund: Versucht man unvoreingenommen, die Konvergenzen der verschiedenen wissenschaftlich-technischen Fortschritte zu bewerten, erscheint ein immer weitergehendes Zusammengehen von Mensch und Maschine plausibel – Ende offen. Die Einbettung in die Technikgeschichte mit Darstellung damaliger Prognosen mag dazu dienen, die (Zwischen-) Ziele jetziger Entwicklungen besser abzuschätzen – auch hinsichtlich einer Befreiung von selbstgesetzten Schranken in der Vorstellung. Wenn man jetzt noch Tasten drückt muss das in Zukunft nicht mehr so sein.

Das wird natürlich Arbeitsfelder und -weisen in der Biologie, Chemie und Analytik ändern. Daher steht in dieser CLB auch etwas über den Einfluss der Informatik auf andere Gebiete, insbesondere aber auch auf die Biologie (ab Seite 454). Wie bereits erwähnt: Schon früh erschloss die CLB in Übersichtsbeiträgen andere Wissenschaftsgebiete, zum Beispiel 1951: „Probleme der Quantenphysik“;

1962: „Die Struktur der Nukleonen“ (siehe nebenstehend CLB-Geschichte) sowie „Die Geheimnisse des Tons – bis hin zur Lebensentstehung“ oder „Motive und Impulse der Forschung“ mit Abschnitten wie: „Das Sinnen über das Wesen und den Ursprung der Dinge“ oder „Sehnsucht nach ewiger Jugend“. Ob sich ein dauerhafter Lebenszustand nicht auch durch die Verbindung von Gehirn und Computer erreichen lässt?

Ausblicke auf Entwicklungen von Forschung und Technik sollen natürlich auch motivieren – und das ist gerade bei der Jugend notwendig. Auf Grund der fortgeschrittenen Krise am Arbeitsmarkt für Fachkräfte forderte der VDI jüngst die rasche Einführung eines Nationalen Technikrats. Laut einer aktuellen Emnid-Umfrage unter 1000 Bundesbürgern denkt jeder zweite Deutsche, der technische Fortschritt bestimmt wesentlich unsere Zukunft. In Deutschland arbeitet man aber nur „mit begrenztem Schaum“ daran: Allein der Fachkräftemangel im vergangenen Jahr hat das Land laut VDI 3,5 Milliarden Euro an Wertschöpfung gekostet. Ein Nationaler Technikrat müsse sich mit drei zentralen Maßnahmen auseinander setzen. Als kurzfristig wirkende Maßnahme müssten Fachkräfte aus dem Ausland geholt werden. Insbesondere jedoch solle sich die Wirtschaft selbst einer systematischen Weiterbildung verpflichten. Darüber hinaus müsse dringend verbindlicher Technikunterricht an allen Schulformen eingerichtet werden. Immerhin gibt es hier einen Lichtblick; Naturwissenschaft und Technik könnten wieder mehr in den Mittelpunkt der Interessen von Schülerinnen und Schüler gerückt sein: „Jugend forscht“ erzielt nach Anmeldungs-Rückgängen im vergangenen Jahr dieses Jahr einen Anmelderekord von 10 102 Jugendlichen.

Ich hoffe, Sie lassen sich auch durch Übersichtsbeiträge der CLB motivieren.

Gesundheit, Freude und Erfolg im nächsten Jahr wünscht

Ihr

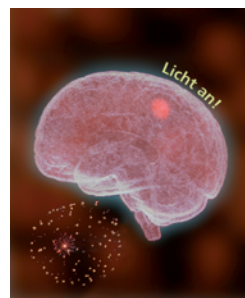
# INHALT

## Aufsätze

NO als Botenstoff und Umweltgift Nanomol-Experimente mit Stickstoffmonoxid _____	408
Pharmazeut, Chemiker, Chemehistoriker Johann C. Wiegleb aus Langensalza _____	420
Wenig bekanntes Risiko im Laboratorium Explosionsgefahr mit metallischem Kalium _____	424
Paradigmenwechsel in der Maschinenbedienung als Allegorie gesellschaftlicher Veränderungen Vom Hebel zum Gedankenimpuls _____	427

## Rubriken

Editorial _____	401
Impressum _____	403
F & E im Bild _____	403
Unternehmen _____	404
Personalia _____	406
Förderungen / Preise _____	407
<b>Umschau</b>	
Chemie-Innovationen für die Baubranche _____	442
Bioinformatik mit mehreren Kooperationsszenarien _____	454
Zentrosomen, Fruchtfliegen und Krebs – und: Kommt das Leben von fremden Planeten? _____	458
<b>Forschung und Technik</b> _____	462
<b>Literatur</b> _____	466
<b>Umfeld Wissenschaft</b> _____	468
<b>Neue Produkte</b> _____	473
<b>Bezugsquellenverzeichnis</b> _____	475



Zum Titelbild:  
Maschinensteuerung ging  
zunächst mit Muskelkraft, bald  
vielleicht mit Gedanken (siehe  
Artikel Seiten 427 - 438; Bild:  
Kickuth).

## CLB-Memory

Ein Fall für die Kriminalpolizei Wundersame Geldwäsche _____	M81
Entsorgung von Chemikalien Genau Kenntnis der Stoffeigenschaften wichtig _____	M83
Studie über Informationen zur Berufswahl Jeder Dritte fühlt sich unzureichend informiert _____	M87
Nützliche Ratgeber 89 - 105 Mehr Online-Infos und Downloads als Hefte _____	M89
Organische Chemie Reaktionen an Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen _____	M92

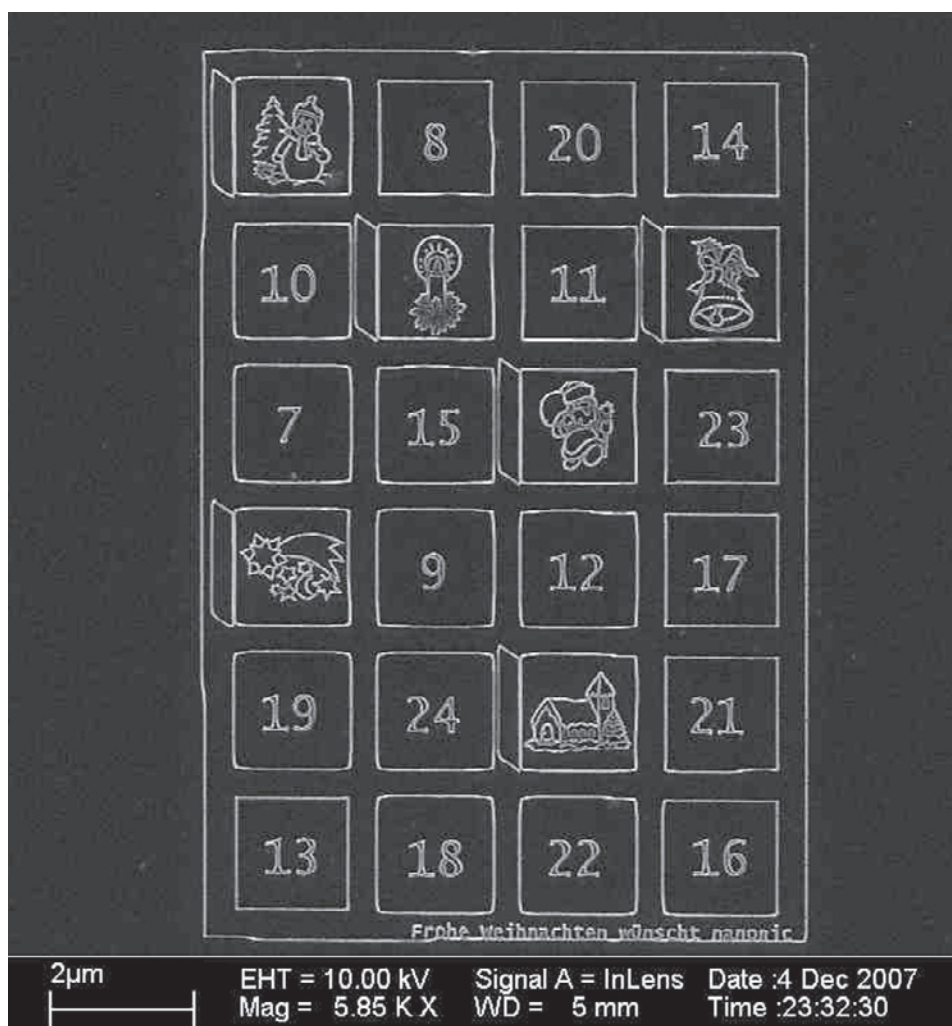
## Register

Autoren- und Sachwortregister CLB 58. Jahrgang 2007 _____	I - VIII
--	----------



## Wenn man wartet...

Am Institut für Experimentelle und Angewandte Physik der Universität Regensburg hat man den wohl kleinsten Adventskalender der Welt dargestellt. Er hat eine Größe von ca. 12 x 8 Mikrometer, von der Fläche her ein Milliardstel derjenigen eines normalen Kalenders. Er ist mit bloßem Auge unsichtbar; um in zu sehen benötigt man schon ein höchstauflösendes Rasterelektronenmikroskop. Die Figuren in den geöffneten Fenstern des Kalenders sind nur noch etwa 1 Mikrometer groß, die feinsten Strukturen, wie etwa die Scheiben der Kirchenfenster, haben Abmessungen von rund 20 Nanometern. Als Werkzeuge zur Herstellung dienten Elektronenstrahlolithographie und Ionenstrahlätzen, angewandt auf den Halbleiter Galliumarsenid. Normalerweise verwenden die Regensburger diese Techniken für Untersuchungen auf dem Gebiet der Spintronik. Darin versucht man, neben der elektrischen Elementarladung auch das magnetische Moment der Elektronen, ihren Spin, für Schaltungszwecke zu nutzen. (Abb.: Uni Regensburg).



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

**Redaktion:**  
Rolf Kickuth (RK, verantwortlich);  
E-Mail: kickuth@clb.de,  
Dr. Maren Bulmahn (MB, CLB-Memory,  
E-Mail: redaktion@clb.de),  
Dr. Christiane Soiné-Stark  
(CS, E-Mail: stark@clb.de).

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

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

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

**Abonnementbetreuung:**  
Natalia Bajramovic  
E-Mail: service@clb.de

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

CLB erscheint monatlich.

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

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

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

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

ISSN 0943-6677



## NACHRICHTEN & NOTIZEN

**AdvanDx, Inc.** hat das Testkit vanA/B Evigene in Europa auf den Markt gebracht. Dieser diagnostische Test erkennt Vancomycin-Resistant Enterococci (VRE)- und Vancomycin-Resistant Staphylococcus aureus (VRSA)-Bakterien in Blutproben und anderen klinischen Isolaten. Durch den Einsatz von Locked Nucleic Acid (LNA) Sonden ist das Kit herkömmlichen Tests bezüglich Sensitivität und Spezifität überlegen. Multiresistente Bakterien sind in Krankenhäusern weltweit verbreitet.

**SIG Corpoplast** eröffnete ein neues Technology Center in São Paulo für den lateinamerikanischen Markt. Das Dienstleistungsprodukt Bottles & Shapes deckt dort die gesamte Herstellungskette von PET-Flaschen ab, vom Design über die Materialauswahl und die Preformauslegung bis hin zur industriellen Fertigung. Die Formenproduktion kann nun mit lokalen Partnern durchgeführt werden. Dies führt zu kürzeren Markteinführungszeiten für neue Produkte.

**ProMinent Fluid Controls, Inc.**, Pittsburgh, PA, die U.S. Tochter der Heidelberger ProMinent Dosiertechnik GmbH, erwarb zum 1. November Aquatrac Instruments, Inc, Ontario, Kalifornien.

**Binder** eröffnete Ende November ein neues Produktions- und Technikzentrum in Tuttlingen. Die Erweiterung der Produktionsfläche, die Umgestaltung des Werkslayouts sowie der Neubau des modernen Produktions- und Technikzentrums sind Teil des „Projekt 2013“ zur Firmenumgestaltung. Binder ist weltweit der größte Spezialist für Simulationsschränke.

**CureVac GmbH** wurde mit dem Dr.-Rudolf-Eberle-Innovationspreis des Landes Baden-Württemberg ausgezeichnet. Curevac wurde unter 69 Bewerbern als eines von sechs Unternehmen ausgezeichnet, weil es mit seiner „RNA-Technologie“ einen völlig neuen Weg eröffnet haben soll, um zukünftig Erkrankungen wie z. B. Krebs zu behandeln. Das Unternehmen entwickelt modifizierte messenger RNA-Moleküle, die in den Zellen der damit behandelten Patienten für die Produktion bestimmter Proteine sorgen sollen.

**Qiagen** und Bio\*One Capital, eine der größten auf Biomedizin fokussierten Investmentfirmen Asiens, sind ein Joint Venture zur Gründung von Dx Assays Pte Ltd eingegangen. Dx Assays wird eines der ersten Entwicklungszentren in Singapur sein, in dem molekular diagnostische Tests für Infektions- und genetische Krankheiten entwickelt werden. Das Zentrum soll mit mehr als 30 Mitarbeitern und der neuesten technologischen Ausstattung Anfang 2008 vollständig betriebsbereit sein.

**Chromatec GmbH**, Greifswald, schloss jetzt Kooperationen zwischen der ProSpec-Tany TechnoGene Ltd. aus Rehovot, Israel, sowie dem japanischen Unternehmen Kokusai Kinzoku Yakuin Co.,Ltd. Chromatec bietet Auftragsanalytik im Bereich Proteomics und hochreines Protein/Eiweiß an, und man produziert spezielle Proteine, die etwa für Verträglichkeitsnachweise von Medikamenten benötigt werden.

## BASF Ludwigshafen: Neues Produktionszentrum Hochreine Elektronikchemikalien

**Nach rund 15-monatiger Bauzeit wurde das Electronic Materials Center Europe auf dem Werksgelände der BASF in Ludwigshafen fertig gestellt. Die vollständig in den Verbund integrierten Anlagen zur Herstellung von Prozesschemikalien für die Halbleiterindustrie stellen die Belieferung von Kunden in ganz Europa sicher. Die Investition im zweistelligen Millionen Euro-Bereich schafft 60 Arbeitsplätze am Standort Ludwigshafen.**

Zu dem neuen Zentrum gehören Aufreinigungsanlagen sowie Reinraum-Füllstationen, die alle geforderten Qualitätsnormen der Halbleiterindustrie erfüllen. Hochreine Elektronik-Chemikalien werden in Behälter von der 2,5-Liter

Flasche bis hin zum Tankcontainer abgefüllt.

Nach Abschluss der Qualifizierungsmaßnahmen Ende 2007 wird am 1. Januar 2008 der Regelbetrieb beginnen. Dann sind Forschung, Produktentwicklung, inklusive moderner Analytik und Reinraumlabor, Marketing und Vertrieb an einem Standort integriert. Damit kann die Geschäftseinheit Electronic Materials ihren Kunden sowohl die Standardprodukte als auch maßgeschneiderte Lösungen anbieten.

In den Jahren 2005 bis 2009 wird die BASF in Ludwigshafen insgesamt rund 6 Milliarden Euro für Investitionen, Modernisierung und Wartung ihrer Anlagen aufwenden. Dazu kommen pro Jahr rund 800 Millionen Euro für Forschung und Entwicklung.

## Air Liquide erweitert Industriegase-Produktion

Die Air Liquide Deutschland GmbH errichtet Anfang 2008 mit 60 Mio. Euro im Großraum Ulm eine der bundesweit größten Verflüssigungsanlagen für die Luftgase Stickstoff, Sauerstoff und Argon. Die Inbetriebnahme der Anlage mit einer Tagesproduktion von rund 700 Tonnen verflüssigter Gase ist für Ende 2009 vorgesehen. Es werden langfristig etwa 15 Arbeitsplätze neu geschaffen. Air Liquide in Deutschland beschäftigt rund 2000 Mitarbeiter und versorgt etwa 300 000 Kunden. Mit einem Umsatz von 940 Mio. Euro (2006) ist Air Liquide die Nummer zwei auf dem deutschen Markt für technische und medizinische Gase.



## Plasmaanalytik: Preis für Quantenkaskadenlaser

Prof. Jürgen Röpcke, Geschäftsführer der neoplascontrol GmbH erhielt jetzt in Greifswald den Ludwig-Bölkow-Technologiepreis des Landes Mecklenburg-Vorpommern zusammen mit Silicann Technologies Rostock, und zwar für die Entwicklung des Q-MACS Quantenkaskadenlaser-Mess- und Steuersystems. Eingesetzt wird es für die hochempfindliche Spurengasanalyse, z.B. bei der Echtzeitprozessüberwachung. Ein Einsatz bei der Feststellung hochexplosiver Stoffe oder im medizinischen Bereich für die Atemgasanalyse ist angedacht. Derzeit arbeiten vier feste Mitarbeiter und einige Teilzeitbeschäftigte bei der neoplascontrol GmbH. In den kommenden drei Jahren soll die Mitarbeiterzahl auf 15 Festangestellte steigen. Der jetzt zuerkannte Preis ist mit 10 000 Euro dotiert. Die Jury bewertete nach „Nutzung des Technologietransfers zwischen Wissenschaft und Wirtschaft“ sowie Arbeitsplatzpotential.



## Bayer CropScience und Mertec:

# Neues Saatgut für „tolerante Sojabohnen“

**D**ie Bayer CropScience AG, die Mertec LLC und die M.S. Technologies LLC haben eine langfristige Kooperationsvereinbarung zur gemeinsamen Entwicklung und Vermarktung von Saatgut-Technologie (Traits) für neue Sojabohnensorten geschlossen. Die Produkte sind für den US-amerikanischen Sojaproduktionsmarkt bestimmt mit der Option, sie später auch in anderen Sojaanbauländern zu verkaufen.

Zu den ersten Produkten aus dieser Kooperation sollen Sojasorten gehören, die sowohl eine Toleranz gegenüber dem Wirkstoff Glyphosat als auch gegenüber HPPD-Hemmern aufweisen. Bei Letzteren handelt es sich um eine Herbizidklasse, zu der unter anderem der Wirkstoff Isoxaflutol

der Bayer-Marke „Balance Pro“ gehört. Er wird derzeit in den USA bei Mais eingesetzt. Die Kombination von Toleranzen sowohl gegen HPPD-Hemmer wie auch Glyphosat bietet den Landwirten mehr Flexibilität bei der Auswahl des Herbizids. Die Unkrautbekämpfung kann in einem Arbeitsgang erfolgen, und der Zugriff auf zwei Herbizide unterschiedlicher chemischer Wirkstoffklassen erlaubt ein effektives Unkrautresistenz-Management.

Im Rahmen dieser Zusammenarbeit soll auch weiteres neues Saatgut für Sojabohnen mit zwei oder mehr Herbizidtoleranzen entwickelt werden. Geplant ist eine Kombination von Toleranzen gegen Glyphosat, HPPD-Hemmer und „Liberty“, ein Herbizid des Le-

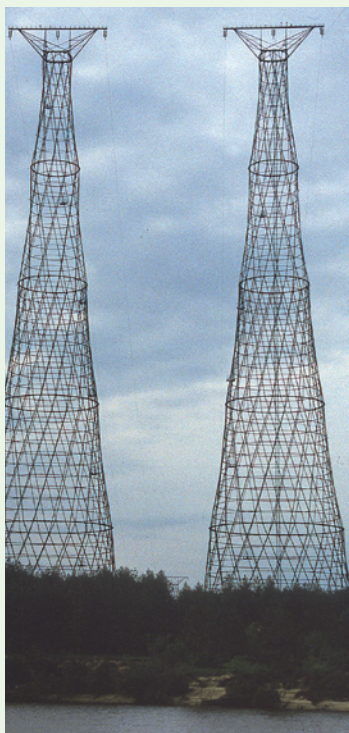
verkusener Unternehmens. Damit wird die Flexibilität der Landwirte in der Auswahl des Herbizids noch weiter erhöht.

Bayer CropScience und MS Technologies arbeiten bereits bei der Entwicklung von Sojabohnensaatgut mit Toleranz gegen das Herbizid Liberty zusammen. Im Rahmen dieser Kooperation soll LibertyLink-Soja 2009 auf den Markt gebracht werden. Der Trait LibertyLink in Kombination mit dem nicht-selektiven Herbizid Liberty wird dann die einzige Alternative zum derzeit bei Sojabohnen genutzten System sein. Sobald LibertyLink-Sojasaatgut auf dem Markt ist, haben die Landwirte die Möglichkeit, in Rotation zwei Unkrautbekämpfungssysteme anzuwenden, um Resistenzen zu vermeiden.

## Schott baut Verpackungswerk bei Nizhny Novgorod

Schott Pharmaceutical Packaging, ein weltweit führender Hersteller von Primärpackmitteln für die pharmazeutische Industrie, hat den Bau einer eigenen Produktionsstätte auf russischem Boden beschlossen. Das neue Werk wird voraussichtlich 2009 in Betrieb genommen und sich in Bor, nahe der viertgrößten russischen Stadt Nizhny Novgorod befinden. Da sich der Markt für qualitativ hochwertige Ampullen und

Fläschchen mit zweistelligen Zuwachsraten gut entwickelt, entschied sich das Mainzer Unternehmen, den Ausbau des Geschäfts in Russland mit einem Produktionsstandort zu unterstützen. Vor einigen Jahren war Schott bereits erfolgreich in den russischen Markt für Primärpackmittel für die pharmazeutische Industrie eingestiegen. In der ersten Phase wird Schott Pharmaceutical Packaging in Russland etwa 150 Mitarbeiter beschäftigen und eine Kapazität von 300 Millionen Ampullen und Fläschchen schaffen. Das Verpackungs-Werk wird der zweite Produktionsstandort des Unternehmens in Russland. Ende September hatte das Joint Venture „Schott Flat Glass Russia“ mit der Produktion veredelter Flachgläser in Nizhny Novgorod begonnen. Die Region ist auch ein Zentrum für Schwerindustrie, symbolisiert durch riesige Strommasten (Fotos: Kickuth (links), Schott).



**BAuA** Neue Präsidentin der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) in Dortmund ist **Isabel Rothe** (44). Die gebürtige Bonnerin studierte Arbeits- und Organisationspsychologie an der TU Berlin. Anschließend war sie für die Gesellschaft für interdisziplinäre Technikforschung Technologieberatung Arbeitsgestaltung mbH (GITTAmbH) tätig. Kaufmännische Leiterin der Schering AG und die Geschäftsführung der Jenapharm waren weitere berufliche Stationen.



Rothe

**BG CHEMIE** Hauptgeschäftsführer Dr. Erwin Radek verabschiedet sich nach fast 38 Jahren im Dienste der BG Chemie in den Ruhestand. Neuer Chef des gesetzlichen Unfallversicherers der chemischen Industrie wird der Jurist **Thomas Köhler** (52), der dem Haus bereits seit 25 Jahren verbunden ist.



Tuschl

**EMBO** Die Europäische Organisation für Molekularbiologie (EMBO) hat **Prof. Dr. Hermann Bujard** vom Zentrum für Molekulare Biologie der Universität Heidelberg (ZMBH) zum neuen Direktor der Organisation ernannt. Er ist Nachfolger von Prof. Dr. Frank Gannon, der an die „Science Foundation Ireland (SFI)“ gewechselt ist. Bujard ist erst der vierte EMBO-Direktor seit 1965. Er ist seit 1976 EMBO-Mitglied und war von 1989 bis 1995 Angehöriger des „EMBO Council“.

**FREEMAN TECH.** Das Unternehmen für Pulvercharakterisierung, Freeman Technology, hat den Ingenieurchemiker **Jon Yin** als Anwendungsspezialisten für die USA eingestellt. Dies ist die erste direkte Stellenbesetzung für das Unternehmen im nordamerikanischen Markt. Jon Yin schloss sich Freeman Technology Anfang 2007 an. Er baute die Niederlassung in New York auf.



Yin

**THERAPTOSIS SA**, ein biopharmazeutisches Unternehmen mit Hauptsitz in Paris, ist auf die Entdeckung und Entwicklung von



Haupt

Molekülen spezialisiert, die in den Apoptose-Vorgang eingreifen. **Dr. Olivier Chesnoy** (48), ehemals General Manager der Sektion Spanien der Fournier Gruppe, wurde von Unternehmen zum neuen CEO und Chairman of the Board bestimmt.

## EHRUNGEN

Der Chemiker **Prof. Thomas Tuschl** (41) von der Rockefeller Universität in New York, USA, ist in Berlin für die Entwicklung der Technik, mit der es ihm gelang, in menschlichen Zellen gezielt Gene auszuschalten, mit der **Max-Delbrück-Medaille** geehrt worden. Die Technik, RNA-Interferenz (RNAi) genannt, wird inzwischen weltweit in der Forschung eingesetzt, um in der Zellkultur gezielt Gene stumm zu schalten und daraus Rückschlüsse auf ihre Funktion zu ziehen. Die große Hoffnung der Forscher jedoch ist, mit dieser Technik fehlregulierte Gene zu blockieren, um etwa Augenleiden, neurologische Erkrankungen, Erbblinden und Krebs zu behandeln.

**Dr. Daniel J. Ostgard** von Evonik wird mit dem **Raney Award** für herausragende Arbeiten im Bereich heterogene Katalyse ausgezeichnet. Der Katalyseforscher erhält den Preis für die Entwicklung von hochselektiven Nickel- und Festbettkatalysatoren für industrielle Hydrierungsprozesse. Der Raney Award wird alle zwei Jahre von der Organic Reactions Catalysis Society (ORCS) an Wissenschaftler verliehen, die einen bedeutenden Beitrag zur Katalysatortechnologie in der organischen Synthese geleistet haben.

Der Kasseler Mathematik- und Physiklehrer **Klaus-Peter Haupt** ist „Lehrer des Jahres für naturwissenschaftliche Fächer“. Er erhielt den mit 15 000 Euro dotierten **Klaus-von-Klitzing-Preis**, den

die Universität Oldenburg und die EWE Stiftung zum dritten Mal vergeben. Der 54-jährige Haupt ist Lehrer an der Albert-Schweitzer-Schule in Kassel, Studiendirektor am Studienseminar für Gymnasien in Kassel sowie Gründer und Leiter des „PhysikClubs“ der Kinder- und Jugendakademie Kassel. Neben Physik und Mathematik unterrichtet Haupt auch Astrophysik und Philosophie, ist in der Lehreraus- und fortbildung tätig sowie Mitbegründer und Vorsitzender des Astronomischen Arbeitskreises Kassel e.V. In Zusammenarbeit mit der Universität Kassel, an der er einen Lehrauftrag hat, plant er derzeit die Gründung eines Schülerforschungszentrums.

Die Alexander von Humboldt-Stiftung und die Max-Planck-Gesellschaft haben den mit insgesamt 1,5 Mio. Euro dotierten **Max-Planck-Forschungspreis** an die beiden Neuroverhaltensforscher **Prof. Dr. Raymond Joseph Dolan** und **Prof. Dr. Hans-Christian Pape** verliehen. Prof. Dolan (University College London) hat die Neuroverhaltensforschung revolutioniert, indem er mit bildgebenden Verfahren die „Anatomie der Emotionen“ im Gehirn ergründet. Prof. Pape (Universität Münster) hat molekulare und zelluläre Grundlagen von Furcht und Furchtgedächtnis sowie die Prozesse der Regulation von Wachheit und Schlaf bei Tieren erforscht.

Zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses auf dem Gebiet der Systembiologie am Wissenschaftsstandort Heidelberg stiftet die MTZStiftung den mit 2500 Euro dotierten **„MTZ-Bioquant Award for Systems Biology“** an der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg. Preisträger des 1. MTZ-Bioquant Award for Systems Biology ist **Dr. Niels Grabe** (Institut für Medizinische Biometrie und Informatik, Universität Heidelberg). Niels Grabe wird für seine Forschungsarbeiten zur Analyse und Modellierung von epithelialen Geweben wie der Haut ausgezeichnet.



## Methoden in der Lebensmittelchemie

Anlässlich des Deutschen Lebensmittelchemiker-Tages vom 08.-10. September 2008 in Kaiserslautern wird die Lebensmittelchemische Gesellschaft, Fachgruppe in der Gesellschaft Deutscher Chemiker, wieder den mit 5000 Euro dotierten „Bruno-Roßmann-Preis“ verleihen. Er soll eine oder mehrere wissenschaftliche Arbeiten auf folgenden Gebieten auszeichnen: Schnellmethoden zum Nachweis gesundheitsschädlicher Stoffe auf und in Lebensmitteln; Methoden zur Untersuchung von Lebensmitteln mit einfachen Mitteln, wenn zum Beispiel die technischen Apparaturen aus äußeren Gründen nicht mehr einsatzfähig sind; sowie Verbesserung der Ernährung, Ausschaltung von Schadstoffen, bessere physiologische Ausnutzung. Bewerbungen und Vorschläge werden bis zum **15. April 2008** erbeten an den Vorsitzenden der Lebensmittelchemischen Gesellschaft, Fachgruppe in der GDCh, Postfach 90 04 40, 60444 Frankfurt.

## Neues aus der Weißen Biotechnik

Mit dem European Science-to-Business Award lobt die Evonik Industries AG einen Innovationspreis auf europäischer Ebene aus. Der Wettbewerb richtet sich an Forscher, die bereits herausragende Ergebnisse an einer Forschungseinrichtung in Europa vorweisen können. Die rasant wachsende Weiße Biotechnologie liefert Produktionsverfahren, die überwiegend auf natürlichen und nachwachsenden Ressourcen basieren. Für den European Science-to-Business Award können sich Forscher und Unternehmer bis 38 Jahre bewerben, die in einem Team mit maximal drei Teilnehmern arbeiten. Das Gewinnerteam erhält ein Preisgeld von 100 000 Euro, verbunden mit der Teilnahme an einem Management-Kurs an der Universität St. Gallen. Bewerbungsschluss ist der **31. März 2008** (siehe [www.evonik.de/award](http://www.evonik.de/award)).

## e-Anwendungen im Gesundheitswesen

Das Institut für Medizinmanagement und Gesundheitswissenschaften der Universität Bayreuth lobt federführend den mit 5000 Euro dotierten Innovationspreis e-Health 2008 aus. Mit dem Preis sollen Institutionen, Arbeitsgruppen oder Projektinitiativen ausgezeichnet werden, die sich in diesem Wirtschaftsfeld verdient gemacht haben. Bewerbungen können sich Initiativen aus Wissenschaft, Industrie und Anwendung zu folgenden Themenbereichen: Telemedizin und Home Care, Intersektorale Kommunikation, Patient Centric Care, Internet und Gesundheit, EUS/DSS und Knowledge Management. Die Preisvergabe findet im Rahmen des 3. Symposiums e-Health & Health Communication „e-Health aus Sicht von Anwendern und Industrie“ (27./28. Februar 2008) in München statt. Bewerbungsschluss ist der **15. Januar 2008**. Weitere Informationen zum Programm und die Teilnahmebedingungen sind unter [www.e-Health.uni-bayreuth.de](http://www.e-Health.uni-bayreuth.de) zu finden.

## Neues aus der Weißen Biotechnik

Der Vorstand des Deutschen Krebsforschungszentrums schreibt in diesem Jahr wieder bundesweit den mit 10 000 Euro dotierten Förderpreis der Walther und Christine Richtzenhain-Stiftung aus. Mit dem Preis sollen richtungweisende wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiet der translationalen Krebsforschung ausgezeichnet werden. Im Auswahlverfahren werden wissenschaftliche Arbeiten aus Forschungsinstituten der Bundesrepublik Deutschland berücksichtigt, die in den Jahren 2006 und 2007 veröffentlicht oder zur Veröffentlichung angenommen wurden. Die Bewerberalter: maximal 40 Jahre. Bewerbungen oder Kandidatenvorschläge sind in dreifacher Ausführung mit den erforderlichen Unterlagen bis zum **31. März 2008** an den Vorstandschef des DKFZ, Prof. Dr. Otmar D. Wiestler, Postfach 101949, 69009 Heidelberg, zu senden.

## Ideen für die Hochschullehre

Der Stifterverband lobt zum dritten Mal den mit 50 000 Euro dotierten „Ars legendi-Preis für exzellente Hochschullehre“ aus, auf Vorschlag der Hochschulrektorenkonferenz im Jahre 2008 in den Wirtschaftswissenschaften. Der Preis wird für Leistungen in Lehre, Prüfung, Beratung und Betreuung an Hochschulen verliehen. Für die Auszeichnung ist neben einer exzellenten Didaktik und Lehrqualität ausschlaggebend, inwieweit der Preisträger über die eigenen Lehrveranstaltungen hinaus Impulse für die Weiterentwicklung der Hochschullehre gegeben hat. Vorschläge können von wirtschaftswissenschaftlichen Fakultäten oder Fachschaften bis zum **11.01.2008** eingereicht werden; Eigenbewerbungen sind zulässig. Nähere Informationen zum Verfahren sowie Ausschreibungsunterlagen erhalten Interessierte unter [www.arslegendi.stifterverband.de](http://www.arslegendi.stifterverband.de).

## Innovationen für Arbeiten mit Zellkulturen

Bereits zum zehnten Mal schreibt die Binder GmbH, weltweit der größte Spezialist für Simulationschränke (siehe auch „Nachrichten und Notizen auf Seite 404), gemeinsam mit der Deutschen Gesellschaft für Zellbiologie e.V. den „Binder Innovationspreis“ aus. Der mit 4000 Euro dotierte Preis wird für Arbeiten auf dem Gebiet der Zellbiologie vergeben, die Zellkulturen betreffen oder nutzen.. Kandidaten müssen ihre Arbeit bis zum **15. Januar 2008** per Mail an [dgz@dkfz.de](mailto:dgz@dkfz.de) und parallel per Post bei Deutsche Gesellschaft für Zellbiologie e. V. Sekretariat, Frau Reichel-Klingmann, Deutsches Krebsforschungszentrum, Im Neuenheimer Feld 280, 69120 Heidelberg, einreichen. 1998 wurde dieser Wissenschaftspreis zum ersten Mal ausgeschrieben und verliehen.

NO als Botenstoff und Umweltgift

# Nanomol-Experimente mit Stickstoffmonoxid

Viktor Obendrauf

Schon 1992 ernannte das Wissenschaftsmagazin „Science“ Stickstoffmonoxid zum „Molekül des Jahres“. 1998 gab es für die Erforschung der Rolle von NO im Körper sogar den Nobelpreis für Medizin. Ferid Murad hatte 1977 entdeckt, dass bestimmte Muskelzellen erschlaffen, wenn sie mit dem Botenstoff in Berührung kommen. Robert Furchgott beobachtete dann 1980, dass die Zellen der innersten Wandschicht der Blutgefäße (Endothel) einen Stoff freisetzen können, der die Gefäße erweitert. Sieben Jahre später entdeckte Furchgott gleichzeitig mit Louis Ignarro, dass der mysteriöse Faktor NO ist. Dieser Artikel geht auf weitere Rollen ein, die NO sowohl in unserem Körper wie auch in der Atmosphäre spielt, und stellt Mikromaßstab-Experimente zu dieser Verbindung vor.

## Von NO bis NO<sub>x</sub>

Das schlichte Radikalmolekül NO (sprich Stickstoffmonoxid) hat in den letzten 25 Jahren eine faszinierende Karriere durchlebt. Der 1323 Seiten dicke „Holleman-Wiberg“ aus dem Jahr 1976 informiert über NO auf ganzen drei Seiten, die beim berühmt-berüchtigten „Nachbaur-Kolloquium“ (Nichtmetalle) an der Universität Graz auch zur Disposition gestanden sind [1].

Eine zeitgeistige Internet-Recherche mit der von deutschen Fachdidaktikern forcierten Bezeichnung „Stickstoffmono-oxid“ liefert heute über 1000 Pages. Mit dem jovial-alpenländischen Stichwort „Stickstoffmonoxid“ gelangt man hingegen zu über 147 000 Internetseiten. Und unter dem wissenschaftlichen Namen „nitric oxide“

### Der Autor

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

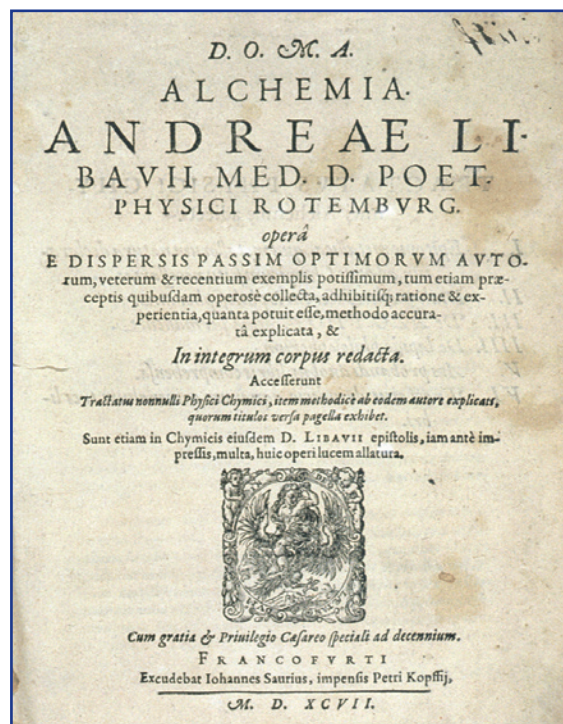


Abbildung 1: Im wohl ältesten seriösen Chemiebuch der Welt von Andreas Libavius aus dem Jahr 1597 finden sich schon Hinweise auf die Giftigkeit der Stickoxide bei der Herstellung von Salpetersäure: „Destilliere das Gemisch [Alaun, Nitrumsalz..]: Anfangs kommt ein klarer roter Liquor heraus, den du auffangen kannst, aber schütze deine Nase, um nicht durch den Geist zu Schaden zu kommen...“

werden derzeit gar weit mehr als 9 Millionen (!) Verweise gelistet...

Durchforstet man die chemiedidaktische Literatur der letzten Jahrzehnte, so finden sich zum Thema Stickoxide gemäß der wirtschaftlichen bzw. umweltchemischen Bedeutung sehr viele schulisch relevante Hintergrundinformationen. Mitunter sind diese auch garniert mit methodisch nützlichen und manchmal weniger nützlichen (weil aus heutiger Sicht viel zu zeitraubenden) Experimenten. Oftmals diskutiert wird dabei naturgemäß die Oxidation von Luftstickstoff (Salpetersäureerzeugung, NO<sub>x</sub> als säurebildender Luftschadstoff aus kalorischen Kraftwerken und Autoabgasen). Auch



NO<sub>x</sub> aus „Brennstoffstickstoff“ (z.B. NO<sub>x</sub> im Zigarettenrauch) und technische Verfahren zur Abgasentstickung (DENOX-Verfahren, Autokatalysator etc.) wurden für das schulische Lernen aufbereitet (siehe z. B. [2-8]). Daneben gibt es selbstverständlich die klassischen Versuchshinweise zur Illustration diverser Gleichgewichte bei Stickstoffoxiden (siehe z.B. [9-10])

Über die biochemische Bedeutung von NO als potenter Botenstoff können sich Lehrende der Chemie in einschlägigen Journals zwar informieren (siehe z.B. [11-15]). Für das Schullabor blieben die medizinischen Aspekte aber bislang völlig ausgespart, obwohl wichtige und bahnbrechende Forschungen zur einschlägigen Thematik bereits vor neun Jahren mit dem Nobelpreis belohnt wurden und diverse nasschemische Methoden zum Nachweis von Stickoxid auch mit schulischen Mitteln (kolorimetrisch, photometrisch) sehr empfindlich gestaltet werden können.

### NO und Bluthochdruck

In den 70er Jahren beschäftigten sich einige Krebsforscher mit der Bilanz der Aufnahme und Ausscheidung von Nitrit und Nitrat im menschlichen Organismus, weil sich aus Nitrit und sekundären Aminen bekanntlich cancerogene N-Nitroso-Verbindungen bilden können. Genaue Studien ergaben dabei, dass der Mensch mehr Nitrit/Nitrat ausscheidet, als er mit der Nahrung zu sich nimmt. Die Annahme, dass Nitrit und Nitrat in der Darmflora gebildet werden, war ab 1981 nicht mehr haltbar, weil Ratten, denen man im Tierversuch keine natürliche Darmflora zugestand, ebenfalls mehr Nitrat im Urin hatten, als ihnen zugeführt wurde [16]. Man machte sich deshalb auf die Suche nach endogenen Nitrit/Nitrat-Quellen. In den 80er Jahren wurden gleich mehrere Forschergrup-

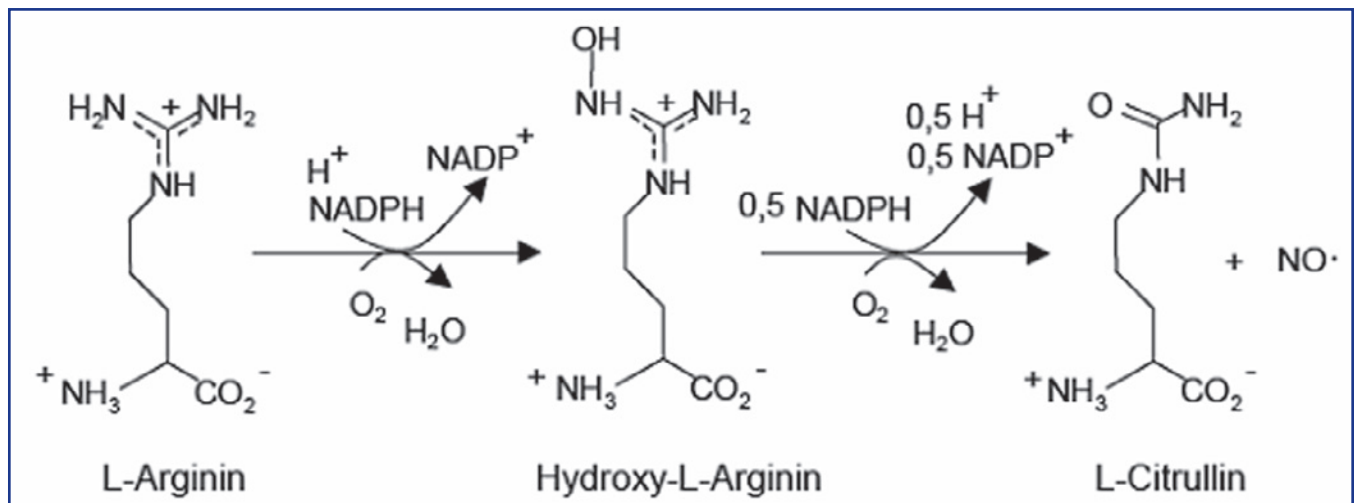


Abbildung 3: Alfred Nobel (1833 - 1896).

pen in drei Zelltypen fündig. Die Arbeitsgruppe um Robert F. Furchgott beschrieb im Jahr 1984, dass die Endothelzellen von Blutgefäßen eine gefäßerweiternde Substanz ausschütten [17]. Dieser EDRF („endothelium-derived relaxing factor“) war offensichtlich so fern von traditionellen biochemischen Denkmustern, dass man den ominösen Botenstoff erst im Jahr 1987 als simples, anorganisches NO identifizieren konnte [18]. Dabei konnte man konkret nachweisen, dass die Aminosäure L-Arginin als Substrat für das Enzym NO-Synthase in den Endothelzellen fungiert.

Im Jahr 1985 wurde publik, dass Makrophagen Nitrat und Nitrit bilden können, wenn man

Abbildung 2: Biosynthese von NO (aus [28]).



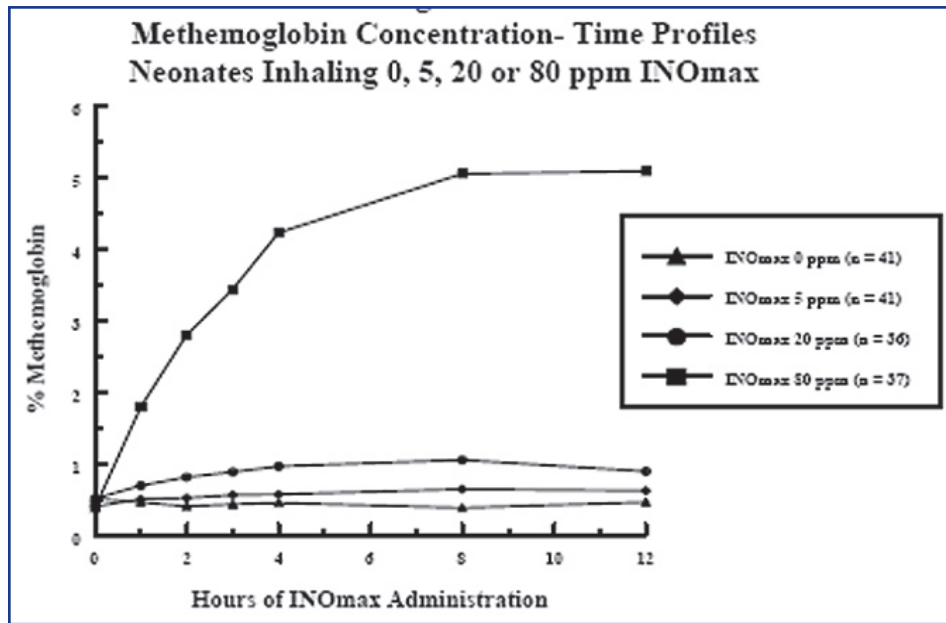


Abbildung 4: Metabolismus von NO als Inhalationsmedikament: Die Bildung von Methämoglobin bei Inhalation von NO ist zu beachten. Nur bei einer extrem hohen Dosis von 80 ppm NO mit INOmax erreicht man bei Neugeborenen mit Atemproblemen problematische Werte (Graphik aus [46]).

sie mit bakteriellem Endotoxin (einem Lipopolysaccharid) behandelt [19]. Zwei Jahre später wurde bewiesen, dass wieder NO im Spiel ist und der Stickstoff analog zu den biochemischen Vorgängen in den Endothelzellen wiederum von L-Arginin stammt [20].

Unabhängig davon war schon seit dem Jahr 1982 bekannt, dass L-Arginin für die Bildung des cyclischen Guanosin-3'-5'-monophosphat kurz cGMP im Gehirn benötigt wird, was später die Erklärung dafür war, dass auch Nervenzellen des Gehirns Stickstoffmonoxid mittels Arginin erzeugen [21,22]. Damit war bewiesen, dass NO im Körper offensichtlich wesentlich mehr Funktionen abdeckt, als die Forscher rund um das endotheliale NO vermuten konnten.

Den Nobelpreis für Medizin bzw. Physiologie 1998 erhielten schließlich nur die Amerikaner Robert F. Furchgott (\*1916), Louis J. Ignarro (\*1941) und Ferid Murad (\*1936) für ihre Arbeiten über die Rolle von Stickstoffmonoxid als Botenstoff im Herz-Kreislaufsystem [23].

Heute weiß man konkret, dass die endotheliale NO-Synthase (eNOS) nur eines von drei Enzymen ist, welche die Umwandlung von L-Arginin in L-Citrullin und NO katalysieren (Abbildung 2). Heute weiß man auch genau, warum NO als sehr potenter Vasodilatator (gefäßerweiternde und damit blutdrucksenkende Substanz) fungiert: NO löst in Gegenwart der Guanylyl-Cyclase die Bildung des bereits zitierten cGMP aus, was unter anderem in glatten Muskelzellen durch die Abnahme der intracellulären  $Ca^{2+}$ -Konzentration zu einer Erschlaffung führt [24].

Stickstoffmonoxid vermittelt neben seiner blutdrucksenkenden Wirkung aber auch noch andere positive kardiovaskuläre Eigenschaften: Beobachtet werden eine reduzierte Leucocytenadhäsion an das Endothel und auch eine verminderte Leucocytenmigration. NO verringert darüber hinaus die nachteilige Aufnahme von Lipoproteinen in die Gefäßwand und beugt einer möglichen Thrombocytenaggregation vor [25,26]. Generell wird ein funktionierender NO-Haushalt heute als Voraussetzung für ein intaktes kardiovaskuläres System angesehen. Pathologische Veränderungen dieses Systems (Arteriosklerose, Bluthochdruck) können offensichtlich nicht selten auf eine gestörte endotheliale NO-Produktion bzw. auf eine redu-

zierte Bioverfügbarkeit von NO zurückgeführt werden [27].

Aus diesen Überlegungen heraus hat sich mittlerweile im Bereich der viel diskutierten Nahrungsergänzungsmittel vor allem in Amerika ein beachtliches Marktsegment etabliert, in dem damit geworben wird, dass die ergänzende Zufuhr von L-Arginin bzw. L-Citrullin kombiniert mit Vitaminen einem gestörten NO-Haushalt entgegenwirken kann (siehe *NO aus Nahrungsergänzungsmitteln?*).

### NO und Nitroglycerin (Propantrioltrinitrat)

Nach der eher zufälligen Entdeckung von Nitroglycerin im Jahr 1846 durch Ascanio Sobrero, der nicht nur über die verheerenden explosiven Eigenschaften, sondern auch schon über die ausgeprägten physiologischen Wirkungen (starke Kopfschmerzen) berichtet hat, wurde der Salpetersäureester auch sehr bald nach dem homöopathischen Prinzip „like cures like“ ausgetestet: Erstmals im Jahr 1849 beschreibt der Homöopath Constantin Hering positive Erfahrungen, die er mit seinem Medikament „Glonoine“, einer speziellen homöopathischen Zubereitung von Nitroglycerin gegen Kopfschmerzen, gesammelt hat [29,30]. Heute wird Nitroglycerin nicht nur als explosionsgefährlich sondern auch als T+-Gift eingestuft.

Aufbauend auf die medizinischen Erkenntnisse, die um 1850 von Amylnitrit schon bekannt waren (siehe [31]), wurde Nitroglycerin erstmals im Jahr 1878 gegen Angina Pectoris



eingesetzt. Der britische Mediziner William Murrell berichtete in einer angesehenen medizinischen Zeitschrift von einem 64jährigen starken Raucher, dessen spezifische Beschwerden eine Zeitlang mit Nitroglycerin gelindert werden konnten [32].

Laut [33] soll auch Alfred Nobel, der das unberechenbare Sprengöl durch Aufsaugen von 3 Teilen Nitroglycerin in 1 Teil Kieselgur als Dynamit gebrauchsfähig und geschäftsfähig gemacht hat (Patent 1867), ohne sein Wissen mit einer alkoholischen Lösung von Nitroglycerin gegen Angina Pectoris behandelt worden sein.

Viele Raucher-Generationen lang wurden seither verdünnte Lösungen von Nitroglycerin als hochwirksames Medikament gegen Angina Pectoris eingesetzt, ohne genau zu wissen, was nun die spezifischen physiologischen Wirkungen auslöst. Erst seit wenigen Jahren ist klar, dass Nitroglycerin selbst in geringsten Mengen in großer Verdünnung ausreichende Mengen an exogenem, ausreichend stabilen und damit auch zellwirksamen NO freisetzt. Durch die im Abschnitt *NO und Bluthochdruck* im Überblick skizzierten Forschungsergebnisse zum Thema NO und kardiovaskuläres System kann man nun auch verstehen, warum Nitroglycerin z.B. in Kapseln oder als Pumpspray mit der Handelsbezeichnung „Nitrolingual“ jenen Patienten verschrieben wird, die temporär mit den Vorboten einer Koronarsklerose zu kämpfen haben.

Während die Nebenwirkungen von ähnlich wirkendem Amylnitrit offensichtlich so groß waren, dass diese Präparate (bis auf z.T. illegale angeblich aphrodisierende „Poppers“) vom Markt verschwunden sind, hilft Nitroglycerin unter verschiedensten Handelsbezeichnungen als rezeptpflichtiges Medikament vor allem vielen geplagten Rauchern dann, wenn durch eine Durchblutungsstörung der Herzkranzgefäße eine anfallsartige Enge der Brust, verbunden mit Schmerzen, provoziert wird. Klassische Symptome einer Angina Pectoris sind die wenige Sekunden bis Minuten andauernden Schmerzen hinter dem Brustbein, die häufig in beide Brustkorbseiten und mitunter auch weiter ausstrahlen. Ausgelöst werden die Symptome nicht nur durch körperliche Anstrengung sondern auch durch psychische Belastungen. Treten die Beschwerden ohne vorhergehende körperliche Belastung auf, kann ein Herzinfarkt unmittelbar bevorstehen. Manchmal kann ein Angina-Pectoris-Anfall (vorübergehende Durchblutungsstörung) von einem Herzinfarkt (dauernde Unterbrechung der Sauerstoffversorgung einer bestimmten Herzgegend) mit dem Medikament „Nitrolingual“ unterschieden werden: Bei einem Herzinfarkt hilft das Medikament logischerweise nicht mehr.



Abbildung 5: Dietary Supplement – Ca. 90 Dollar für ein Monat – für angeblich: „No more heart disease“ – im Internet-onlineshop erhältlich.

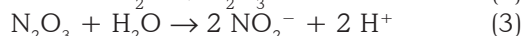
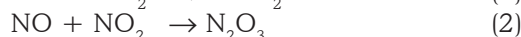


AUFSÄTZE

## NO als Inhalationsmedikament

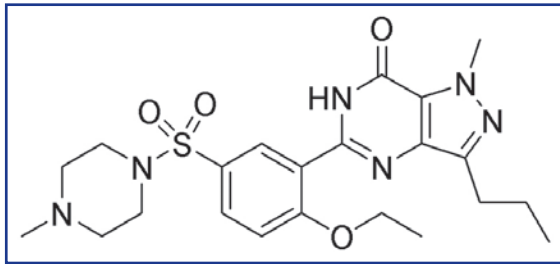
Trotz oder gerade wegen seiner radikalischen Eigenschaften hat Stickoxid in geringen Konzentrationen in biologischen Systemen eine überraschend lange Halbwertszeit von zwei bis drei Sekunden, bevor es sich vor allem an Hämoglobin bindet und schließlich zu Nitrit und Nitrat metabolisiert. In reinem Wasser hat NO bei einer Konzentration von ca. 60 nMol/mL selbst bei einem Sauerstoffpartialdruck von pO<sub>2</sub> von 40 mm Hg (entspricht venösem Mischblut) sogar eine Halbwertszeit von über 400 Sekunden [34]. Modellrechnungen zeigen, dass NO-Moleküle unter derartigen Umständen in biologischen Systemen vom Ort ihres Entstehens (oder exogenen Eintrags) ca. 200 μm frei diffundieren können, was NO nun dazu tatsächlich befähigt, als Botenstoff von Zelle zu Zelle aktiv zu werden.

Die langsame Reaktion von sehr geringen (!) Konzentrationen an NO mit Sauerstoff zu NO<sub>2</sub> und weiter zu Nitrit hängt mit den primären Reaktionsmechanismen zusammen [35]:



Die Gesamtreaktionszeit wird bestimmt durch die lange Reaktionszeit der Reaktion (1) bei sehr geringer NO-Konzentration, die letztlich auch bei den großtechnischen Anlagen zur Salpetersäureerzeugung nach dem Ostwaldverfahren

Abbildung 6:  
Strukturformel  
von Viagra.



dazu führt, dass diese Anlagen als potentielle NO-Emittenten eingestuft werden müssen (siehe Abschnitt *NO als Luftschadstoff*).

Diese biologische Stabilität und die geschilderten Eigenschaften als physiologisch relevanter Botenstoff haben tatsächlich dazu geführt, dass Gasgemische von inertem Stickstoff mit NO als hochwirksames Medikament eingeführt wurden.

Bei Frühgeborenen mit Atemproblemen (z.B. bei Lungenhochdruck) aber auch bei Erwachsenen mit Herzproblemen wirkt das gasförmige Medikament NO in der stationären Behandlung so schnell wie kein anderes Präparat bzw. keine technische Maßnahme (Herz-Lungen-Maschine). Unter der Bezeichnung Inomax wird das inhalierbare Produkt (mit 100 bis 800 ppm NO in inertem Stickstoff, aus patentrechtlichen Gründen seit 2001 exklusiv von der Fa. Linde vertrieben) wenn notwendig der Atemluft des Patienten zugesetzt (empfohlene Dosis 20 ppm).

### NO aus Nahrungsergänzungsmitteln?

Seit 2003 vertreibt die amerikanische Firma Herbalife ein Präparat mit der Bezeichnung „Niteworks“. Das Nahrungsergänzungsmittel soll vor allem in der Nacht die lebensnotwendige Bioverfügbarkeit von NO im ausreichenden Maß erhalten und somit Herz-Kreislauf-Erkrankungen vorbeugen (siehe Abschnitt *NO und*

Abbildung 7: No  
or NO: Nitrolin-  
gual kombiniert  
mit Viagra kann  
systembedingt  
gefährlich  
werden...



*Bluthochdruck*). Die rund 90 Dollar teure Dose, mit der man gemäß den Dosierungsvorschriften einen Monat lang auskommt, enthält neben einigen Vitaminen auch 5,2 g einer Mischung aus L-Arginin und L-Citrullin [36]. Die Firma wirbt auch massiv damit, dass die Rezeptur in Zusammenarbeit mit dem Nobelpreisträger Louis Ignarro entwickelt wurde. Umgekehrt hat Ignarro eine Firma gegründet, die 1% des Verkaufserlöses aus Niteworks erhält. Von 2003 bis 2004 war das inklusive einer Vorauszahlung immerhin eine Million Dollar... [36]. Im gleichen Jahr veröffentlichte L. Ignarro zusammen mit anderen Autoren und ohne Nennung der geschäftlichen Kooperation mit Herbalife zwar eine Studie, in der zum „Sport“ animierte Mäuse mit hohem Cholesterinspiegel, die mit L-Arginin, Vitamin C bzw. Vitamin E versorgt wurden, signifikant weniger Probleme mit den Herzkranzgefäßen hatten, als die ebenfalls mit Cholesterin belasteten Kontrollgruppen mit und ohne sportliche Betätigung [37]. Kritik zu diesem Präparat kommt trotzdem vom Nobelpreis-Kollegen Robert Furchgott, der die Effektivität des Produktes anzweifelt: „I haven't seen any properly controlled studies. It just seems to me a mouse model isn't transferable to humans. I think with the sort of money they're raking in, they could have done some human studies.“ [36].

Inzwischen gibt es ein Konkurrenzprodukt mit der Bezeichnung „Cardio Discovery“ mit L-Arginin und L-Glutamin. Der Hersteller (Leiner Health Products) wirbt damit, dass das Produkt auf 28 Jahre Forschung des Nobelpreisträgers Ferid Murad basiert. Ein kurzer Blick in e-Bay mit dem Stichwort L-Arginin zeigt, dass man auch am europäischen Markt nicht auf derartige Präparate verzichten muss.

Viele bekannte Lebensmittel- und Drogeninhaltsstoffe, denen nachgesagt wird, dass sie Herz-Kreislauf-Erkrankungen vorbeugen können, wurden in den letzten Jahren in verschiedensten wissenschaftlichen Studien auf ihre NO-stimulierende Wirkung (Einfluss auf die eNOS-Promotoraktivität bzw. eNOS-Proteinexpression) untersucht. So konnte man z.B. in [38] zwar keinen positiven Einfluss auf die eNOS (mit vorteilhaften cardiovasculären Wirkungen) durch Knoblauch-Extrakte, Weißdornblüten- und Blätterextrakte erkennen, wohl aber durch bestimmte Isoflavone der Sojabohne und gewisse Rotweinpolyphenolextrakte. Was nun in diesen Rotweinpolyphenolextrakten Wirkung zeigt, lässt sich offensichtlich nicht so einfach isolieren: Die in dieser Arbeit beschriebenen Experimente liefern keine Hinweise, dass das viel zitierte Stilbenderivat Resveratrol bzw. auch Anthocyane, Tannine und oligomere Procyani-



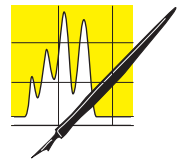
dine aus RWPE einen signifikanten Einfluss auf die eNOS besitzen.

## NO und Viagra

Die oberen Schwellkörper des Penis (corpus cavernosum) bestehen aus schwammig strukturierten Fasern und glatten Muskelzellen. Kommt es zu einer sexuellen Stimulation, wird verstärkt NO in den Schwellkörper ausgeschüttet: L-Arginin reagiert dabei wie beschrieben mit Sauerstoff zu L-Citrullin und NO (Abbildung 1). Wie der zugehörige parasympathische „Schalter“ zu dieser ersten Stufe einer ganzen Kaskade im Detail biochemisch funktioniert, ist noch umstritten. Wie im Abschnitt *NO und Bluthochdruck* u.a. erläutert, provoziert das gebildete endotheliale NO in Gegenwart des Enzyms Guanylyl-Cyclase die intracelluläre Bildung des cyclischen Guanosin-3'-5'-monophosphat (cGMP). In den glatten Muskelzellen führt dies durch die Abnahme der intracellulären  $Ca^{2+}$ -Konzentration zu einer Erschlaffung (d. h. bei den Blutgefäßen zu einer Erweiterung). Es weiten sich die Arterien (Arteriae helicinae), und Blut strömt in die Kavernen des Corpus Cavernosum. Durch dieses Blut wird die umgebene Bindegewebshülle (Tunica albuginea) gespannt, so dass die Venen in der Tunica albuginea verengt werden. Es kommt in dieser Region somit zu einer erhöhten Blutzufuhr bei reduziertem Blutabfluss. Der Schwellkörper schwillt an – es kommt zu einer Erektion. Die Erschlaffung des Penis beginnt mit dem Verschließen der Arterien; das angestaute Blut fließt wieder ab.

Biochemisch wird das Verengen der Arterien auf ihren gewöhnlichen Durchmesser und das damit verbundene Öffnen der mechanisch zusammengesprengten Venen so bewerkstelligt, dass der Signalstoff cGMP im Corpus Cavernosum durch das Enzym Phosphodiesterase-Typ 5 wieder abgebaut wird. Genau da setzt nun jenes Präparat an, das von der Firma Pfizer ursprünglich als Herzpräparat in die klinische Erprobung entsandt wurde: Viagra (Sildenafil, 1-[4-ethoxy-3-(6,7-dihydro-1-methyl-7-oxo-3-propyl-1H-pyrazolo [4,3-d]pyrimidin-5-yl)phenylsulfonyl]-4-methylpiperazin citrat). Viagra blockiert vorübergehend das spezifische Enzym Phosphodiesterase, so dass der Signalstoff cGMP im Schwellkörper eine Zeitlang (angeblich 4 Stunden... [39]) nicht abgebaut werden kann. Viagra ist somit kein Aphrodisiakum (zur Stimulation von endogenem NO), sondern verhindert den Abbau des durch NO gebildeten Signalstoffes cGMP, was offensichtlich etliche der männlichen Testpersonen mit erektiler Dysfunktion in der klinischen Erprobung des geplanten Herzmittels als überraschend positive Neben-

wirkung gewertet haben. Viagra darf somit keinesfalls in Kombination mit Nitrolingual oder ähnlich wirkenden Präparaten genommen werden, weil der damit verbundene Blutdruckabfall zu notärztlichen Maßnahmen führen kann. Der Pharmariese Pfizer machte nach der Einführung des Präparates im Jahr 1998 große Gewinne mit der „blauen Pille“. Er rückte mit Firmenübernahmen an die Spitze der Pharmaproduzenten der Welt. Dennoch gibt es Probleme: 2006 stieg der Umsatz von Viagra zwar nochmals um 5% an, trotz des verpflichteten Anbringens eines zusätzlichen Warnhinweises wegen eines Erblindungsrisikos. Bei anderen Medikamenten steigt jedoch der Druck durch die Konkurrenz, bei Viagra durch z.T. illegale Generika. Vergangenes



AUFSÄTZE

Abbildung 8: Beim Abdestillieren von „Scheidwasser“ mit alchemistischen Mitteln wird der MAK-Wert von  $NO_x$  sicher überschritten.

**Von dem Goldt.**

**Scheidwasser in Retorten zu brennen/vnd andere vorthail.**

**D**as Scheidwasser in den Retorten zu brennen/ist kein alt erfinden/auch kein lange arbeit /sonder ein kurzer weg /so man anderst Retorten haben kan/die von einem stück gemacht seind /auch scheidwasser vnd öl halten: Die beschlag mit gutem beständigen läim /lass sie zwol drucken werden /thu den zeug oder species die Calcioniert vnd mit vngelächten kalch verimengt seyn sollen darein /vnd leg den Retort in einen darzu gemachten Ofen /des abriß hernach folgen wirdt / vnd eine fürlege mit fürgeschlagenem wasser für /mach darnach in den ofen ein feuer / vnd sterck das feuer baldt /so steigt der zeug (weil er mit vngelächten kalch ober setz wirdt) nicht leichtlich ober /lass spiritus vnd wasser miteinander herüber gehen: Zu lest treib die spiritus mit gewalt / also daß auch der Retort bey zwol stunden vnd lenger / vnd hell erglüct / in einer solchen Retort kanstu das scheidwasser in fünff oder sechs stunden abbrennen / es wirdt aber weniger wasser als durch den Altembic / doch auch starck vnd gut zugebrauchen.

G      Dv

Jahr hat die Firma Pfizer den gleichen Wirkstoff in geringerer Dosierung mit der Bezeichnung „Revatio“ auch als Medikament zur Behandlung der eher seltenen pulmonal-arteriellen Hypertonie (Anstieg des Blutdrucks im Lungenkreislauf) auf den Markt gebracht.

### NO als Luftschadstoff

Bei Frühgeborenen mit Atemproblemen wird NO als Inhalationsmedikament mit einer Dosis von 20 ppm eingesetzt (siehe Abschnitt *NO als Inhalationsmedikament*). Der MAK-Wert von NO liegt nur wenig höher (25 ppm). Die LC50/1h (= 50%ige letale Konzentration bei einstündiger Exposition) beträgt 115 ppm. NO verursacht schwere Verätzungen der Haut, der Augen und Atmungsorgane und ist mit dem Symbol T+ zu kennzeichnen.

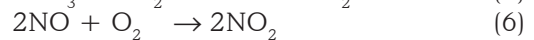
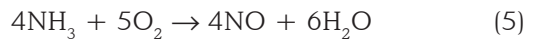
NO ist Hauptbestandteil der thermisch gebildeten Stickoxide (NO<sub>x</sub>). Es bildet sich bei Zufuhr adäquater Aktivierungsenergie (elektrische Entladungen, Temperaturen im Verbrennungsraum von Benzin- und Dieselmotoren über 1250°C) aus Stickstoff und Sauerstoff der Luft:



Je nach Konzentration an NO reagiert Stickstoffmonoxid mit Sauerstoff mehr oder weniger rasch weiter zu NO<sub>2</sub> – siehe Abschnitt *NO als Inhalationsmedikament*, Gl. (1). Unter 1250°C überwiegt bei stickstoffhaltigen Brennstoffen das „Brennstoff-NO<sub>x</sub>“, d.h. die im Brennstoff gebundenen Stickstoffanteile werden bei der Verbrennung zu NO und NO<sub>2</sub> umgesetzt.

In industriellen Prozessen muss Stickoxid vor allem bei den weltweit rund 300 in Betrieb befindlichen Salpetersäureanlagen (Ostwald-Verfahren) zurückgehalten werden. Das Problem

dieser Anlagen mit dem Prinzip der katalytischen Ammoniak-Verbrennung besteht darin, dass bei der Absorption (und Reaktion) des erzeugten NO<sub>2</sub> in einer Disproportionierung neben Salpetersäure wieder NO entsteht, das in der geringen Konzentration nur sehr langsam oxidierbar ist. Umgekehrt ist NO kaum wasserlöslich und lässt sich deshalb auch nicht auswaschen wie NO<sub>2</sub> (Gl. 7).



Stickoxide sind Vorläufersubstanzen von Sommerozon und bilden mit Wasser salpetrige Säure bzw. Salpetersäure (saurer Regen). Maßnahmen zur Rauchgasentstickung und zur Reinigung von Autoabgasen (Katalysator) bilden einen wesentlichen Teil der getätigten Umweltschutzmaßnahmen zur Luftreinhaltung in den vergangenen Jahrzehnten und müssen an dieser Stelle nicht im Detail in Erinnerung gerufen werden. Dies gilt auch für schulisch verwertbare Vorschläge zur Experimentalchemie, die in dieser Zeitschrift und in anderen Journalen bereits behandelt wurden [4-10].

### Experimenteller Teil

Zeit sparende (Microscale-)Experimente zur katalytischen Oxidation von Ammoniak (Ostwald'sches Verfahren der Salpetersäureerzeugung), Reaktionen zu charakteristischen Eigenschaften der Stickoxide auch ohne Verwendung eines Abzugs, zu Gleichgewichts-Systemen, zur Funktion eines Autokatalysators etc. können in [4-6] nachgelesen werden.

Im folgenden sollen in Ergänzung dazu zwei Experimente beschrieben werden, in denen Stickstoffmonoxid in zwei Modellexperimenten in NanoMol-Mengen generiert bzw. detektiert werden. Es gibt eine Reihe von Möglichkeiten, um NO in geringen Mengen nachzuweisen, wobei nur die Methoden b) und c) unter den folgenden schulisch realisierbar sind:

- a) Detektion mittels Chemilumineszenz: Variante a: Oxidation von NO durch Reaktion mit Ozon zu NO<sub>2</sub>, das unter diesen Bedingungen in einem angeregten Zustand vorliegt und spontan Energie in Form von Licht emittiert. Dieses kann konzentrationsabhängig gemessen werden. Die Erfassungsgrenze bei dieser Methode liegt bei etwa 100 pM NO, was sowohl in der automatisierten Umweltanalytik als auch im Bereich der biochemischen Forschung genutzt wird [40]. Variante b: Reaktion zwischen NO und Wasserstoffperoxid zu Peroxonitrit (ONO<sub>2</sub><sup>-</sup>). Peroxonitrit ist

Abbildung 9: Kurze Blitze führen bereits nach wenigen Sekunden auf den feuchten Reaktionszonen zu Farbstoffkupplung – NO bzw. NO<sub>x</sub> ist nachgewiesen (Foto: Obendrauf).







Abbildung 10: Nasschemische Methoden sind so empfindlich, dass physiologische Mengen an NO nachweisbar sind (Foto: Obendrauf).

ein sehr starkes Oxidationsmittel, das durch Oxidation von Luminol wieder zu einer messbaren, konzentrationsabhängigen Lichtemission führt. Die Erfassungsgrenze bei dieser Methode liegt bei 100 fM [41].

- b) Detektion durch Oxidation von Hämoglobin: Hier reagiert NO mit Oxyhämoglobin zu Methämoglobin und Nitrat. Methämoglobin lässt sich fotometrisch vermessen, wobei das untere Limit bei 1 nM NO liegt [40]
- c) Detektion mit Hilfe der schulisch bekannten Griess-Reaktion: aus NO gebildetes Nitrit reagiert mit Sulfanilamid und Naphtylethlenamin zu einem Azofarbstoff, der photometrisch bzw. reflektometrisch gemessen werden kann. Die Erfassungsgrenze liegt bei etwa 1  $\mu\text{Mol}$  [40, 47].
- d) Detektion mit Hilfe der EPR (Elektronenparamagnetischer Resonanzspektroskopie): NO wird mittels N-methyl-D-glucamin-Dithiocarbamat oder Diethyldithiocarbamat/Eisen komplexiert. Aus diesen Komplexen kann durch ein EPR-Spektrum auf die NO-Konzentration in der Lösung zurückgerechnet werden [42].
- e) Detektion mit Hilfe der Fluoreszenzspektroskopie: NO oder ein Reaktionsprodukt von NO reagiert mit einem Fluoreszenzfarbstoff (z.B. 4,5-Diaminofluoreszein, o-Quinodimethane) unter Abschwächung der Fluoreszenz. Erfassungsgrenze: 5 nM bzw. 1 nM [43]

Für schulische Zwecke ist es didaktisch sinnvoll und auch kostensparend, bei analytischen Fragestellungen möglichst multifunktionelle Tests zu verwenden. Aus den kontextträchtigen modernen (biochemischen) Fakten zum Thema NO in den vorangegangenen Abschnitten 1 bis 7 lässt sich bei genauer Betrachtung ableiten, dass die in der Schule bewährten analytischen Methoden der Wasseruntersuchung auf Nitrat im Trinkwasser so empfindlich sind, dass auch physiologisch relevante Mengen an NO damit

detektiert werden können: So stellt das bekannte Refleктоquant-System von Merck mit den Nitrat-Teststreifen (3-90 mg  $\text{NO}_3^-/\text{L}$ , Merck.Nr. 1.16995.0001, siehe z.B. [44]) ein geeignetes Reagenz dar, weil hier die Detektion von Nitrat analog der oben skizzierten NO-Detektion c) erfolgt: Nitrit-Ionen bilden mit einem aromatischen Amin ein Diazoniumsalz, das mit N-(1-Naphtyl)-ethylendiamin zu rotvioletter Farbstoff reagiert. Selbstverständlich wird dieses System seit vielen Jahren für das schulische Experimentieren (auch oder gerade für die Sekundarstufe I) vorgeschlagen, siehe z.B. [44].

Eine kurze Rechnung zeigt, dass mit dem Teststreifen die Erfassungsgrenzen für physiologisch wirksame Mengen an NO (NanoMol-Mengen) erreicht werden können:

Ein Mol Nitrat ist auf 1 Mol Nitrit zurückzuführen; dieses wiederum bildet sich aus 1 Mol NO. Die untere Erfassungsgrenze am zitierten Nitrat-Teststreifen ist mit 3 mg  $\text{NO}_3^-/\text{L}$  Wasser angegeben. Das sind etwa  $4,8 \cdot 10^{-5}$  Mol Nitrat (bzw. auch  $4,8 \cdot 10^{-5}$  Mol NO)/L Wasser. Eine einfache Wägung des Teststreifens vor und nach dem Vollsaugen der Reaktionszone macht klar, dass in die saugfähige Reaktionszone nur etwa 0,02 g Probenwasser (0,02 mL) aufgenommen werden. Das bedeutet bezogen auf die Menge an Nitrat (bzw. NO):

$$4,8 \cdot 10^{-5} \text{ Mol NO/L} = 96 \cdot 10^{-9} \text{ Mol NO/0,02 mL} = 96 \text{ NanoMol NO, die in der Reaktionszone sicher erfasst werden. Refleктоquant-Teststäbchen auf Nitrit (Best.Nr. 1.17941.0001).}$$

Nitrit-Teststreifen RQ plus 0.02 - 1.00 mg/l  $\text{NO}_2^-$  für die Aquaristik wären sogar noch empfindlicher, für die nachfolgenden Nachweise sind sie jedoch nicht notwendig.

#### Microscale-Modellversuch zur $\text{NO}_x$ -Bildung durch Blitzentladung

Kostspielige und zeitaufwändige Experimentieranordnungen mit Vierhalskolben zur Modellierung der Stickoxid-Bildung durch Blitzentladung (bzw. zur Demonstration der historischen Salpetersäureherstellung nach Birkeland und Eyde) sind aus der Literatur der Lehrmittelerzeuger bestens bekannt. Im Folgenden sollen nur geringe Mengen an  $\text{NO}_x$  erzeugt werden, einerseits um das gleiche Nachweisreagenz verwenden zu können, das auch den Nachweis von medizinisch relevanten Mengen an NO ermöglicht, andererseits um mit dem Experiment auch ohne Abzug auskommen zu können.

Material: 500 mL Zweihalskolben, passender Gummistopfen, 2 Kanülen 0,8x120 mm, Elektroschocker z.B. 120.000 V, 0,8A, Elektrodenabstand 36 mm (in Waffengeschäften frei





Abbildung 11: Der in der Schule bestens bekannte Nitrat-Test (Reflectoquant) eignet sich zum Nachweis des Wirkstoffes NO in Nanomol-Mengen in Nitrolingual (Foto: Obendrauf).

erhältlich), Experimentierkabel mit Krokodilklemmen, Nitrat-Teststreifen für RQ-Flex 3-90 mg Nitrat/L (Merck-Nr. 1.16995.0001, siehe [45]).

Durchführung: Die Reaktionszone bzw. Nitrit-Kontrollzone eines Nitrat-Teststreifen wird mit dest. Wasser angefeuchtet, von überschüssigem Wasser befreit und mit den Reaktionszonen nach oben in den 2-Hals-Kolben gelegt. (s. auch Versuch *Microscale-Modellversuch zur Freisetzung von NO aus Nitrolingual („Rostocker NO-Experiment“ (siehe Anmerkung 1))*).

Der 2-Halskolben wird mit den Gummistopfen (mit eingepassten Kanülen) verschlossen. Die Kanülen stecken nur so weit im Stopfen, dass noch außerhalb des Kolbens Krokodilklemmen angebracht werden können. Die Kanülenspitzen sind ca. 3 bis 4 cm voneinander entfernt. Nach dem Verbinden der beiden Pole des Elektroschockers mit den beiden Kanülen wird das Hochspannungsgerät in Intervallen von ca. 3 Sekunden bzw. Pausen von ca. 5 Sekunden betätigt. Dabei ist zu beachten, dass die Funken nur bis zu einem gewissen angepassten Abstand

<sup>1</sup>Der Versuch nennt sich deshalb „Rostocker Experiment“, weil der Autor dieses Beitrags diesen Versuch erstmals im Rahmen der Closing Lecture der Jahrestagung der Fachgruppe Chemieunterricht der GDCh in Rostock am 9. September 2006 der Fachwelt vorgestellt hat.

(ca. 3-5 cm) zwischen den Nadelspitzen im Kolben springen (Bedienungsvorschrift des Elektroschockers beachten!).

Ergebnis: Nach weniger als 1 Minute beginnt sich die Reaktions- und Nitrit-Warnzone am Teststreifen violett zu färben. Der qualitative Nachweis der Stickstoffoxidbildung ist erbracht (Erklärung siehe Versuch *Microscale-Modellversuch zur Freisetzung von NO aus Nitrolingual („Rostocker NO-Experiment“)*).

Tipps, Tricks: Die Positionierung der dünnen Kanülen gelingt nur in Weichgummistopfen (Vererret). Dabei sticht man am besten eine stabile Kanüle 1,2/40 mm als Führungsröhrchen durch den Stopfen und schiebt die lange dünne Kanüle von der gegenüber liegenden Seite durch den Stopfen. Danach wird die kurze Kanüle wieder aus dem Stopfen gezogen, die lange Kanüle verbleibt im Stopfen.

Microscale-Modellversuch zur Freisetzung von NO aus Nitrolingual („Rostocker NO-Experiment“ <sup>1</sup>)

Material: Nitrolingual Pumpspray 0,4 mg oder Nitrolingual Kapseln 0,8 mg (Rezept- und apothekenpflichtig, Bezug siehe Abschnitt *Ausblick, Tipps, Troubleshooting*), Nitrat-Teststreifen für RQ-Flex 3-90 mg Nitrat/L (Merck-Nr. 1.16995.0001, siehe [45]), dest. Wasser, Waage (Messbereich 0,001g, Low-Cost-Microscale-Version: z.B. Voltcraft PS 20 Pocket Scale unter 100 Euro).

Durchführung: Ein Nitrat-Teststreifen (Bedienungsanleitung beachten: Döschen nach Entnahme immer sofort verschießen etc.) wird kurz in dest. Wasser getaucht, so dass beide Reaktionszonen benetzt sind. Eine Differenzwägung vor und nach Benetzung der saugfähigen Flächen ergibt, dass etwa 0,02g (0,02mL) Wasser als Reaktionsmedium für die Azokupplung zur Verfügung stehen. Je nach Präparat wird ein Pumpstoß oder der Inhalt einer zerschnittenen Kapsel auf die Reaktionszone gebracht. Nach wenigen Sekunden färben sich die Reaktionszonen violett. Aus dem NO des Nitrolingual® haben sich gemäß den vereinfachten Gleichungen (1-3) im Abschnitt *NO als Inhalationsmedikament* Nanomol-Mengen an Nitrit gebildet, das mit einem aromatischen Amin in den Reaktionszonen ein Diazoniumsalz bildet. Dieses reagiert mit N-(1-Naphtyl)-ethylendiamin zum rotvioletten Farbstoff.

In Nitrolingual 0,4 mg Pumpspray sind pro Pumpstoß ca. 0,4 mg Nitroglycerin enthalten. Ein Fläschchen reicht für ca. 200 Pumpstöße. Das ergibt zusammen ca. 80 mg „Sprengstoff“, allerdings gelöst in phlegmatisierenden Lösemiteln. Die 30 Kapseln Nitrolingual zu 0,8 mg in ei-



ner Packung ergeben 24 mg Nitroglycerin, auch in entsprechender Verdünnung natürlich...

### Microscale-Modellversuch – Stickoxide aus Autoabgasen

Material: Dieselmotor-Abgas, Nitrat-Teststreifen (s. Versuch *Microscale-Modellversuch zur NO<sub>x</sub>-Bildung durch Blitzentladung*, *Microscale-Modellversuch zur Freisetzung von NO aus Nitrolingual* („Rostocker NO-Experiment“).

Durchführung: Ein Nitratteststreifen wird wie in *Microscale-Modellversuch zur Freisetzung von NO aus Nitrolingual* („Rostocker NO-Experiment“) beschrieben mit dest. Wasser befeuchtet und für Sekunden in die Nähe eines Auspuffs (Dieselmotor) gehalten.

Ergebnis, Erklärung siehe Versuch *Microscale-Modellversuch zur Freisetzung von NO aus Nitrolingual* („Rostocker NO-Experiment“).

### Microscale-Modellversuch – Stickoxide aus Zigarettenrauch

Material: Zigarette, Nitrat-Teststreifen (s. Versuch *Microscale-Modellversuch zur NO<sub>x</sub>-Bildung durch Blitzentladung*, *Microscale-Modellversuch zur Freisetzung von NO aus Nitrolingual* („Rostocker NO-Experiment“).

Durchführung: Das Nitrat-Teststreifen wird wie in *Microscale-Modellversuch zur NO<sub>x</sub>-Bildung durch Blitzentladung* bzw. *Microscale-Modellversuch zur Freisetzung von NO aus Nitrolingual* („Rostocker NO-Experiment“) beschrieben mit dest. Wasser befeuchtet und eine Zeitlang knapp über eine glimmende Zigarette gehalten.

Der Brennstoffstickstoff im Tabak (Nikotin etc.!) reagiert im Glimmbrand zu Stickoxiden, die nach einiger Zeit durch die Violettfärbung der Reaktionszonen detektiert werden.

### Ausblick, Tipps, Troubleshooting

Die Verwendung der Nitrat-Teststreifen für alle beschriebenen Versuche spannt einen experimentellen Bogen vom Stickoxid als physiologisch wirksamen, endogenen Botenstoff und Inhalationsmedikament zum Stickoxid als Nitratquelle aus dem Gewitterregen, bis zum Stickoxid als Luftschadstoff in Autoabgasen, im Zigarettenrauch etc.

Die Lernenden können mit einem einzigen Nachweissystem an einem attraktiven Beispiel authentisch erkennen, dass im Sinne von Paracelsus die Giftigkeit eines Stoffes tatsächlich von der Dosis abhängig gemacht werden muss. Gleichzeitig eröffnen sich Möglichkeiten, Teile des Stickstoffkreislaufes und die Wasseranalytik

in die Gesamtbetrachtungen mit einzubeziehen. Die Lernenden können erkennen, dass es auf Basis von Molekülen keine Unterscheidung zwischen „natürlicher“ Biologie bzw. Physiologie einerseits und „künstlicher“ Chemie andererseits gibt.

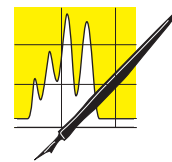
Obwohl die Nachweise nur als qualitativer Nachweis von NO bzw. NO<sub>x</sub> angelegt sind, lässt sich aus der angegebenen Erfassungsgrenzkonzentration der Nitratteststäbchen und der am Teststreifen durch Wägung ermittelten Wassermenge in den Reaktionszonen in einer einfachen Schlussrechnung die Empfindlichkeit der Azokupplungsreaktion (Farbstoffbildung) abschätzen.

Die beschriebenen Experimente stellen nur einige wenige Möglichkeiten dar, das Thema Stickoxide unter neuen Gesichtspunkten auch experimentell zu behandeln.

Selbstverständlich ist Stickoxid bzw. NO<sub>x</sub> nicht nur im Abgas von (modernen) Kraftfahrzeugen nachweisbar, es gelingt der Nachweis auch im Abgas eines Bunsenbrenners bzw. aus den Abgasen von Zigarettenrauch (Brennstoffstickstoff !!).

Der Zugriff auf kurzfristig und sofort wirkende apotheken- und rezeptpflichtige Nitrat-Präparate ist einfacher als man im ersten Moment vermutet: KHK (Koronare Herzkrankheiten, cardiovasculäre Erkrankungen) sind die häufigste Todesursache in Deutschland bzw. Österreich. Die Kosten für verschriebene Nitrat-Präparate (vor und nach einem Herzinfarkt...) werden allein in Deutschland mit über 130 Millionen Euro pro Jahr (2003) beziffert [46]. Im Jahr 2002 wurden zur Symptombehandlung in Deutschland 886 Millionen Tagesdosen (2,4 Millionen pro Tag!) verschrieben [47]. Bei rund 80 Millionen Einwohnern hat somit statistisch gesehen jeder 33. Einwohner Deutschlands jeden Tag mit Nitrat-Präparaten zu tun. Da dürfte es für die sozialisierte Kollegenschaft nicht so schwer sein, auch ohne Rezept für Versuchszwecke zu einer Nitrolingual-Kapsel oder zu einem (fast) verbrauchten Pumpspray zu kommen. Der Zusammenhang zwischen Medikament und Bestandteil von Dynamit (z.B. 0,8 mg Nitroglycerin pro Kapsel Nitrolingual) ist für Lernende jedenfalls verblüffend und gleichzeitig spannend. Apropos Sprengstoff: Nitrolingual ist zwar besser bekannt, aber das teurere Pentalong mit dem bekannten Sprengstoff Penterythryltetranitrat (50 bzw. 80 mg Nitropenta = PETN = „Plastiksprengstoff“ pro Tablette als Wirkstoff) wird fast genauso häufig (1,482 Mio Verordnungen allein in Deutschland im Jahr 2003) verschrieben [46]

Ob nun das aus dem Brennstoff-Stickstoff gebildete Stickoxid einer glimmenden Zigarette zu-



AUFSÄTZE

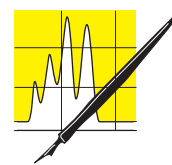
mindest in erster Näherung mit dem NO eines Inhalationsmedikamentes oder gar mit dem angeblich aphrodisierenden NO der (Amylnitrit-hältigen) illegalen Poppers verglichen werden kann, sei an dieser Stelle dahingestellt. Süchtig sind die Patienten (= Raucher) wahrscheinlich doch eher nach dem Nikotin. Theoretisch müsste man aber einem Patienten mit einem akuten Angina-Pectoris-Anfall, der sein Nitrolingual® zuhause vergessen hat, kurzfristig mit einer kleinen Plastiktüte voll Dieselmotor-Abgas Linderung verschaffen können. Selbstverständlich dürfte dabei das Abgas als improvisiertes Notfalls-Inhalationsmedikament auch – oder gerade für die meist rauchenden Patienten – nur aus PKW mit Partikelfilter gesammelt werden... **CLB**

#### Literatur:

- [1] A.F. Holleman, E. Wiberg, Lehrbuch der Anorganischen Chemie, 81.-90. Aufl., Walter de Gruyter, Berlin -New York 1976, S. 394-397
- [2] E. Diemann, In: Handbuch der experimentellen Schulchemie, Sekundarbereich II, Band I, (Hrg. W. Glöckner), Aulis-Verlag Deubner, Köln 2002,
- [3] R. Piosik, Die Entwicklung der großtechnischen Luftverbrennung. CHEMKON 2 (1995), Nr. 4, S. 159-162
- [4] V. Obendrauf, Nachweis von Stickoxiden in Autoabgasen. Chem.Sch.(Salzbg.) 9 (1994), Nr. 3, S. 25-26
- [5] V. Obendrauf, Auf den Spuren von Wilhelm Ostwald. Low-Cost-Versuche mit Ammoniak. Chem.Sch. (Salzbg.) 11 (1996), Nr. 3, S. 3-8
- [6] V. Obendrauf, Experimente mit Gasen im Minimaßstab. ChiuZ 30 (1996), Nr. 3, S. 118-125
- [7] M. Kremer, Photosmog im Modell. ChiuZ 32 (1998), Nr. 4, S. 192-196
- [8] K. Nieberding, W. Jansen, R. Piosik, Über die Reindarstellung von Stickstoffmonoxid und die quantitative Reaktion desselben mit Sauerstoff. MNU 49 (1996) Nr. 7, S. 433-435
- [9] B. Shakhshiri, Chemical Demonstrations, Vol. 2, University of Wisconsin Press, 1985, p 163-183
- [10] V. Obendrauf, Kleine Ampullen für feine Nasen. Chem.Sch.(Salzbg.) 16 (2001), Nr. 1, S. 11-17
- [11] P. Jacoby, Stickstoffmonoxid steuert Glühwürmchen-Leuchten. ChiuZ 36 (2001) Nr. 6 S. 346
- [12] A. Daiber, V. Ullrich, Stickstoffmonoxid, Superoxid und Peroxynitrit - Radikalchemie im Organismus. ChiuZ 37 (2002), Nr. 6, S. 366-375
- [13] A.T. Balaban, W. Seitz, Relevance of Chemical Kinetics for Medicine: The Case of Nitric Oxide. J. Chem. Educ. 80 (2003) p. 662
- [14] W.F. Coleman, R.J. Wildman, Featured Molecules: Nitric Oxide-Releasing Compounds J. Chem. Educ. 79 (2002) p. 1470
- [15] E. W. Ainscough, A.M. Brodie, Nitric Oxide--Some Old and New Perspectives J. Chem. Educ. 72 (1995) p. 686
- [16] L.C. Green, S. R.Tannenbaum, P. Goldman: Nitrate Synthesis in the Germfree and Conventional Rat. Science 212 (1981), S. 56-58
- [17] R.F. Furchgott, P.D. Cherry, J.V. Zawadzki, D. Jothanandan: Endothelial Cells As Mediators of Vasodilation of Arteries. J Cardiovasc. Pharmacol. 6 Suppl. 2 (1984), S. 336-343.
- [18] R.M. Palmer, A.G. Ferrige, S. Moncada: Nitric Oxide Release Accounts for the Biological Activity of Endothelium-Derived Relaxing Factor. Nature 327 (1987) S. 524-526.
- [19] D.J. Stuehr, M.A. Marletta: Mammalian Nitrate Biosynthesis: Mouse Macrophages Produce Nitrite and Nitrate in Response to Escherichia Coli Lipopolysaccharide. Proc. Natl. Acad. Sci. U S A 82 (1985) S. 7738-7742
- [20] J.B. Hibbs Jr., R.R. Taintor, Z. Vavrin: Macrophage Cytotoxicity: Role for L-Arginine Deiminase and Imino Nitrogen Oxidation to Nitrite. Science 235 (1987), S. 473-476
- [21] T. Deguchi, M. Yoshioka: L-Arginine Identified As an Endogenous Activator for Soluble Guanylate Cyclase From Neuroblastoma Cells. J. Biol. Chem. 257 (1982) S. 10147-10151
- [22] F. Murad: Signal transduction using nitric oxide and cyclic guanosine monophosphate. JAMA, 276 (1996), S. 1189-1192
- [23] [http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/medicine/laureates/1998/index.html](http://nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1998/index.html) (Stand: 16. 09. 2006)
- [24] <http://ibp.med.uth.tmc.edu/faculty/fmurad/fmurad.htm> (Stand: 19. 09. 2006)
- [25] M.W. Radomski, R.M. Palmer, S. Moncada, The Anti-Aggregating Properties of Vascular Endothelium: Interactions Between Prostacyclin and Nitric Oxide. Br. J. Pharmacol. 92 (1984), S. 639-646
- [26] H. Li, U. Förstermann, Nitric Oxide in the Pathogenesis of Vascular Disease. J. Pathol. 190 (2000), S. 244-254
- [27] Z.S. Katusic, Vascular Endothelial Dysfunction: Does Tetrahydrobiopterin Play a Role? Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. 281 (2001), S. H981-H986.
- [28] J.T. Groves, C.C. Wang, Nitric Oxide Synthase: Models and Mechanisms. Curr Opin. Chem. Biol. 4 (2000), S. 687-695
- [29] C. Hering, Glonoine, a new medicine for headache, Am. J. Homoeopathy 4 : 3, (1849)
- [30] W.B. Fye, Nitroglycerin: a homeopathic remedy. Circulation, Journal of the American Heart Association 73 (1986), S. 21-29
- [31] T.L. Brunton, On the use of nitrite of amyl in angina pectoris. Lancet 2: 97 (1867)
- [32] W. Murrell, Nitro-glycerine as a remedy for angina pectoris. Lancet 1: 80, 113, 151, 225 (1879)
- [33] <http://de.wikipedia.org/wiki/Dynamit> (Stand: 20. 09. 2006)
- [34] T.S. Hakim, K. Sugimori, E.M. Camporesi, G. Anderson, Half-life of nitric oxide in aqueous solutions with and without haemoglobin, Physiol. Meas. 17 (1996) S. 267-277; S. abstract: <http://www.iop.org/EJ/abstract/0967-3334/17/4/004> (Stand: 20.09.2006)



- [35] B. Chen, M. Keshive, W.M. Deen, Diffusion and Reaction of Nitric Oxide in Suspension Cell Cultures. *Biophys J*, Vol. 75, No. 2, August 1998, S. 745-754, Ganzer Artikel siehe: <http://www.biophysj.org/cgi/content/full/75/2/745> (Stand: 20.09.2006)
- [36] <http://www.nlmwatch.org/04C/Herbalife/niteworks.html> (Stand: 20.09.2006)
- [37] C. Napoli u.a., Long-term combined beneficial effects of physical training and metabolic treatment on atherosclerosis in hypercholesterolemic mice. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101:8797-8802 (2004)
- [38] J.F. Leikert, Einfluss von Drogenextrakten und Naturstoffen auf die endotheliale NO-Synthase, LMU München 2002 (vollständige Dissertation: siehe: [http://edoc.ub.uni-muenchen.de/archive/00000090/01/Leikert\\_Juergen.pdf](http://edoc.ub.uni-muenchen.de/archive/00000090/01/Leikert_Juergen.pdf) (Stand: 20.09.2006)
- [39] <http://de.wikipedia.org/wiki/Viagra> (Stand: 20.09.2006)
- [40] M.M. Tarpey, I. Fridovich, Methods of Detection of Vascular Reactive Species: Nitric Oxide, Superoxide, Hydrogen Peroxide, and Peroxynitrite. *Circ. Res.* 89: (2001), S. 224-236.
- [41] K. Kikuchi, T. Nagano, H. Hayakawa, Y. Hirata, M. Hirobe, Real Time Measurement of Nitric Oxide Produced Ex Vivo by Luminol-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Chemiluminescence Method. *J. Biol. Chem.* 268 (1993), S. 23106-23110
- [42] A.M. Komarov, J.H. Kramer, I.T. Mak, W.B. Weglicki, EPR Detection of Endogenous Nitric Oxide in Posts ischemic Heart Using Lipid and Aqueous-Soluble Dithiocarbamate-Iron Complexes. *Mol. Cell. Biochem.* 175: (1997) S. 91-97
- [43] H. Kojima, N. Nakatsubo, K. Kikuchi, S. Kawahara, Y. Kirino, H. Nagoshi, Y. Hirata, T. Nagano, Detection and Imaging of Nitric Oxide With Novel Fluorescent Indicators: Diaminofluoresceins. *Anal. Chem.* 70 (1998), S.2446-2453.
- [44] D. Büttner, V. Brandt, Messen mit dem Reflectoquant Analysensystem, *NiU-Chemie* 6 (1995), Nr. 30, S. 237-240
- [45] <http://www.merck.de/servlet/PB/menu/1428930/index.html> (Stand: 20.09.2006)
- [46] [http://www.fda.gov/medwatch/SAFETY/2004/jun\\_PI/INOmax\\_PI.pdf](http://www.fda.gov/medwatch/SAFETY/2004/jun_PI/INOmax_PI.pdf) (Stand: 20.09.2006)
- [47] U.M. Schreier, Mehrbedarf bei leitliniengerechter Arzneimitteltherapie im ambulanten Sektor der gesetzlichen Krankenversicherung in Deutschland am Beispiel von fünf ausgewählten Krankheitsbildern, Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Hohen Medizinischen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn (2005), siehe: [http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=977059057&dok\\_var=d1&dok\\_ext=pdf](http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=977059057&dok_var=d1&dok_ext=pdf)
- [48] [http://www.laborpraxis.de/fachartikel/lp\\_fachartikel\\_552893.html](http://www.laborpraxis.de/fachartikel/lp_fachartikel_552893.html) (Stand: 20.09.2006)



**AUFsätze**

**NEWS  
ANALYTIK**

## ONLINE-STELLENMARKT

### Die Stellenbörse für Wissenschaftler und Techniker im Labor.

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

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

# Johann C. Wiegleb aus Langensalza

**Georg Schwedt, Bonn**

Die Jahrestagung der Fachgruppe Geschichte der Chemie der Gesellschaft Deutscher Chemiker fand im Mai 2007 in Bad Langensalza statt. Dort wird im Stadtmuseum in einer sehenswerten Dauerausstellung an das Leben und Wirken des bedeutenden Pharmazeuten Wiegleb im 18. Jahrhundert erinnert.

Langensalza ist in die allgemeine Geschichte durch das Gefecht im Juni 1866 im Krieg Preußens gegen Österreich und den Deutschen Bund (um die Vormacht in Schleswig-Holstein) eingegangen: Die preußische Armee zwang das hannoveranische Heer zur Kapitulation. Heute präsentiert sich die Stadt (Stadtrechte durch Kaiser Otto IV. im Jahre 1212) an der Mündung der Salza in die Unstrut mit einem gut erhaltenen mittelalterlichen Stadtkern, umgeben von einem Stadtmauerring (Ende 14. Jahrhundert) mit 17 Wehrtürmen, mit zahlreichen Fachwerkhäusern aus dem 15. bis 18. Jahrhundert und nach der Entdeckung einer Schwefelquelle als Bad und Kurstadt. Bereits im Jahr 932 wurde die Siedlung (um 800 Reichsgut) urkundlich erwähnt.

## Johann Christian Wiegleb

Wiegleb wurde als Sohn eines Advokaten am 21. Dezember 1732 in Langensalza geboren. In Dresden absolvierte er eine Apothekerlehre. Nach einer Tätigkeit in Quedlinburg kehrte er in seine Heimatstadt zurück und eröffnete 1759



Abbildung 1: Stadtmuseum von Bad Langensalza im ehemaligen Augustinerkloster mit Gedenkraum für Wiegleb (Fotos: Schwedt).

eine eigene Apotheke. 1779 gründete er die erste private Lehranstalt zur wissenschaftlichen Ausbildung von Pharmazeuten vor allem in der experimentellen Chemie – als „chemische Pensionsanstalt“. Dort wurden nachweislich mehr als 40 junge Apotheker aus deutschen und europäischen Ländern ausgebildet. Unter ihnen waren auch der später bedeutende Pharmazeut und Chemiker Sigismund Friedrich Hermbstädt (1760-1833) sowie Johann Friedrich August Götting (1753-1809), erster Professor für Chemie an der Universität Jena. Hermbstädt wirkte nach seiner Promotion zum Dr. phil. an der Universität Erfurt bei Wiegleb in Langensalza als Repetent bei den chemischen Vorlesungen. Er wurde 1809 als Professor für Chemie und Technologie an die neu gegründete Universität in Berlin berufen. Götting und Hermbstädt gründeten nach dem Vorbild Wieglebs ebenfalls chemisch-pharmazeutische Lehranstalten. Wiegleb wurde auch in den Rat seiner Heimatstadt berufen und nahm ab 1770 bis zu seinem Lebensende zahlreiche Funktionen wahr, ab 1783 als Kämmerer. Durch einen Unfall in seinem Laboratorium im Jahre 1789 hatte seine Gesundheit sehr gelitten. Wiegleb starb am 16. Januar 1800.

## Chemiker und Chemiehistoriker

Zu Wieglebs wissenschaftlichen Arbeiten zählen die Entdeckung der Oxal- beziehungsweise Klee-



### 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.



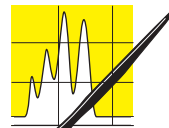


Abbildung 2: Wiegleb-Gedenkzeichen vor der Schwan-Apotheke.

Abbildung 3: Porträt Wieglebs.



säure (1779) als besondere Säure im Sauerklee, die sich mit der von Scheele 1784 dargestellten Zuckersäure als identisch erwies. 1781 beobachtete er die ätzende Wirkung der Flusssäure auf Glas. Er untersuchte auch die Salpeterbildung an Mauern und beobachtete die grüne Flammenfärbung durch Borsäure und Alkohol. 1774 publizierte er seine „Chemischen Versuche über die alkalischen Salze“, 1776 einen „Neuen Begriff von der Gärung...“ und 1779 die bereits genannte „Chemische Untersuchung des Sauerkleees“ in Crelles chemischem Journal. Bis 1797 sind insgesamt 52 Publikationen, nicht nur überwiegend in Crelles chemischen Annalen, sondern auch als Monographien, nachweisbar (siehe in der Monographie von H. Berger). Die Arbeiten beschäftigen sich mit „aus Knochen gezogener Phosphorsäure“, Schwerspat, Pechstein, Platin, Asbest, Speckstein, Feldspat, Hornstein und Glaubersalz. 1776 wurde Wiegleb in die Kaiserliche Deutsche Akademie der Naturforscher (Leopoldina) und in die Kurmainzische Akademie gemeinnütziger Wissenschaften zu Erfurt aufgenommen.

Als Chemiehistoriker bewies sich Johann C. Wiegleb durch seine „Historisch-kritische Untersuchung der Alchemie, oder der eingebildeten Goldmacherkunst, von ihrem Ursprunge sowohl als Fortgange, und was nun von ihr zu halten sey“ (Weimar 1777, 2. Aufl. 1793). Im Jahre 1791 veröffentlichte er auch eine „Kurze Übersicht der Geschichte des Schießpulvers und dessen erster Anwendung“ (in Crelles Chemischen Annalen).

Als Lehrbuch veröffentlichte er ein „Handbuch der allgemeinen Chemie“ (1781) und übersetzte auch andere Lehrbücher u.a. Boerhaaves „Elementa chemia“ als „Anfangsgründe der Chemie“ (1762) oder Vogels „Institutiones chemiae“ unter dem Titel „Lehrsätze der Chemie“ (1775, 2. Aufl. 1785). Einen Beitrag zur frühen Popularisierung der Chemie leistete er durch sein Werk „Die natürliche Magie, aus allerhand belustigenden und nützlichen Kunststücken bestehend.“ (im Verlag von Friedrich Nicolai, Berlin und Stettin 1779, 2. Aufl. 1782, 3. Aufl. 1789).

## Wiegleb-Gedenkstätten in Bad Langensalza

Im Stadtmuseum von Bad Langensalza im ehemaligen Augustinerkloster wird das Wirken und Werk Wieglebs in einer Dauerausstellung anschaulich dargestellt. Sie wurde aus Anlass seines 200. Todestages im Januar 2000 eröffnet. Das Haus in der Erfurter Straße 34 gilt als das wahrscheinliche Geburtshaus Wieglebs. Der Standort von Wieglebs Apotheke und dessen Bildungsinstitut war in der Marktstraße, wo der junge Apotheker zunächst das „Seebachsche Haus“ (Marktstraße 7) erwarb. 1759 eröffnete er dort seine Apotheke. In einem seitlich angefügten Trakt befand sich sein Laboratorium mit einem noch heute vorhandenen Kreuzgewölbe. Vor der Schwan-Apotheke in der Rathausstraße 1, wo Wiegleb als Schüler erste pharmazeutisch-chemische Schriften bei seinem Onkel Johann Georg Reisig (verheiratet mit einer Schwester seiner Mutter) kennen gelernt hatte, steht das „Wiegleb-Denkzeichen“ des Bildhauers Harald Stieding aus Bad Langensalza.

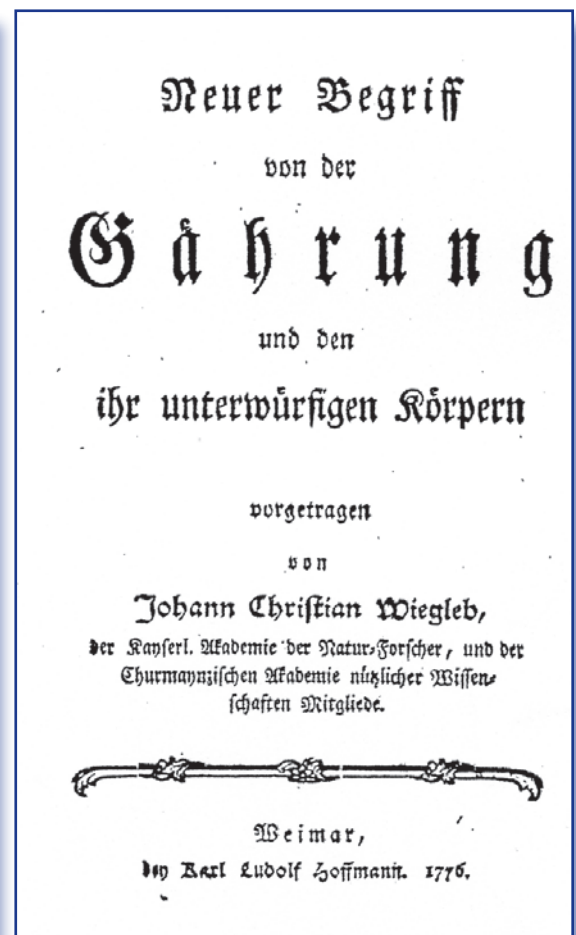
Der Text auf der rechten Seite lautet: „Wiegleb war außerdem einer der ersten Chemiehistoriker und ein hervorragender Experimentator, besonders auf analytischem Gebiet. Seine zahlreichen Publikationen künden von den Ergebnissen seiner Untersuchungen und Überlegungen.“ In der Theorie vertrat Wiegleb noch die Phlogistontheorie; die Oxidationstheorie von Lavoisier (ab 1775 entwickelt) hatte sich zu seiner Zeit noch nicht allgemein durchgesetzt. **CLB**

### Literatur

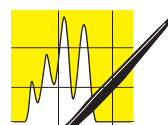
- [1] Berger, Hans: Johann Christian Wiegleb – 21.12.1732 – 16.01.1800 (Verein Förderer des Stadtmuseums Bad Langensalza), 2. Aufl. Bad Langensalz 2004
- [2] Hein, Wolfgang-Hagen u. Holm-Dietmar Schwarz (Hrsg.): Deutsche Apotheker-Biographie, Band II, Wiss. Verlagsges., Stuttgart 1978
- [3] Schwedt, Georg: Chemie zwischen Magie und Wissenschaft. Ex Bibliotheca Chymica 1500-1800, Herzog August Bibliothek, Wolfenbüttel /VCH, Weinheim 1991



Abbildung 4  
(rechts und auf  
der gegenüber-  
liegenden Seite):  
Titelseiten von  
vier seiner wich-  
tigsten Bücher.








AUFSÄTZE

Historisch-kritische  
Untersuchung  
der  
**Alchemie,**  
oder der eingeübten  
**Goldmacherkunst;**  
von Herrn  
Ursprunge sowohl als Fortgange, und  
was nun von ihr zu halten sey.  
von  
**Johann Christian Wiegleb,**  
der Königl. Kaiserl. Akademie der Naturforscher, und  
der Churmaynz. Akademie nützlicher Wissenschaften  
Mitgliede.

---

Weimar,  
bey Carl Ludolf Hoffmann.  
1777.

**H a n d b u c h**  
der  
a l l g e m e i n e n  
**C h e m i e**  
v o n  
**Johann Christian Wiegleb.**  
E r s t e r B a n d.



Dritte neuungearbeitete Auflage.  
Mit Königlich-Preussischer allergnädigsten Genehmigung.  
Berlin und Stettin,  
bey Friedrich Nicolai, 1796.



Wenig bekanntes Risiko im Laboratorium

# Explosionsgefahr mit metallischem Kalium!

Andreas Grubelnik, Veronika R. Meyer, Peter Bützer, Urban W. Schönenberger, St. Gallen

Metallisches Kalium oxidiert überraschend schnell, auch wenn es korrekt unter einem geeigneten organischen Lösungsmittel aufbewahrt wird. Die entstehenden gelben bis orangen Krusten der verschiedenen Oxide und Peroxide sind extrem gefährlich. Beim Kontakt dieser Oxidationsmittel mit dem Kalium, wie er beim Zuschneiden eines Stücks unvermeidlich ist, kann es zu einer heftigen Explosion kommen. Bei einem solchen Ereignis wurde im März 2006 ein Chemielehrer der Sekundarschule Goldach (Schweiz) schwer verletzt. Wir empfehlen: Keine Versuche mit altem Kalium zu Ausbildungszwecken!

## Eine Kaliumexplosion im Schulzimmer

Der 62-jährige, erfahrene Chemielehrer wollte die Reaktion von Kalium mit Wasser einer Schulklasse der Sekundarschule Goldach (Kanton St. Gallen, Schweiz) demonstrieren. Das Metall wurde korrekt unter Petrol in einer Glasflasche aufbewahrt. Bei der Entnahme eines kleinen Stücks mit einem Messer kam es zu einer heftigen Explosion. Die Flasche und die darin verbliebene Menge Kalium blieben intakt, doch das Petrol spritzte heraus und entzündete sich. Der Lehrer erlitt schwere Verbrennungen an der Brust und musste mehrere Monate in einer Spezialklinik zubringen. Glücklicherweise wurde keines der Kinder verletzt. Die nachfolgenden Untersuchungen zeigten, dass der Lehrer das Experiment korrekt und mit den nötigen Sicherheitsmassnahmen geplant hatte.

### Die Autoren

**Dr. Andreas Grubelnik**, Jahrgang 1965: Biochemiker mit Promotion in organischer Chemie an der Universität Zürich. Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Paul Scherrer Institut Würenlingen im Labor für Mikro- und Nanotechnologie und danach an der EMPA St. Gallen in der Abteilung Biomaterialien. Seit zwei Jahren als Gruppenleiter verantwortlich für die chemische und biochemische Analytik.



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



**Prof. Dr. Peter Bützer**, Jahrgang 1944: Dipl. Natw. ETH, mit Abschluss in organischer Chemie und Promotion in Molekularbiologie. Tätigkeiten in der Kernindustrie und der Ausbildung als Mittelschullehrer für Chemie. Dozent an der Universität St. Gallen, der ETH Zürich und der Pädagogischen Hochschule St. Gallen. Preisträger des Sicherheitspreises der Expertenkommission für die Sicherheit in der Chemischen Industrie der Schweiz.



**Prof. Urban W. Schönenberger**, Jahrgang 1944: Dipl. sc. nat. Universität Zürich. 1970 – 2000: Tätigkeiten als Mittelschullehrer für Chemie und in der Schulleitung, sowie nebenamtlicher Dozent an der Pädagogischen Hochschule St. Gallen. Seit 2000: Hauptamtlicher Dozent für Allgemeine Chemie und Experimentierkurse Chemie an der Pädagogischen Hochschule.



## Die Konsequenzen

Das an den verschiedenen Sekundarschulen des Kantons St. Gallen vorhandene Kalium wurde von den Behörden eingesammelt und der EMPA zur Untersuchung übergeben (Abbildung 1). Die Aufbewahrungsflüssigkeiten wurden mit Gaschromatographie untersucht, was aber kein Resultat von Interesse ergab. In der Zwischenzeit wurde eine Literaturrecherche zu Kalium durchgeführt, deren Ergebnisse so eindeutig waren, dass die ursprünglich geplante Untersuchung der Metalle gar nicht erst begonnen wurde. Im Juli 2006 schlugen die Chemiedozenten der Pädagogischen Hochschule St. Gallen vor, Versuche mit Kalium an den Sekundarschulen des Kantons nicht mehr zu empfehlen. Auch ohne gesetzliche Grundlage scheint diese Empfehlung befolgt zu werden. Offenbar besteht hier das Gefahrenpotential vor allem darin, dass an Schulen nur selten ein Experiment mit Kalium durchgeführt wird. Die Flaschen werden teilweise über Jahrzehnte gelagert aber doch immer wieder geöffnet.

Im August 2006 entsorgte die Feuerwehr der Stadt St. Gallen die eingesammelten Flaschen mit Kalium (Abbildung 2).





Abbildung 1 (links): Einge der in Schulen eingesammelten Kaliumflaschen.

Abbildung 2 (unten): Zerstörung von Kalium und Kaliumflaschen mit Wasser durch die Feuerwehr St. Gallen (Abbildungen: Autoren).

### Was ist aus der Literatur bekannt?

In der Fachliteratur und im Internet finden sich zahlreiche Warnungen über die Gefahren von metallischem Kalium. Die heftige Reaktion dieses Metalls mit Wasser ist in professionellen Kreisen wohl allgemein bekannt, im Gegensatz zur Gefahr der Bildung von Oxidationskrusten. Letztere tritt sogar bei der Lagerung unter Petrol (oder ähnlichen Flüssigkeiten) auf. Im Rahmen der Recherche fanden wir einige interessante Literaturstellen.

Bretherick's Handbook bemerkt zum Stichwort Metal Peroxides: "This group contains many powerful oxidants, the most common being sodium peroxide. Undoubtedly one of the most hazardous is potassium dioxide or superoxide, readily formed on exposure of the metal to air." [1] In der Folge listet das Handbuch die gefährlichen Verbindungen auf: Kaliumdioxid  $KO_2$ , Kaliumperoxid  $K_2O_2$  und Kaliumtrioxid  $KO_3$ . Die Reaktion des Peroxids mit Wasser ist heftig bis explosiv [2].

Sittig's Handbook schreibt unter Potassium Metal: "Store under nitrogen, mineral oil, or kerosene. Oxidizes and forms unstable peroxides under storage conditions. Potassium metal containing an oxide coating

is an extremely dangerous explosion hazard and should be removed and destroyed." [3]

Auf der Website von Flinn Scientific ist zu lesen: „Peroxides have been known to develop on the exterior surface of potassium metal. These peroxides have been known to react explosively with the light oil (kerosene) in which the product is stored when the science instructor cuts the product into small pieces. Be sure you provide personal protection when dealing with this very reactive metal. If you have a choice as to which alkali metal you elect to buy and use, sodium



metal might be your better choice since, upon aging, it does not develop peroxides.” [4] (Man beachte: Natriumperoxid ist zwar herstellbar aber die spontane Bildung von Peroxiden ist nicht möglich.)

Die Website von ESPI Metals erwähnt: “Potassium metal will form the peroxide and the superoxide at room temperature even when stored under mineral oil; may explode violently when handled or cut. Oxide-coated potassium should be destroyed by burning.” [5]

Oxidkrusten können sich offenbar sogar bilden, wenn Kalium unter Vakuum in Polyethylenbeuteln aufbewahrt wird [6]. Evers und Kollegen untersuchten eine katastrophale Explosion und fanden, dass die Kruste auf derartig gelagertem Kalium vorwiegend aus Kaliumhydroxid-monohydrat ( $\text{KOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ ) und zu einem geringeren Teil aus Kaliumdioxid ( $\text{KO}_2$ ) bestand. Kaliumperoxid ( $\text{K}_2\text{O}_2$ ) wurde in diesem Fall nicht gefunden.

Ein kürzlich erschienener Artikel von DeLaHunt und Lindeman fasst das Wissen über Kalium und seine Oxide gut zusammen [7]. Die Autoren beschreiben zudem, wie sich Kalium durch die Reaktion mit Wasser „entsorgen“ lässt bzw. wie man diese Reaktion demonstrieren kann. Das unglaubliche Ausmass der Sicherheitsvorkehrungen lässt uns Europäer dabei ein wenig schmunzeln.

Im Internet findet sich zumindest ein sehr zweifelhaftes Filmchen „Fun with potassium“ [8]. Es wird angepriesen mit “A few grams of potassium metal plus a little water makes for a very entertaining explosion”. Derartige Produktionen sind in höchstem Maße unerwünscht und leiten zu gefährlichstem Tun an. Glücklicherweise gibt es auch sehr instruktive Labordemonstrationen über die Reaktionen der Alkalimetalle mit Wasser [9,10].

## Folgerungen

Kalium mit gelben oder orangen Krusten ist extrem gefährlich. Bei der Manipulation können die Kaliumoxide mit dem Metall in Kontakt kommen und eine heftige Reaktion auslösen. Offenbar sind die höheren Oxide  $\text{KO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}_3$  und das Ozonid  $\text{KO}_3$  sehr explosiv. Krusten dürfen nicht manuell entfernt werden. Kalium mit Krusten muss sofort und fachgerecht entsorgt werden. **CLB**

## Literatur:

- [1] P.G. Urben, Bretherick's Handbook of Reactive Chemical Hazards, 7th ed.; Elsevier, Amsterdam, 2007; Vol. 2, p. 240.
- [2] P.G. Urben, Bretherick's Handbook of Reactive Chemical Hazards, 7th ed.; Elsevier, Amsterdam, 2007; Vol. 1, p. 1826.
- [3] R.P. Pohanish, Sittig's Handbook of Toxic and Hazardous Chemicals and Carcinogens, 4th ed.; Noyes Publications: Bracknell, UK, 2002; Nummer 1120 der elektronischen Version.
- [4] Flinn Scientific Chemistry F.A.Q. Page, [HYPERLINK „http://www.flinnsci.com/Sections/FAQ/answers.asp?questID=3&subCatID=1&catID=2“](http://www.flinnsci.com/Sections/FAQ/answers.asp?questID=3&subCatID=1&catID=2) <http://www.flinnsci.com/Sections/FAQ/answers.asp?questID=3&subCatID=1&catID=2>, 2007-10-29, von Flinn Scientific, Inc., Batavia, IL, USA.
- [5] ESPI, High Purity Metal Specialists Page, [HYPERLINK „http://www.espimetals.com/metals/catpotassium.htm“](http://www.espimetals.com/metals/catpotassium.htm) <http://www.espimetals.com/metals/catpotassium.htm>, 2007-10-29, von ESPI Metals, Ashland, OR, USA.
- [6] J. Evers, T.M. Klapötke und G. Oehlinger, Dangerous potassium hydroxide monohydrate crust, Chem. Engin. News 80 (2002, issue 37) 4.
- [7] J.S. DeLaHunt und Th.G. Lindeman, Review of the safety of potassium and potassium oxides, including deactivation by introduction into water, J. Chem. Health & Safety 14 (2007, issue 2) 21-32.
- [8] R. Burkottawa, Potassium explosion, [HYPERLINK „http://www.youtube.com/watch?v=Edo\\_ys9F2BI“](http://www.youtube.com/watch?v=Edo_ys9F2BI) [http://www.youtube.com/watch?v=Edo\\_ys9F2BI](http://www.youtube.com/watch?v=Edo_ys9F2BI), 2007-10-29.
- [9] R. Nesper, Experiments on the Web, <http://www.cci.ethz.ch/de/exlist.html?ismovie=-1&exchap=-1&exlist=1+2+3+4+5+6+128+-1>, 2007-10-29.
- [10] Periodic table live!, [HYPERLINK „http://jce.divched.org/JCESoft/Programs/VideoCD/PTL/index.html“](http://jce.divched.org/JCESoft/Programs/VideoCD/PTL/index.html) <http://jce.divched.org/JCESoft/Programs/VideoCD/PTL/index.html>, Journal of Chemical Education.





# Vom Hebel zum Gedankenimpuls

Paradigmenwechsel in der Maschinenbedienung als Allegorie gesellschaftlicher Veränderungen

Rolf Kickuth (RK), Gaiberg

In dem Film „Metropolis“ von Fritz Lang aus dem Jahre 1927 bedienen starke Männer pausenlos riesige Hebel an monströsen Maschinenmonstern (Abbildung 2). Die Handlung des frühen Science Fiction-Films spielt im Jahr 2026. Die wirkliche Bedienung von Maschinen wird dann ganz anders aussehen. Schon heute gibt es Entwicklungen, Maschinen mit Gedankenimpulsen zu bedienen. Die Entwicklung der Kommunikation mit Maschinen steht beispielhaft für Veränderungen der technischen Welt wie auch des gesellschaftlichen Verhaltens. Ebenso zeigt sie auf, wie sehr man bei dem Versuch, Science Fiction zu betreiben, in eigenen Denkgewohnheiten gefangen bleibt.

Abbildung 1:  
Noch steuern  
Seilzüge  
Signale  
und Weichen  
des  
Bahnhofs  
Sinsheim  
im Kraichgau  
(Foto: RK).

In der Frühphase der Technik schaltete man mit Muskelkraft – wie auch sonst: 1712 baute der englische Hufschmied Thomas Newcomen die erste Dampfmaschine. Sie pumpte Wasser aus Minen in Cornwall im Südwesten Englands. Bis dahin trieben Arbeitspferde die Pumpen an; die Tiere sahen nie das Tageslicht. Um die Leistung von Dampfmaschinen begreifbar zu machen erfand man die Leistungsangabe Pferdestärke, PS. Ein PS entsprach der durchschnittlichen Tages-Dauerleistung eines Arbeitspferdes. Nach DIN-Definition ist das die Leistung, die erbracht werden muss, um einen Körper mit einer Masse von 75 Kilogramm entgegen dem Schwerkraftfeld der Erde mit einer Geschwindigkeit von einem Meter pro Sekunde zu heben. Übrigens ist laut einer EG-Richtlinie von 1979 ab 2010 die Aufführung von PS und allen anderen Nicht-SI-Einheiten in der gesamten EU nicht mehr zulässig.

Zurück zu den Maschinen: Diese Dampfmaschinen – der Engländer James Watt konstruierte 1782 welche mit Drehbewegungen – und die Dampflokotiven

Abbildung 2: In dem Science-Fiction-Film „Metropolis“ schufteten Arbeiter der sozialen Unterschicht an langen Hebeln, mit denen sie die für die Stadt und ihre Oberschicht lebenswichtige „Herz-Maschine“ bedienen. Die von der Alpha-Omega digital GmbH rekonstruierte Fassung der Friedrich-Wilhelm-Murnau-Stiftung ist von der UNESCO zum Weltdokumentenerbe erklärt worden; das Bild ist der Einstieg zu der Site, von der der Film erworben werden kann (Abbildung: [www.kino.com/metropolis](http://www.kino.com/metropolis)).





(ab 1803, erfunden von Watts Landsmann Richard Trevithick) ließe sich über Schieber und Ventile steuern (Abbildung 3), und die wurden natürlich über Hebel mit Muskelkraft betätigt. Hilfsaggregate gab es noch nicht. Erst 1800 baute der Italiener Alessandro Volta die erste Batterie, eine Säule aus Zink- und Kupferplatten, zwischen denen mit Salzlake getränkte Stoffstreifen lagen („Säulenapparat“). 1821 schließlich erfand der englische Wissenschaftler Michael Faraday den Elektromotor. Grundlage der Maschinensteuerung blieben jedoch noch lange Hebel. Hebel erlaubten gemäß des Hebelgesetzes den Menschen, größere Kräfte wirken zu lassen, und sie konnten noch größere Kräfte durch Maschinen entfesseln. In dem Ausdruck „Hebel der Macht“ hat sich bis heute das Gefühl erhalten, das man mit diesem Maschinenelement verband. Bis heute erhalten haben sich auch Seilzüge als Kommunikationsmittel von Hebeln zu Maschinen über längere Entfernungen (Abbildung 1).

Besonders beeindruckend sind etwa die mechanischen Stellwerke bei der Eisenbahn (Abbildung 4). In solch einem Stellwerk wird die Muskelkraft des Bedieners von einem auf einer Hebelbank montierten Stellhebel über die am Hebel befestigte Seilscheibe und eine Drahtzugleitung mit mehreren Führungs- und Umlenkrollen zur jeweiligen Außenanlage, beispielsweise einer Weiche, übertragen. Die Drahtzugleitung kann bis zu ungefähr einem Kilometer lang sein. In Deutschland wurde das erste mechanische Stellwerk, von dem aus Weichen und Signale ferngestellt und zentral gesichert werden konnten, im Jahre 1867 von

Abbildung 4: Beeindruckende Hebeltechnik: Weichen- und Signalhebel im Nordstellwerk des Bahnhofs Sinsheim – noch in Betrieb. Alle Stellwerke im Kraichgau werden am 8. November 2008 durch elektronische Stellwerke mit entsprechender Weichen- und Signalsteuerung ersetzt. 25 Weichenwärter für den Drei-Schichtbetrieb von sieben Stellwerken zwischen Bad Rappenau und Meckesheim bei Heidelberg werden mit einem anderen Arbeitsplatz vorlieb nehmen müssen. (Foto: RK).

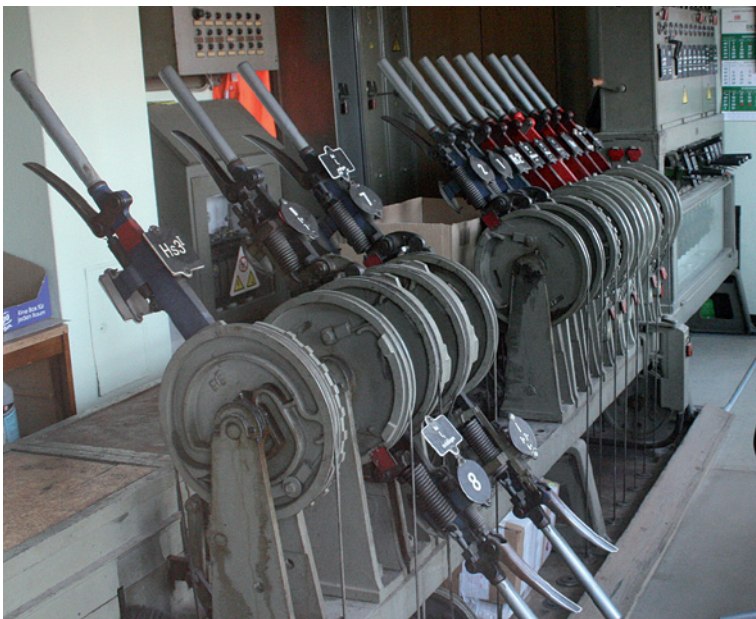


Abbildung 3: Teil des Lokführerstandes einer Henschel Rangierlok von 1946: Mit Schiebern, Hebeln und Ventilen steuerte man das Dampfross (Foto: RK).

der englischen Firma Saxby & Farmer in Stettin in Betrieb genommen. Die Tage solcher Stellwerke sind jedoch gezählt.

## Hebel und Gesellschaft

Die Epoche der Hebeltechnik war gesellschaftlich gekennzeichnet durch eine deutliche Klasseneinteilung, wie ja auch schon in dem Film „Metropolis“ dargestellt wurde. Unten waren die Arbeiter, die zehn, zwölf oder noch mehr Stunden am Tag schufteten, sechs Tage die Woche. Oben die kleine Schicht, die die Produktionssteigerung durch die Maschinen in bis dahin ungekanntem Luxusleben umsetzen konnte. Diese Reichtumsanhäufung führte dann allerdings zu Umwälzungen, die letztendlich bessere Bedingungen für alle brachte, sei es durch Revolte der Arbeiter, sei es durch weitsichtige Unternehmer, die von sich aus etwa Kranken- und Altersversorgung einführten.

## Vom Hebel zum Schalter

Bemerkenswerterweise kam auch die frühe Elektrotechnik nicht ohne Hebel aus. Der Grund dafür: Schalter waren vom Prinzip her einfach konstruiert. Es galt, dicke Kupferbrücken zwischen große Kontakte zu



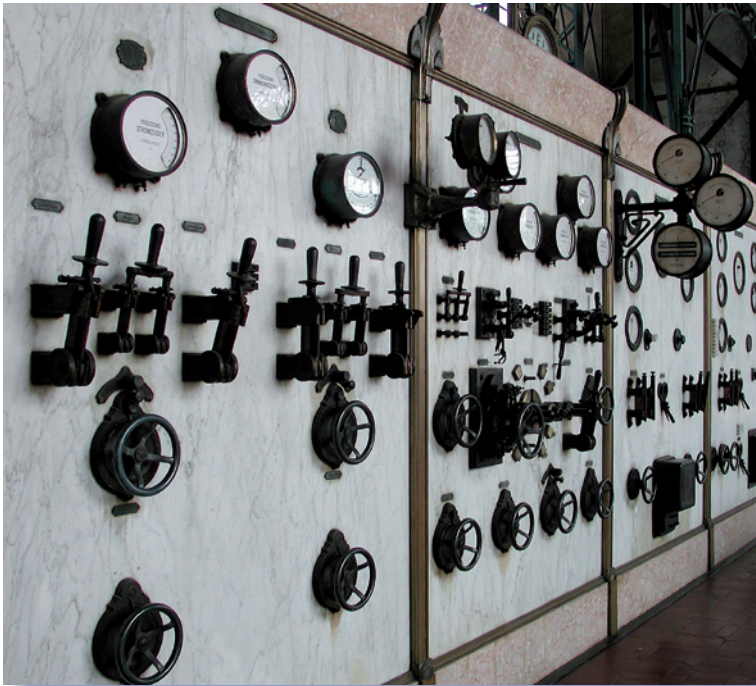
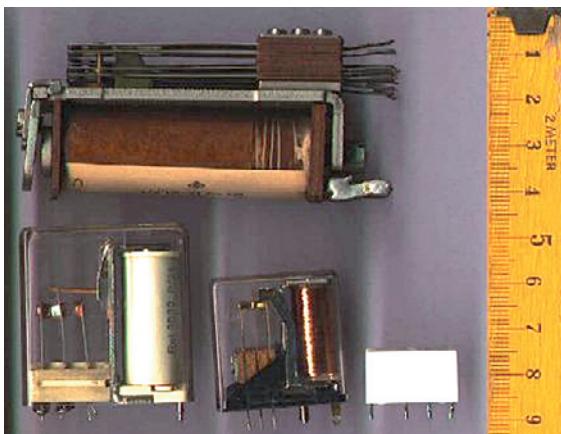


Abbildung 5: Hebel auch in der frühen Elektrotechnik: Die Maschinenhalle der Zeche Zollern in Dortmund wurde 1903 in Betrieb genommen. Auf Zollern wurden erstmals alle wesentlichen Maschinen (Fördermaschinen, Kompressoren) elektrisch betrieben, als auf anderen Zechen noch ohne Elektrizität gearbeitet wurde (Foto: RK).

schalten. Für starke Ströme, die etwa für den Maschinenbetrieb im Bergbau benötigt wurden, gab es zur Jahrhundertwende vom 19. ins 20. Jahrhundert noch keine bessere Lösung (Abbildung 5). Die Maschinen – Kompressoren, Förderturmantrieb etc. – wurden unmittelbar mit diesen Schaltern geschaltet.

Dennoch bot die Elektrotechnik mit ihren Wirkmöglichkeiten auf die Mechanik natürlich erhebliche Fortschritte. Das lässt sich wiederum gut an Stellwerken aufzeigen. Während in einem mechanischen Stellwerk vor allem das Stellen der Weichen körperlich durchaus sehr anstrengend sein kann, braucht der Wärter im elektromechanischen Stellwerk zum Bedienen der Anlagen keine große Körperkraft mehr. Aufgrund dieses Vorteils, verbunden mit einer höheren Betriebs-

Abbildung 6: Beispiele kleiner Relais (Foto: Honina).



sicherheit, wurde bereits im Jahre 1894 das erste elektromechanische Stellwerk in Prerau im damals böhmischen Mähren (jetzt Tschechien) in Betrieb genommen. Bedient wird das elektromechanische Stellwerk mit Drehschaltern, seltener mit kleinen Stellhebeln, die den Stellhebeln des mechanischen Stellwerkes nachempfunden sind. Elektromotoren an Weichen und Signalen werden über diese Schalter gesteuert.

### Relais: Vom Schalter zum Knopf

Die Ablösung von Schaltern zur Maschinenbedienung kündigte sich mit der Entwicklung der Relais-technik an (Abbildung 6). Sie dienten sowohl der Arbeitssicherheit – Starkstrom-Schalttafeln ließen sich so vermeiden wie auch als Schaltverstärker. Mit einem Relais kann man also zum Beispiel den steuernden vom zu schaltenden

Stromkreis galvanisch trennen. Ebenso lassen sich mit einem Relais in einem Steuerstromkreis mehrere Laststromkreise schalten: Und ein Relais erlaubt, mit niedriger Leistung in einem Steuerstromkreis einen Stromkreis hoher Leistung zu steuern. Ein Relais ist praktisch ein Elektromagnet, vor dessen Spulenkern ferromagnetische Anker elektrische Kontakte schließen oder trennen können. Ein Relais arbeitet als Ruhestromrelais, wenn es normalerweise angezogen ist, beispielsweise zur Überwachung von Netzausfall oder Drahtbruch, andernfalls wird es als Arbeitsstromrelais bezeichnet. Ein Relais für erheblich größere Leistungen in der Starkstromtechnik wird Schütz genannt. Die Betätigung von Relais kann über Schalter erfolgen. Aufgrund der Möglichkeit, mit ihnen logische Verknüpfungen aufzubauen und sie auch zum Beispiel mit Zeitschaltern zu verbinden lassen sie sich aber auch per Knopfdruck bedienen. Wer kennt nicht das deutliche Relais-Schalt-Knacken in älteren Treppenhäusern, wenn man auf den Taster zur Treppenhäuserbeleuchtung drückt...

Wiederum bei den Stellwerken lässt sich deutlich der Fortschritt von der Schalter- zur Relais-technik zeigen. Bei Relais-Stellwerken sind die Bedienungselemente Druck- oder Zugtasten, die auf einer ebenen Bedienoberfläche in einer wirklichkeitsähnlichen Darstellung der Gleisanlagen und Signale dort angeordnet sind, wo sich die zu bedienende Einrichtung vor Ort befindet. Das Gleisbild hält Einzug in das Stellwerk; Signale sind nur noch Lichtsignale.

Auch in den elektromechanischen Vermittlungsstellen und Telefonanlagen wurden im vorigen Jahrhundert Relais in großem Umfang eingesetzt. Sie dienten

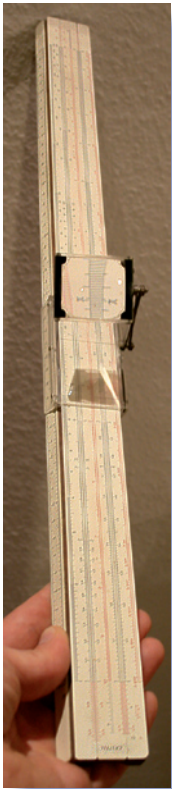


Abbildung 7: Ein 50-cm-Ingenieurs-Rechenschieber kann die Zahl Pi auf 2 Stellen hinter dem Komma anzeigen (Foto: RK).

der logischen Ablaufsteuerung beim Auf- und Abbau der Wählverbindungen. Diese Anwendung zeigt schon deutlich, dass Maschinenbedienungseinrichtungen Kommunikationszwecken dienen.

### Parallelen in der Rechentechnik

Die Entwicklung der Maschinensteuerung hatte eine interessante Parallele bei der Entwicklung von Hilfsmitteln zum Rechnen. Hebel, Schieber und Walzen waren auch die Mittel der Wahl bei den frühen Instrumenten der Informationstechnik. So gehörten zu den täglichen Arbeitsmitteln von Ingenieuren Rechenschieber, um schnelle Überschlagsrechnungen durchführen zu können (Abbildung 7). Um die Genauigkeit zu vergrößern entwickelte man mechanische Rechenmaschinen. Die erste urkundlich erwähnte Rechenmaschine wurde 1623 von Wilhelm Schickard in einem Brief an Johannes Kepler knapp beschrieben. Schickard berichtet, dass er diese Maschine auch realisiert hat. Man vermutet, dass diese Maschine später während eines Brandes seines Hauses verloren gegangen ist.

1645 führte der Franzose Blaise Pascal seine Rechenmaschine „Pascaline“ vor, die mit Zahnrädern und Sperrklinken funktioniert. Pascal fertigte einige dieser Maschinen und versandte sie an europäische Fürstenthümer. Aus diesem Grund existieren heute neben vielen Nachbauten auch noch einige Original-Pascalinen. Die Massenfertigung von mechanischen Rechenmaschinen lief jedoch erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts an. Ein besonders handliches Exemplar war die Curta (Abbildung 8), die dann von elektronischen Rechenmaschinen abgelöst wurde.

Und auch bei dem, was man als Computer bezeichnen kann, spielte die Mechanik mit Hebeln und Wal-



Abbildung 8: Kurbeln und Walzen als Auslaufmodell: Die Curta ist eine mechanische Rechenmaschine. Sie arbeitet mit „doppelten Staffelwalzen“ und ist noch immer die kleinste serienmäßig hergestellte mechanische 4-Rechenarten-Rechenmaschine der Welt. Sie konnte ursprünglich bis zu elfstellige, später fünfzehnstellige Ergebnisse liefern. Sie wurde von dem österreichischen Büromaschinenfabrikanten Curt Herzstark konstruiert (daher der Name). Herzstark beendete die Konstruktionspläne im KZ Buchenwald. Sie war zu ihrer Zeit eine technische Sensation. Produktionsstart war im Oktober 1948 (Foto: Calton).

zen zunächst die 1. Geige: Konrad Zuse baute 1937 die Z1 (Abbildung 9). Es war ein mechanisches Rechenwerk und enthielt schon die meisten Architekturelemente des späteren Modells Z3, war jedoch wegen mechanischer Probleme unzuverlässig. Sie besaß bereits wie heutige Computer eine Kontrolleinheit, Speicher, Mikrobefehle und Fließkommaberechnung. Als Lochkarte diente altes Filmmaterial, in das Löcher gestanzt wurden.

Dann kamen auch bei den Rechner die Relais zum Einsatz, und zwar bei Zuses Z3. Die 1941 gebaute Z3 war der erste funktionsfähige Digitalrechner, der erste programmierbare sowie der erste, der auf dem binären Zahlensystem basierte. Er gilt daher als der erste Computer der Welt (wenngleich die USA lieber ihren ENIAC als solchen bezeichnen; er arbeitete mit Elektronenröhren).

### Auf Knopfdruck Tod

Die „Knopfdrücker-Gesellschaft“, die sich ab Mitte des vergangenen Jahrhunderts herauskristallisierte, unterschied sich erheblich von der „Hebelgesellschaft“ – es lagen ja auch zwei Weltkriege dazwischen. Durch den Einsatz von immer mehr Technik nahm der Anteil körperlicher Arbeit ab. Die Unterschiede zwischen arm und reich hatten sich nivelliert, die Sozialleistungen waren erheblich verbessert worden. Das Hauptelement der Maschinenbedienung war zweifellos der Knopf oder besser Taster und der Schalter. Sehr eindrucksvoll sah man dies in den Cockpits der Flugzeuge,

Abbildung 9: Nachbau der Zuse Z1, eines mechanischen Rechners, im Deutschen Technikmuseum in Berlin. Ein Mangel dieses Rechners war das Verhaken der mechanischen Schaltglieder im Betrieb (Foto: ComputerGeek).







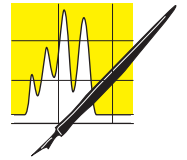
Abbildung 10: Blick in das Cockpit der Überschall-Passagiermaschine Concorde (Erstflug des Prototyps 1969, letzter Flug 2003). Taster und Schalter bestimmen zusammen mit Analoginstrumenten das Bild. Für die Triebwerkssteuerung gab es zwar noch Hebel; die Kommandoübertragung an die Stellglieder erfolgte jedoch elektrisch: Die Concorde war das erste Verkehrsflugzeug mit „Fly-by-wire“-Steuerung. Von Computern und Bildschirmen keine Spur (allerdings hatte die Concorde schon einen Digitalcomputer für Navigationsdaten; Foto: RK).

die übersät mit Tastern und Schaltern waren (Abbildung 10). Allerdings entwickelte sich der Knopf auch zu einer neuen Allegorie: Einer jederzeit möglichen totalen Weltzerstörung. Der passende Ausdruck für die Macht des Knopfes war: „am Drücker sitzen“. Rote Knöpfe spukten in den Köpfen herum, Knöpfe zum Auslösen atomarer Zerstörung. Die Allgegenwart von Tastern machte es den Menschen leicht, machtvolle, beeindruckende Prozesse in Gang zu setzen, sei es das Einschalten ganzer Stadtteil-Beleuchtungen, das Bewegen großer Maschinen, das Starten des Farbfernsehens in Deutschland am 25. August 1967 durch den damaligen Vizekanzler Willy Brand (Abbildung 11).

Auch wenn dieser medienwirksame Druck auf einen großen roten Knopf – der eine Attrappe war – eher zum Schmunzeln anregte, weil die Techniker das Farbsignal bereits schalteten, bevor der Knopf gedrückt war: Oft dachte man eher an Knöpfe in Silos von Atomraketen, deren Bedrohung durch Tod und Zerstörung seit der Kubakrise 1962 den Menschen ins alltägliche Bewusstsein gerückt war. Dieser Knopfdruck-Vision konnte auch die Tatsache, dass in Realität die Auslösung der Raketen durch das Drehen von zwei Schlüsseln, die außerhalb der Reichweite nur einer Person in Schliesselschaltern gedreht werden mussten, nicht schaden. Immerhin hatte die Schreckensvision auch ihr Gutes: Die Menschen in den westlichen Ländern wandten sich immer mehr gegen Gewalt. Auch entstresst durch ein Technikwohlstand-unterstütztes, etwas leichteres Leben ging dieser Trend bis in die Schulen und Familien hinein – war es in den 50er und sogar 60er Jahren noch gesellschaftlich akzeptiert und gang und gäbe, in der Erziehung den Rohrstock zu benutzen (Abbildung 12). Noch 1968 betonte die „Neue Gerichtszeitung“,

Schülern den Hintern zu versohlen sei nach vielen Grundsatz-Urteilen, auch vom Bundesgerichtshof in Karlsruhe, erlaubt. Dennoch hörte es damit bald auf.

Andererseits war die Gesellschaft vollkommen visionsarm hinsichtlich des Aufkeimens digitaler Techniken. Wie sollten auch die Menschen daran denken, wenn sogar IBM-Chef Thomas Watson 1943 gesagt haben soll: „Ich glaube, es gibt einen weltweiten Bedarf an vielleicht fünf Computern.“ Umso mehr entwickelten sich Science Fiction-Phantasien rund um die Analogtechnik: Alles geht auf Knopfdruck, auf analogen Messinstrumenten werden die jeweiligen Betriebszustände gezeigt, Überwachungen gibt es ggf. mit Fernsehkameras.



## AUFSÄTZE

Abbildung 12: „Kommunikation“ mit dem Rohrstock: Eine Anzeige aus dem „Kosmos-Jugendkalender“ von 1963 belegt die gesellschaftliche Akzeptanz dieser Erziehungsmethode noch in den 1960er Jahren (Abbildung: CR-Archiv).

## Kommandozeile statt Knopfdruck

Wenn Chris Wittling von Westinghouse auch mit etlichen Prognosen zum Haus der Zukunft daneben lag (Abbildung 13), so ahnte er andererseits doch bemerkenswerte Entwicklungen, ohne den technischen Aufwand dahinter voll erkennen zu können. Dazu zählte angeforderte Weiterbildung über das Fernsehen

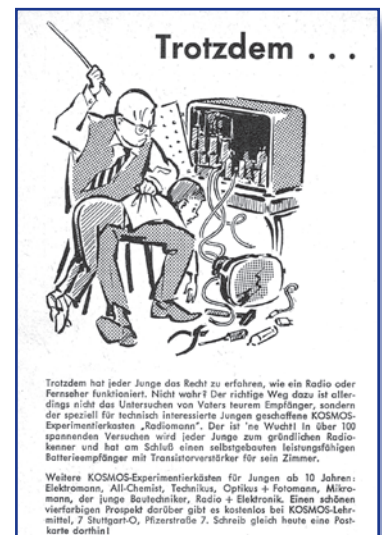


Abbildung 11: Am 25. August 1967 startete Willy Brand auf der Berliner Funkausstellung mit einem Knopfdruck das Farbfernsehen in Deutschland. Das wurde aber schon vorher bunt ... (Foto: Messe Berlin).





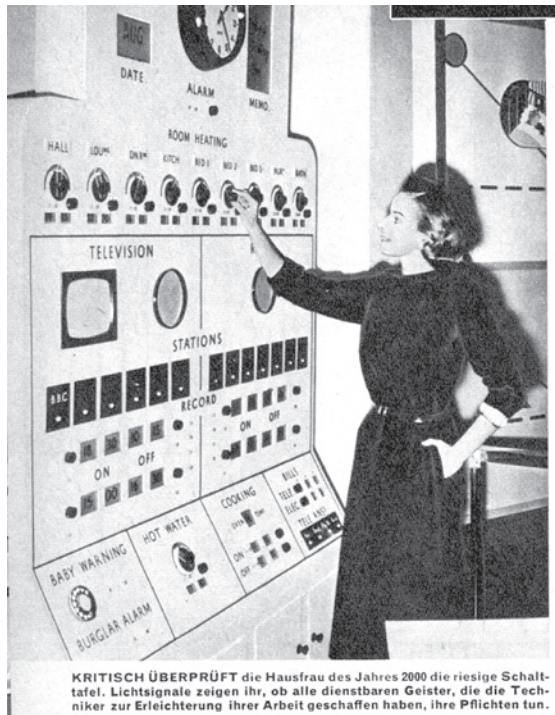


Abbildung 13: Die Hausfrau am knopf- und schalterbesetzten Steuerpult des Hauses, wie man sich es 1961 für das Jahr 2000 vorstellte. Das Bemerkenswerte an dieser Fehleinschätzung, die das Technik-Magazin „Hobby“ beschrieb: Sie fußte auf Angaben von Chris Witting, Leiter der Abteilung Verbrauchsgütererzeugung des US-Elektrokonzerns Westinghouse, der von sich annahm, wissen zu können, was die Zukunft bringt... (Abbildung: CR-Archiv).

Abbildung 15: Evolution am Beispiel der Apple-Maus (v.l.): zunächst ein Klotz vom ersten Macintosh von 1984, dann ein Pult vom Quadra 700 (1991), rundlich vom Power Macintosh 7100 (1994) und ganz kreidförmig vom G3 (1999). Die drei erstgenannten hatten proprietäre Anschlüsse, dann gab es USB-Mäuse. Alle hatten bis dahin als Steuerelement jedoch eine Kugel, die Koordinatenrädchen bewegte. Die folgende Maus setzte dann auf optische Abtastung des Untergrundes (Power Mac G4 Cube, 2000), und die rechte schließlich ist eine „Mighty Mouse“ mit Sensorflächen und einem kleinen Scrollball (iMac Intel Core Duo 2006). Sie sollte das einfache Gefühl der Eintastenbedienung früherer Mäuse mit der Funktionalität der Mehrtastenmäuse verbinden. Die Mäuse gibt es mittlerweile mit Bluetooth-Funktionalität ohne „Schwanz“ (Foto: RK).



Abbildung 14: Der Commodore PET 2001 kam 1978 in deutsche Geschäfte. Ein acht Kilobyte-Programm lud er in zwei Minuten (Foto: Rama).

und eine zentrale Rolle des Telefons im Haushalt, das über einen Bildschirm verfügte. Mit ihm sei man in der Lage, auch Fernsteuerfunktionen im Hause durchzuführen, etwa bezüglich der Heizungsregelung oder der Wohnungsüberwachung. Es dauerte aber noch etliche Jahre, bis sich deutlich abzeichnete, wohin die Technik – und die Maschinenbedienung – gehen sollte.

Ich selbst habe es zuerst auf dem Titelbild einer neuen Zeitschrift gesehen: Die CHIP zeigte im Herbst 1978 ein Ei, dem ein Computer entsprang, der Commodore PET 2001 (Abbildung 14). Wenig später war dieses Gerät in Kaufhäusern wie Quelle zu sehen, Kosten: 2999 Mark. Dafür brachte der Commodore 14 kB ROM für das Betriebssystem mit (incl. dem ersten Programm von Microsoft, der Programmiersprache Basic), 8 kB RAM (also frei adressierbaren Speicher) und einen Prozessor mit einer Taktfrequenz von einem Megahertz. Massenspeicher war ein Cassettenspeicher. Eingebaut waren auch eine einfache Tastatur und ein Bildschirm. Fertige Programme gab es kaum. Man tippte sie von Zeitschriften ab oder nahm akustische Signale des WDR Computerclubs auf, die über das Cassettenspeicherwerk als Programm in den Computer geladen wurden. Immerhin gab es schon ein Schachprogramm für diesen Rechner, ausreichend gut, um Hobby-Spieler zu besiegen. Und er hatte einen einfachen Texteditor, während die dann auch aufkommenden IBM Personal Computer über einfache Kommandozeilen in DOS (Disk Operating System) befehligt wurden. Wer von den älteren Lesern kennt sie nicht, den dir-Befehl etwa zum Anzeigen des Datenträger-Inhaltsverzeichnisses oder das del-Kommando zum Löschen.

### Kommunikation über graphische Darstellung

Eine wirklich komfortable Maschinenbedienung war das nicht, aber zum Laden der ersten Programme



(Word, Multiplan (Excel-Vorläufer), speichern, drucken, löschen) langte es auch für Computer-Laien. Die Revolution bahnte sich dann in den Xerox-Laboratorien in Palo Alto bei Los Angeles an (Xerox PARC). Dort wurde 1973 die Computermaus (Abbildung 15) nebst einer graphischen Benutzeroberfläche (GUI) entwickelt. Bei einer Vorführung war Apple-Gründer Steve Jobs so beeindruckt davon, dass er sich die Rechte zur Weitervermarktung sicherte. Bei PARC hatte man kein Interesse daran, sah sich als reines Forschungszentrum. Apple brachte dann mit der Lisa und den folgenden Macintosh-Rechnern die ersten Hausrechner mit GUI auf den Markt. Und so kommen wir zum wichtigsten Element der Jetztzeit in der Maschinenbedienung, der sich auch Bill Gates trotz seines zunächst erfolgreichen, kommandozeilenorientierten MS-DOS-Betriebssystems nicht entziehen konnte und mit Windows mehr als erfolgreich den Macintosh auf die Plätze „ferner liefen“ verwies: der Computermaus, natürlich in Verbindung mit einer entsprechenden graphischen Benutzeroberfläche.

Solche Benutzeroberflächen sind mittlerweile allgegenwärtig. Sowohl Heimcomputer wie auch solche etwa in der Analytik oder in der Prozessleittechnik großer Chemieanlagen verfügen über derartige GUIs. Sowohl die Betriebssysteme dafür wie auch die Anwendungsprogramme sind vorwiegend objektorientiert programmiert, um modular Erweiterungen anbringen zu können. Anders als bei Heimcomputern ist in der industriellen Anwendung natürlich noch ein besonderer Wert auf Sicherheit in der Bedienung zu legen. Daher wird dieses Bedienkonzept noch einige Zeit Stand der Technik bleiben.

### ...und jetzt einfach zeigen

Im Unterhaltungs- und Kommunikationssektor läutete Apple in diesem Jahr den nächsten Fortschritt in der Maschinenkommunikation ein: Die einfache Gestenerkennung über berührungsempfindliche Bildschirme (Touch screens). Das iPhone wie auch der iPod touch können zum Beispiel Bilder oder auch Webseiten darstellen. Will man Details in ihnen vergrößern – etwa um Text in ein Webseitenfeld einzugeben – führt man mit den Fingern eine Spreizbewegung über den entsprechenden Bildschirmteil aus, und schon vergrößert sich die Ansicht etwa des Textfeldes, eine Tastatur erscheint, man kann Text eingeben (Abbildung 16). Durch das Menü von Musiktiteln scrollt man sich durch Finger-Überstreichen hindurch. Das Gerät erkennt dabei die Streichgeschwindigkeit und scrollt schnell oder langsam.

Nächste Entwicklungen zeichnen sich am Horizont ab. Der Verlag Heise, der die Computerzeitschrift c't herausgibt, meldete am 23. November, der Computerkonzern Apple wolle seine Patentfamilie für Touchscreen-Technik erweitern. Beim US-Patentamt lägen drei neue Anträge für entsprechende Verfahren vor. Offenbar wolle der Hersteller die vom iPhone be-

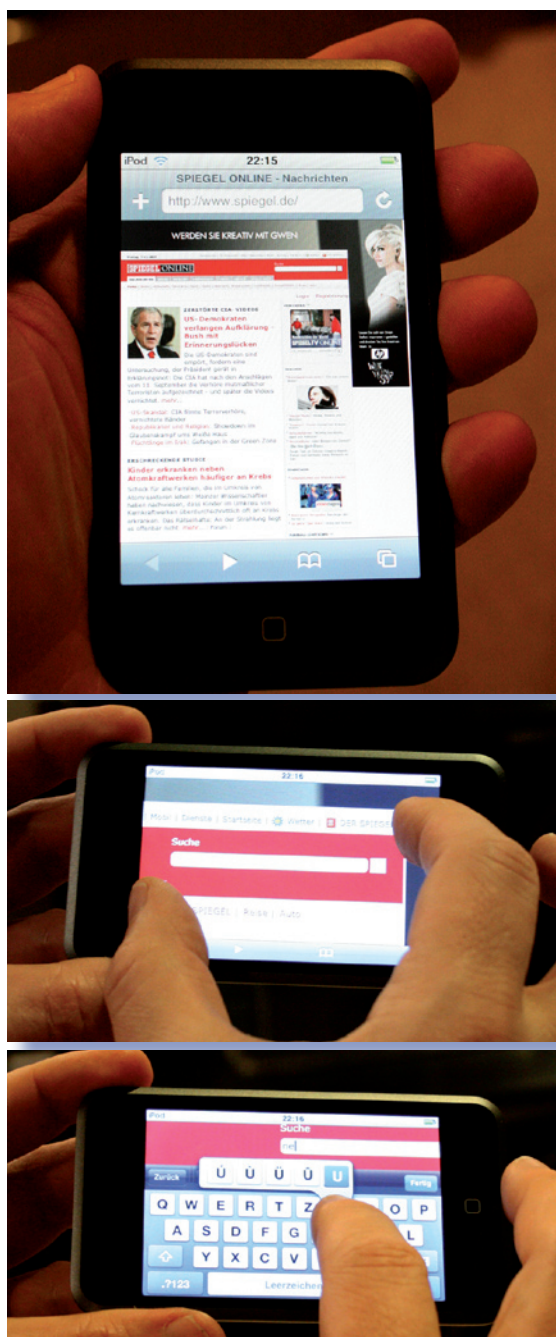


Abbildung 16: Der iPod touch von Apple hat wie das iPhone eine einfache Gestenerkennung. Lässt man sich beispielsweise eine Webseite mit Suchfeld anzeigen, kann man durch Spreizen der Finger über das Suchfeld dieses vergrößern und dann einen Text eingeben (Fotos: RK).

kannte Technik weiter entwickeln und auf größere Geräte ausdehnen. In den beim Patentamt eingereichten Unterlagen beschreibe Apple unter anderem eine Technik, die verschiedene Gesten und Haltungen der Hand erkennen und verarbeiten können soll. Zudem soll das System einzelne Teile der Hand identifizieren können.

Das Verfahren werde als System von Sensoren beschrieben, das gleichzeitig verschiedene Finger und Handballen erfassen und verfolgen kann, während

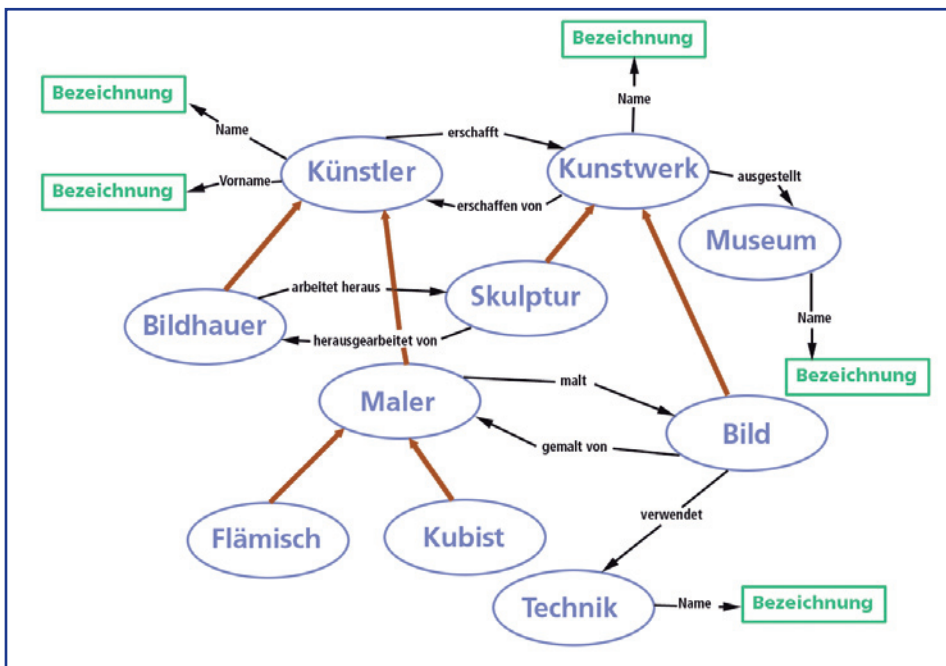


Abbildung 17: Schon 1993 berichteten wir: „HAL grüßt: Computer lesen Lippen“. Damals war jedoch aufwändige, speziell konstruierte Hardware (bzw. eine entsprechend aufwändige Simulation) für diese Leistung nötig (Foto: RK).

sich die Hände einer Multitouch-Oberfläche nähern oder darauf bewegen. Damit sollen unter anderem Schreib-, Wisch- oder Tippbewegungen erkannt und entsprechenden Aktionen zugeordnet werden können. So erkenne das System auch, ob die auf dem Touchscreen liegende Hand einen imaginären Stift hält und werde die Eingaben entsprechend als Handschrift interpretieren. Fingen die Fingerspitzen plötzlich mit typischen Tippbewegungen an, könne das System eine virtuelle Tastatur aktivieren und die Eingabe entsprechend bearbeiten.

Nun ist Gestenerkennung und die Interpretation ähnlicher menschlicher Bewegungen durch Computer nicht unbedingt neu. Die von unserem Verlag produzierte Zeitschrift AXON schrieb schon vor 14 Jahren: „HAL grüßt: Computer lesen Lippen“ (Abbildung 17). Damals bedurfte es jedoch spezieller Algorithmen und aufwändiger Hardware (bzw. deren Simulation), um dies zu erreichen. Heute schaffen das ein Gerätchen, das gerade mal acht Millimeter dick ist und 120 Gramm wiegt! Dennoch stellt sich die Frage, ob Gestenerkennung der Weisheit letzter Schluss

Abbildung 18: Darstellung einer Ontologie am Beispiel Kunst (Grafik: RK nach Fabian Wleklinski/Paco).



in der Maschinenbedienung ist. Die Antwort ist: nur bedingt. Bei Anwendungen im Privat- und Unterhaltungsbereich ist eine intuitive Bedienung sicherlich von Vorteil. Was aber, wenn ein Prozessleitnehmer die Geste eines Ingenieurs, ein Ventil zu schließen, falsch interpretiert und es öffnet?

Ein verwandtes Thema ist die Spracherkennung von Computern. Sie ist über ihre holprigen Fähigkeiten der 90er Jahre weit hinausgewachsen und mittlerweile eine akzeptierte Fähigkeit auch im professionellen Bereich, allerdings in sehr kleinen Marktsegmenten. So gibt es Spezialvokabular-Lexika für entsprechende Programme, mit deren Hilfe beispielsweise Ärzte schnell ihre Befunde diktieren können oder Rechtsanwälte ihre Ausführungen. Etliche Schreibkräfte haben dadurch natürlich ihre Arbeit verloren. Im normalen Berufsalltag jedoch, erst recht in einem Großraumbüro, würde die Spracheingabe in Computer jedoch ein zu einem unerträglichen Geräuschpegel führen. So hat die gute alte Tastatur weiterhin ihre Daseinsberechtigung.

### Maschinen, die uns verstehen

Die Maschinenkommunikation ist bis heute Kommando-orientiert, auch wenn diese über eine GUI eingegeben werden. Nach wie vor versteht uns der Computer nicht. Das soll sich jedoch in nicht allzu ferner Zukunft ändern. Die Rede ist vom Web 3.0, dem semantischen Web, bzw. von Computern, die den Sinn der natürlich-sprachlichen Kommunikation mit ihnen erkennen.

Wenn ich zum Beispiel wissen will, wie sich das Herz eines Formel 1-Fahrzeugs von normalen Autos unterscheidet, gibt es in Suchmaschinen am ehesten Antworten, die „Herzen höher schlagen“ beinhalten, nicht jedoch die Funktionalität eines Formel 1-Motors beschreiben. Ein semantisches Web hätte erkannt, dass in dieser Formulierung mit „Herz“ der Motor des Fahrzeugs gemeint ist. Solch ein semantisches Verständnis hätte natürlich auch große Auswirkungen auf wissenschaftliche Abfragen. Es liegt beispielsweise schon eine riesige Datenmenge vor, die sich auf molekularbiologische Strukturen und Funktionen beziehen. Allerdings sind die Datenbanken, in denen diese Informationen liegen, höchst unterschiedlich gestaltet. Für die Systembiologie wäre es ein großer Gewinn, wenn das durch diese Fakten repräsentierte Wissen verständlich dargestellt werden könnte. Auf solch eine Wissensrepräsentation zielen künftige Systeme für die Kommunikation mit Computern ab.



Das Prinzip dahinter ist relativ einfach: Alle möglichen Objekte, Konzepte oder Werte werden in Listen Subjekte, Prädikate, andere Objekte zugewiesen. Diese beschreiben dann die näheren Eigenschaften; das ganze nennt sich „Resource Description Framework“ (RDF). Komplexe Wissensbeziehungen, die Ontologie (Abbildung 18), extrahiert daraus die Web Ontology Language (OWL; der Buchstabendreher ist gewollt und soll unter anderem über das englische Wort für Eule (owl) Weisheit symbolisieren).

Dass das Ganze noch nicht umfangreich Wirklichkeit ist liegt an dem komplexen Problem der Datenstrukturierung. Schon 1984 startete Doug Lenat „Cyc“ (abgeleitet von encyclopedia). Mittlerweile sind in diesem Projekt Millionen von Begriffen untereinander in Beziehung gebracht worden, etwa dass zu einer Untertasse eine Tasse gehört, fliegende Untertassen jedoch Raumschiffe sind. Das Projekt ist jetzt größtenteils Open Source. Es wird jedoch kritisiert, dass es zu komplex aufgebaut ist: Neueinträge seien schwierig. Zudem sei es schwer skalierbar, weiterhin unvollständig, begrenzt dokumentiert und lückenhaft in seiner Ontologie. Diese Kritik zeigt gleichzeitig die Probleme auf, die sich bei der Erschaffung eines semantischen Webs ergeben. Dazu gibt es jedoch schon Forschungs-Websites, etwa Swoogle (Semantic Web Search; <http://swoogle.umbc.edu/>). Vielleicht ein Hinweis für die strategische Bedeutung, die man dem semantischen Web beimisst, ist die Förderung von Swoogle durch die US-Militärforschungsagentur Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) und die ebenfalls amerikanische National Science Foundation (NSF).

## Steuern mit Gedanken

Mag sein, dass uns die Maschinen bald folgen können, wenn wir in normaler Sprache mit ihnen kommunizieren. Vielleicht ist es in Zukunft aber nicht notwendig,

Abbildung 20: Dr. Bernhard Graimann zeigte in einer Einführung über BCIs einen Science-Fiction-Ausschnitt von 1965 mit dem Hinweis, die heutige Entwicklung sei bereits weiter (Foto: RK).

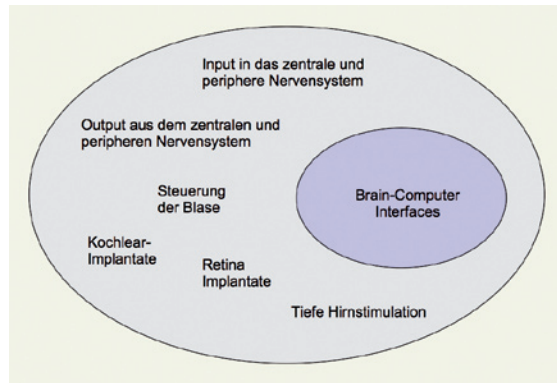


Abbildung 19: Brain-Computer-Interfaces sind eine Teilmenge der Brain-Machine-Interfaces. Zu ihnen zählen Neuroprothesen wie etwa eine künstliche Netzhaut (über Retina-Implantate berichtet auf dem BCI-Symposium Prof. Rolf Eckmiller) oder Innenohr-Implantate (siehe auch CLB 04/2003, Seiten 142 - 144: „Chips im Kopf“). Solche Cochlea-Implantate erhalten in Deutschland jährlich ca. 800 Patienten; weltweit sind es ca. 50 000 Menschen (Grafik: Graimann).

zu gestikulieren oder zu sprechen: Der Gedanke an etwas könnte ausreichen, dass uns die Maschinen verstehen. Erste ganz einfache Entwicklungen von solchen Brain-Computer-Interfaces (BCI) oder erweitert: Brain-Machine-Interfaces (BMI; Abbildung 19) gibt es bereits, auch wenn es für jemanden, der noch nichts darüber erfahren hat, noch wie Science Fiction klingen mag.

Das war es lange Zeit auch, wie Dr. Bernhard Graimann von der Technischen Universität Graz in der von mir organisierten Vortragsreihe „BCI / Neuron-Chip-Verbindungen“ auf der InCom/LifeCom 2007 im März in Düsseldorf erläuterte. Als treffendstes Beispiel zeigte er einen kurzen Ausschnitt aus einer Star Trek-Folge von 1965. Darin steuert ein durch einen Raumanfall vollständig gelähmter Raumschiff-Kommandant alleine durch Gedankenimpulse; mit Menschen kommuniziert er durch einfache Ja/Nein-Antworten, die von Lichtblitzen eines Lämpchens symbolisiert und ebenfalls durch Gedankenimpulse gesteuert werden (Abbildung 20). Wie Graimann erläuterte, ist man heute bereits deutlich weiter in der Entwicklung, so sehr sich diese auch noch am Anfang befindet.

Eine Möglichkeit der gedanklichen Kommunikation zwischen Mensch und Maschine beschreibt Graimann so: Der Proband sieht mehrere mit unterschiedlicher Frequenz blinkende Lichter. Konzentriert er sich auf ein Licht davon, dann erzeugt sein Gehirn eine Schwingung, die dieselbe Frequenz wie dieses Licht aufweist. Wenn man nun diesen Lichtern bestimmte Aktionen zuweist kann man diese durch eine entsprechende Konzentration anstoßen.

Eine andere Möglichkeit ist, sich Bewegungen vorzustellen. Bemerkenswerterweise ähneln die Gehirnaktivitäten von Bewegungen alleine schon den Vorstellungen dieser Bewegungen (Abbildung 21). Muster verschiedener Bewegungen oder deren Vor-



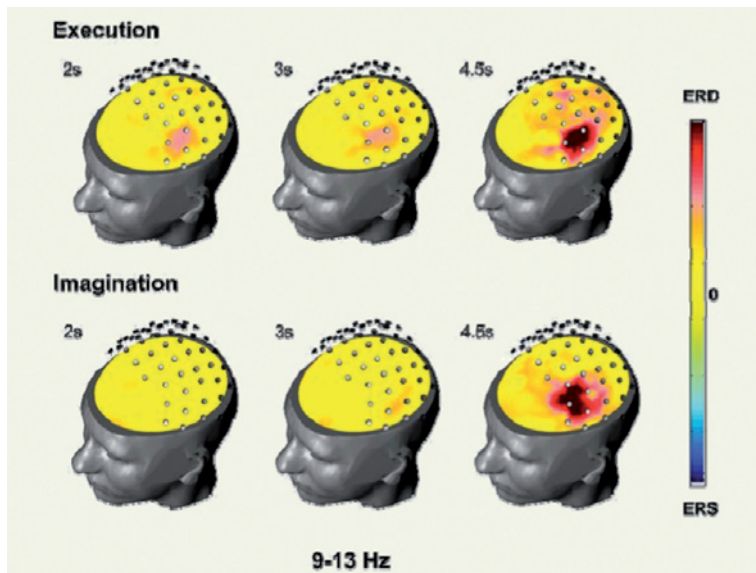
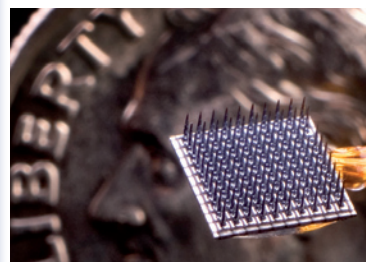
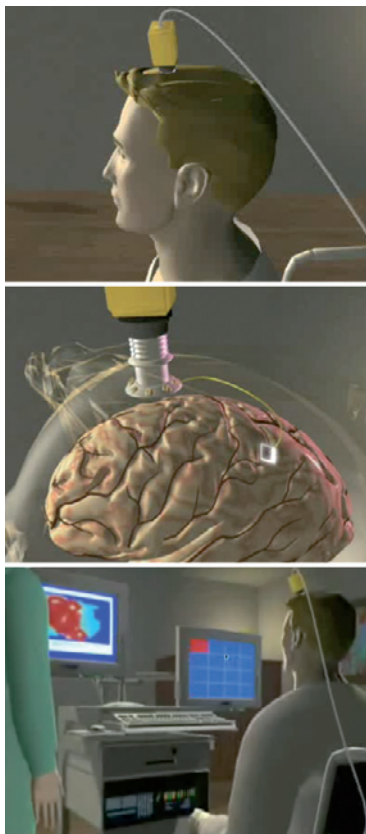


Abbildung 21: Die Durchführung und die Vorstellung von Bewegungen erzeugen ähnliche Signalmuster im Gehirn (Abbildung: Graimann).

stellungen unterscheiden sich sowohl topographisch, d.h. vom Ort ihrer Erfassung über dem Gehirn, wie auch durch das Frequenzband der ausgesendeten Schwingungen. Somit lassen sich Bewegungen gezielt anregen. Das ganze ist jedoch nur durch Training möglich. Einige Menschen erweisen sich dabei als „BCI-blind“: Auch nach langem Training sind sie nicht in der Lage, geeignete Gehirnsignale für eine Steuerung zu erzeugen. Dies ist ein Unterschied zu dem externen Stimulus etwa mit blinkenden Lichtern, die zwangsläufig zu entsprechenden Signalen führen.

Bedauerlicherweise ist die Informationsübertragung durch Gedankenimpulse noch sehr langsam. Laut Graimann betragen die besten Informationstransferraten bis 30 bis 60 Bit pro Minute, die besten Schreibraten bis zu neun Zeichen

Abbildung 22: (Links) Ein Mensch mit einem Elektroden-Array, implantiert im für Motorik zuständigen Bereich des Gehirns (oben am Kopf ein Signalverstärker; man arbeitet bereits an einem voll implantierbaren Chip) kann zum Beispiel den Cursor eines Computers steuern. (Unten) Ein 4 mal 4 Millimeter großes Array mit 100 Elektroden zur Implantation ins Gehirn (Abbildungen: Cybernetics).



pro Minute. Eine durchschnittliche Sekretärin tippt 250 Zeichen pro Minute in den Computer...

Es gibt jedoch Erkrankungen, die zu völliger Lähmung der Betroffenen führen; selbst Augenbewegungen sind dann nicht mehr möglich. In solchen Fällen ist es natürlich von extremer Wichtigkeit, Kommunikation zu den Erkrankten herstellen zu können, und das können diese BCIs möglicherweise leisten. Eine andere Anwendung – man glaubt es kaum – kommt von der Spieleindustrie: Sony, Microsoft und andere arbeiten an Spielen, bei denen zum Beispiel die Wahl von Wegen durch Gedankenimpulse gelenkt werden. In Graz hat man erfolgreich bewegungsbehinderte Menschen darauf trainiert, in virtueller Realität Figuren alleine durch Gedankenimpulse zu bewegen.

Erhebliche Verbesserungen der Signaltransferrate sieht Graimann zum Beispiel in der Implantation von Elektroden ins Gehirn.

In den USA gibt es mittlerweile die Firma Cyberkinetics Neurotechnology Systems, Inc., die für einige Menschen die Erlaubnis hat, diese mit intrakortikalen Ableitungen zu versehen, also Elektroden ins Gehirn einzupflanzen (Abbildung 22). Derzeit sollen laut Graimann drei Personen an entsprechenden Versuchen teilgenommen haben. Der erste Person wurde ein vier mal vier Millimeter kleines Elektrodenarray mit hundert Elektroden ins Gehirn eingepflanzt, dort wo die Handbewegungen gesteuert werden. Die Person lernte nach sehr kurzer Zeit, einen Cursor auf einem Bildschirm exakt zu steuern. Selbst einen Kreis konnte er zeichnen – wenn auch unvollständig. Ein Grund ist wohl die Instabilität der Ableitung der Impulse. Die Empfindlichkeit des Systems nimmt durch Reaktionen des Gewebes auf die Elektroden mit der Zeit auch ab. Andererseits war das Empfangsgebiet der Elektroden wohl zu klein, um die Impulse zur Zeichnung eines Kreises umfassend zu erhalten. Das Problem der abnehmenden Empfindlichkeit von empfangenden Elektroden im Gehirn ist nach Aussagen des Wissenschaftlers trotz etlicher Untersuchungen noch nicht gelöst.

Bemerkenswerte Ergebnisse mit implantierten Elektroden zeigen auch Versuche mit Affen (Abbildung 23). Sie lernen, einen Robotarm wie ihren eigenen allein durch Gedankenimpulse zu bewegen und ihn zum Beispiel zu nutzen, um sich Nahrung zuzuführen. Das Selbst kann wohl – so einer der maßgeblichen Entwickler Prof. Miguel Nicolelis von der Duke University – die Grenzen des biologischen Körpers überwinden. Zu diesen Versuchen gibt es beeindruckende Videos auf <http://www.youtube.com/watch?v=7-cpcoIjbOU>. Ähnliche Videos findet man unter: <http://www.youtube.com/watch?v=TK1WBA9X13c> sowie <http://www.youtube.com/watch?v=BMovwbye7tE>.

### Ins Gehirn senden, Krankheit lindern

Anders sieht die Situation aus, wenn man über implantierte Elektroden Impulse ins Gehirn sendet



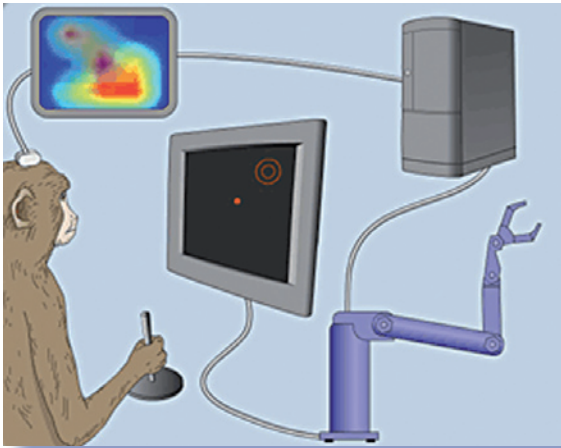


Abbildung 23: Ein typisches Brain-Machine-Interface ist hier dargestellt: Ein Affe bewegt zunächst einen Robotarm mit einem Joystick. Dabei werden über eingepflanzte Elektroden die entsprechenden Gehirnstrommuster ausgewertet. Nach einiger Zeit hat der Affe gemerkt: Er kann den Robotarm alleine durch Gedanken steuern. Das Selbst kann wohl die Grenzen des biologischen Körpers überwinden (Grafik: Miguel Nicolelis/Duke University).

– die an Signalintensität auch deutlich stärker sind. Hier halten die Elektroden relativ verlässlich, und es gibt bemerkenswerte Fortschritte. In der genannten Vortragsreihe berichteten Prof. Alfons Schnitzler, Universität Düsseldorf, sowie Prof. Peter Tass, Forschungszentrum Jülich, dass man Parkinson-Patienten durch Gehirnstimulation mit implantierten Elektroden oftmals erheblich besser therapieren könne als durch eine medikamentöse Behandlung, und sie dokumentierten dies durch eindrucksvolle Videosequenzen (Abbildung 24). Bei der Parkinson-Krankheit entfalten sich in bestimmten Gehirnarealen der Patienten übermäßige synchrone „Feuer-Aktivitäten“ der Neuronen. Eine Behandlung kann nun darin bestehen, das Gehirn über eingepflanzte Elektroden ständig mit einer Frequenz von mehr als 100 Hertz zu stimulieren. Das kann bei etlichen Patienten helfen.

Das Verfahren hat jedoch seine Grenzen. Einerseits spricht ein Teil der Patienten gar nicht darauf an. Bei der Behandlung des typischen Zitterns von Parkinson-Patienten betrifft dies etwa 10 bis 15 Prozent der Fälle. Andererseits kann es sein, dass zwar das Zittern unter der Behandlung aufhört, dafür jedoch Sprechstörungen auftreten. Schließlich kann der therapeutische Effekt überhaupt im Laufe der Zeit nachlassen. Deshalb setzt Tass bei der Stimulation auf Selbstorganisationsvorgänge. Die Grundlagen dazu gehen zurück auf Forschungen von Prof. Hermann Haken, dem Begründer der Synergetik. Er hatte auf dem Symposium zuvor die Theorie der Selbstorganisation von Nervenzellen erläutert.

Tass stellt nun Vorgänge, wie sie in Parkinson-Gehirnen auftreten, in Modellen u.a. unter Nutzung künstlicher neuronaler Netzwerke nach. Dann studiert er die Effekte von elektrischen Stimulationen auf diese Netzwerke. Das Ziel ist, Stimulationen mit ge-

ringer elektrischer Reizung zu finden, die auch nicht dauerhaft angewendet werden müssen und trotzdem wirken. Tass zeigt, dass man über eine örtliche und zeitlich abgestimmte Verteilung von elektrischen Impulsen über 100 Hertz Selbstorganisationsprozesse in den betroffenen Gehirnteilen auslösen kann, die die Überaktivitäten der beteiligten Nervenzellen desynchronisieren, obwohl jeder einzelne Impuls dazu zu schwach wäre. Es wird sozusagen zunächst ein kleines Chaos erzeugt, und danach finden die Neuronen wieder zu einer normalen, neuen Ordnung ohne Überaktivität. Erste klinische Studien verliefen laut Tass erfolgreich, ohne Nebenwirkungen oder Komplikationen. Dabei hätte sich ein lang anhaltender therapeutischer Effekt ergeben.

Abbildung 24: Prof. Alfons Schnitzler erläuterte auf dem Symposium „BCI / Neuron-Chip-Verbindungen“, wie man Netzwerke von Neuronen im Gehirn identifiziert, deren gemeinsame Oszillationen bestimmte Bewegungen beeinflussen. Beispielsweise lässt sich der Zeigefinger, wenn man ihn langsam von einer zum Arm waagerechten in die senkrechte Position (und umgekehrt) bringt, nur mit leichtem Ruckeln bewegen. Dieses Ruckeln hat etwa eine Frequenz von acht Hertz. Schnitzler zeigte, dass dafür ein gekoppeltes Netzwerk von Neuronen in verschiedenen Teilen des Gehirns (siehe Projektion) dafür verantwortlich ist. Diese Neuronen sind im acht Hertz-Rhythmus synchronisiert und geben so über spinale Motorneuronen die entsprechende Zitterbewegung an den Finger weiter. Mit solchen Untersuchungen findet Schnitzler heraus, an welchen Stellen im Gehirn optimal Elektroden implantiert werden sollen, will man krankhaftes Zittern unterdrücken. Den Ausführungen folgten u.a. (kleines Bild links, v.l.) Prof. Rolf Eckmiller, Spezialist für signalverarbeitende künstliche Retinas, Prof. Dieter Weiss (untersucht mit Neuron-Chip-Kopplungen die Wirkung von Arzneimitteln), Prof. Peter Fromherz (fast verdeckt; er erforscht die grundlegenden elektrochemischen Mechanismen von Neuron-Chip-Kopplungen) sowie der Begründer der Synergetik, Prof. Hermann Haken. Er erläuterte das Auftreten von Selbstorganisationsmechanismen bei Nervenzellen. Diese nutzt Prof. Peter Tass (kleines Bild rechts), um nachhaltig und belastungsarm mit implantierten Elektroden zum Beispiel Parkinson-Patienten zu helfen (Fotos: RK).





Abbildung 25: Siamac Fazli, Doktorand am FIRST, kann mit seinen Gedanken über eine nicht-invasive Hirnstromableitung einen Robotarm steuern und damit beispielsweise einen Becher an den Mund heben. Ein Eyetracker verfolgt, wohin der Proband sieht; ein Headtracker ermittelt die Kopfstellung. Die Darstellung auf dem Bildschirm ermöglicht zweidimensional eine Cursorsteuerung und darüber die Bewegungsauswahl für den Robotarm (Foto: RK).

Bei aller Leistungsfähigkeit der Kommunikation von Computern oder Maschinen mit menschlichen Gehirnen über implantierte Elektroden: Jemandem ein Loch in den Schädel zu bohren ist immer mit Risiken behaftet. Eleganter wäre es, man könnte auch von außen mit den Gehirnaktivitäten kommunizieren. Das geht seit langem: Schon 1924 begann Hans Berger an der Universität Jena, eine Methode zur Ableitung von Hirnströmen am Menschen zu entwickeln. Es dauerte jedoch bis in unsere Tage, die Muster der Hirnströme durch die Schädeldecke hindurch so genau zu detektieren und zu klassifizieren, dass sie zur Steuerung von Maschinen verwendet werden können. Auch wenn wie schon erwähnt die Datenrate dieses Informationsabgriffs derzeit mit maximal zehn Bit pro Sekunde sehr gering ist reicht dies doch aus, um beispielsweise einen Robotarm zu steuern. Dies zeigte „Brain2Robot“-Projektleiter Dr. Florin Popescu des Fraunhofer Instituts für Rechnerarchitektur und Softwaretechnik (FIRST) auf der Medica im November in Düsseldorf (Abbildung 25).

Um das System zu starten bestimmt zunächst ein Eyetracker, in welche Richtung sich der Robotarm bewegen soll. Zusätzlich ermittelt ein Headtracker die Stellung des Kopfes. Aus diesen Daten ermittelt ein Rechner die beabsichtigte Bewegungsrichtung. Die eigentliche Bewegung des Robotarms wird dann durch ein Signal des BCI aus der Hirnstrommessung über die externen Elektroden an der Kopfhaube. Zuvor haben effiziente Algorithmen statistischer Verfahren die Signale ausgewertet und „eingedampft“: Nach Aussagen eines FIRST-Mitarbeiters gegenüber der CLB war es eine der schwierigsten Aufgaben, den Merkmalsraum mit über 60 Dimensionen – jede Messwertreihe einer einzelnen

Elektrode erzeugt solch eine Dimension – auf zwei zu reduzieren, die dann als Repräsentation der Hirnaktivität auf einem Bildschirm dargestellt werden. Schon die Vorstellung von Bewegungen reicht aus, um Signale zu erzeugen, die ausgewertet und zur Robotarm-Steuerung verwendet werden können. Die Hauptaufgabe des Verständnisses, der Kommunikation zwischen Mensch und Maschine liegt hier beim Computer. Nicht der Mensch passt seine Gehirnsignale so an, dass der Computer sie versteht, sondern der Computer lernt, die Signale des Menschen, die viele Millionen Nervenzellen aussenden, zu interpretieren. So soll man schon nach etwa einer halben Stunde in der Lage sein, das System zu bedienen. Das System lässt sich auch zu einer „mentalen Schreibmaschine“ ausbauen. „Brain2Robot“ wird mit 1,3 Millionen Euro von der EU gefördert.

### Interaktive Neuroprothese

Einen Schritt weiter bei Brain-Computer-Interfaces geht Prof. Frank Ohl, Magdeburg. Er arbeitet mit implantierten Elektroden. Anders als die bisher beschriebenen gestatten sie jedoch eine Zwei-Wege-Kommunikation: Sie senden ins Gehirn und empfangen aus dem Gehirn; es handelt sich bei dem System um eine interaktive Neuroprothese. Sie verwendet kein starres Stimulationsprogramm für das Nervensystem, sondern reagiert in definiertem Umfang auf spezifische Aktivitäten des Nervensystems. Der Hintergrund: Die vorhin angesprochenen Cochlea- und Retina-Implantate beispielsweise funktionieren nicht, wenn die für die Sinneswahrnehmung zuständigen Hirnregionen geschädigt sind. Die sensorische Gehirnrinde ist eben nicht einfach nur ein passiver Empfänger, sondern sie bewertet eingehende Informationen flexibel.

Ebenso flexibel wie der Cortex müssen dann auch neuronale Interfaces arbeiten, schließt Ohl – und hat erste Erfolge bei Versuchen mit Wüstenrennmäusen. Ähnlich wie Tass zunächst über Simulationen eine Rückkopplung zwischen angewandter Reizung und Reaktion der Neuronen einsetzt, sendet das Ohl'sche Neuroimplantat Impulse ins Gehirn – bei seinen Versuchen in den Hörcortex der Mäuse – und empfängt dann die Impulse der Neuronen, um ggf. verändert darauf zu antworten. Die Tiere lernten so, auf Stimulationen wie auf tatsächlich gehörte Geräusche zu reagieren. Mit derartigen Methoden findet eine Art Reprogrammierung der Nervenzellen statt; Verbindungen werden ab- bzw. neu aufgebaut. Es findet also eine Art „Dialog“ zwischen Neuroprothese und Nervenzellen statt, die zu Veränderungen im Gehirn führen.

### Maschinenbedienung der Gesellschaft?

Die bisherigen Ausführungen assoziieren Gedankenlesen, Überwachung, Steuerung des Menschen. Angemerkt sei auch noch, dass es mit technisch sehr aufwändigen Verfahren, etwa der funktionellen Kernspintomographie (fNMR), ebenfalls gelingt, ins Gehirn



zu blicken und Signale zur Steuerung zu extrahieren. So soll es Forschern schon gelungen sein, Aktivitätsmuster von Handbewegungen im Gehirn mittels fNMR zu erkennen und damit nahezu in Echtzeit eine Robot- hand zu steuern. Forscher aus Pennsylvania sagen, mit fNMR könne man Lügen mit 99-prozentiger Sicherheit identifizieren, denn zum Lügen sei eine verstärkte Gehirn- tätigkeit notwendig, die das fNMR darstelle.

Ebenso angemerkt sei, dass sich nicht nur die Men- schen auf die Maschinen hin bewegen, sondern auch die Maschinen hin zum Menschen. Stichworte sind Pervasive Computing, Ubiquitous Computing, Ambient Intelligence, die Vernetzung aller Dinge. Gemeint damit ist: Mikroprozessoren, Sensoren, Aktoren lassen sich in beinahe jedem Gegenstand finden. Dies verleiht ge- wöhnlichen Dingen eine noch nie dagewesene zusätz- liche Qualität: Diese wissen dann, wo man sich gerade befindet, welche anderen Gegenstände oder Personen in der Nähe sind und was in der Vergangenheit mit ih- nen geschah. Wenn aber Alltagsgegenstände – auch au- tonom – Informationen austauschen, mit dem Internet kommunizieren und sich dem Menschen gegenüber an- gepaßt verhalten, dann führt dies zu einer veränderten Wahrnehmung unserer Umwelt; das stellte bereits 2003 das Schweizer Zentrum für Technologiefolgen-Abschät- zung in einer Studie fest (siehe [http://www.ta-swiss.ch/a/info\\_perv/2003\\_46A\\_KF\\_pervasivecomputing\\_d.pdf](http://www.ta-swiss.ch/a/info_perv/2003_46A_KF_pervasivecomputing_d.pdf)).

Schon jetzt agieren Kinder spielerisch mit allen Kom- munikationsangeboten, die sich ihnen bieten. Chatten, die gleichzeitige Kommunikation mit mehreren Part- nern über das Internet – ist nur eine der beliebten Mög- lichkeiten. Selbst Spielekonsolen lassen sich heutzutage über Bluetooth mit dem Internet verbinden. Da spielt der Sohn oder die Tochter dann eben mit Ihresgleichen aus Japan, Korea... Die Sprache ist egal, es geht eh nur um „Pokemon“ et al. Manchmal hat man den Eindruck, die Maschinen bedienen unsere Kinder.

Gleichermaßen haben sich ja übrigens erzieherische Maßnahmen bewegt – hin zum Fernseh- oder Spie- lekonsolen-Verbot. Womöglich ist es in Zukunft eine Strafe, nicht über ein Gehirn-Computer-Interface mit anderen oder mit Maschinen verbunden zu sein und sich womöglich in virtuellen Welten zu bewegen (siehe auch den Comic auf der folgenden Seite). Die „Mensch- verbesserung“ bekommt so neben den Möglichkeiten durch die Gentechnik ganz neue technische Angebote – und Risiken. Wissenschaftler schätzen bereits, dass sich eine Zwei-Klassen-Gesellschaft herausbilden wird: Solche Menschen, die sich ein BCI leisten können, und solche, die es nicht können (oder wollen) und so in ih- rer geistigen Leistungsfähigkeit erheblich benachteiligt werden würden, wenn die „Dinger“ denn nur richtig funktionieren. Der Physiker Steven Hawking äußerte bereits zur Gentechnik: „Ich habe nicht die Absicht, die gentechnische Veränderung des Menschen als ei- ne erstrebenswerte Entwicklung zu preisen, sondern möchte nur feststellen, dass sie stattfinden wird, ob wir es wollen oder nicht. Deshalb überzeugen mich

Science-fiction-Visionen wie „Star Trek“ nicht, in denen die Menschen in einer vierhundert Jahre entfernten Zukunft praktisch unverändert sind.“ Ich denke, über BCIs und BMIs würde er sich ähnlich äußern, zumal er ja schon darauf angewiesen ist...

Es türmen sich in naher Zukunft gesellschaftlich- ethische Fragen ohne Ende auf, und sie werden so kompliziert sein, dass der Fortschritt einfach an ihnen vorbeizieht, weil er schneller ist. Es gibt ja auch Men- schen, die Entwicklungen aktiv unterstützen, in denen sie eine Verbesserung des Menschen sehen. Die trans- humanistische Erklärung der World Transhumanist As- sociation beispielsweise lautet: „Die Menschheit wird in der Zukunft durch Technologie grundlegend verändert werden. Voraussichtlich werden sich Möglichkeiten eröffnen, die Bedingungen menschlichen Daseins neu zu gestalten und unter anderem die Unvermeidbarkeit des Alterns, die Grenzen menschlichen Verstandes und künstlicher Intelligenz, eine nicht selbstgewählte Psyche, menschliches Leiden und unser Gebundensein an den Planeten Erde zu überwinden.“ Und sie fordert daher: „Diese zukünftigen Entwicklungen und ihre lang- fristigen Auswirkungen sollten systematisch erforscht werden.“ Begründet wird das mit der Auffassung: „Wir vertreten die Ansicht, daß wir bessere Aussichten ha- ben, aus neuen Technologien Nutzen zu ziehen, wenn wir sie begrüßen und ihnen mit Offenheit begegnen, als wenn wir versuchen, sie zu ächten oder zu verbie- ten.“ Konsequenz die Stellung der Transhumanisten: „Wir treten für das Recht derer ein, die technologische Mittel zur Erweiterung ihrer geistigen und körperlichen Fähigkeiten und zur Verbesserung der Kontrolle über ihr eigenes Leben einzusetzen wünschen. Wir streben nach individuellem Wachstum über unsere gegenwärtigen biologischen Grenzen hinaus.“ Dabei sehen sich die Transhumanisten sich durchaus auf dem Boden des Humanismus stehend, wenn auch in erweitertem Sinne: „Der Transhumanismus tritt für das Wohl aller fühlenden Lebewesen ein, seien es künstliche Intelli- genzen, Menschen, Tiere oder mögliche außerirdische Spezies...“ Ich denke, es wäre eine vorschnelle Reakti- on, diese Gedanken als Spinnerei abzutun, auch wenn sie unseren alltäglichen Vorstellungen fern stehen und sich die wissenschaftlich-technischen Fortschritte im Bereich BMI / Neuron-Chip-Kopplungen noch am An- fang befinden. Wie setzte sich doch noch die Tageszei- tung WELT im Jahre 2001 falsche Schranken, als sie am 23. März 2001 bemerkte: „Das Internet wird kein Mas- senmedium, weil es in seiner Seele keines ist.“ **CLB**

#### Der Autor

Rolf Kickuth ist Verleger. Schon während seines Chemiestudiums war er etwa für *FAZ*, *Bild der Wissenschaft* und *Chemische Rund- schau* wissenschaftsjournalistisch tätig. Später gab er die *AXON* für Anwendungen und Methoden der künstlichen Intelligenz heraus. Er war zudem Chefredakteur des *Informatik Spektrum*, der Zeitschrift der Gesellschaft für Informatik.



**AUFsätze**

# CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

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

## Alles Repetito – oder was???

Maren Bulmahn • Rolf Kickuth

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

ISBN 3-9810449-0-8



9 783981 044904

Bulmahn  
Kickuth

Alles Repetito – oder was???

Rubikon

## Alles Repetito – oder was???

fragt der Bachelor die Laborantin



Maren Bulmahn • Rolf Kickuth

## Abo-Bestellcoupon

- JA, ich möchte die CLB abonnieren. Ich erhalte als persönlicher Abonnent die CLB zunächst für ein Jahr (=12 Ausgaben) zum Preis von 98,35 Euro zzgl. Versandkosten (Inland: 13,60 Euro, Ausland: 24,40 Euro). Das Abonnement verlängert sich automatisch um ein weiteres Jahr, wenn es nicht bis acht Wochen vor Ende des Bezugsjahres gekündigt wird.

Datum / 1. Unterschrift

Name / Vorname

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

Straße / Postfach

Land / PLZ / Ort

Datum / 2. Unterschrift

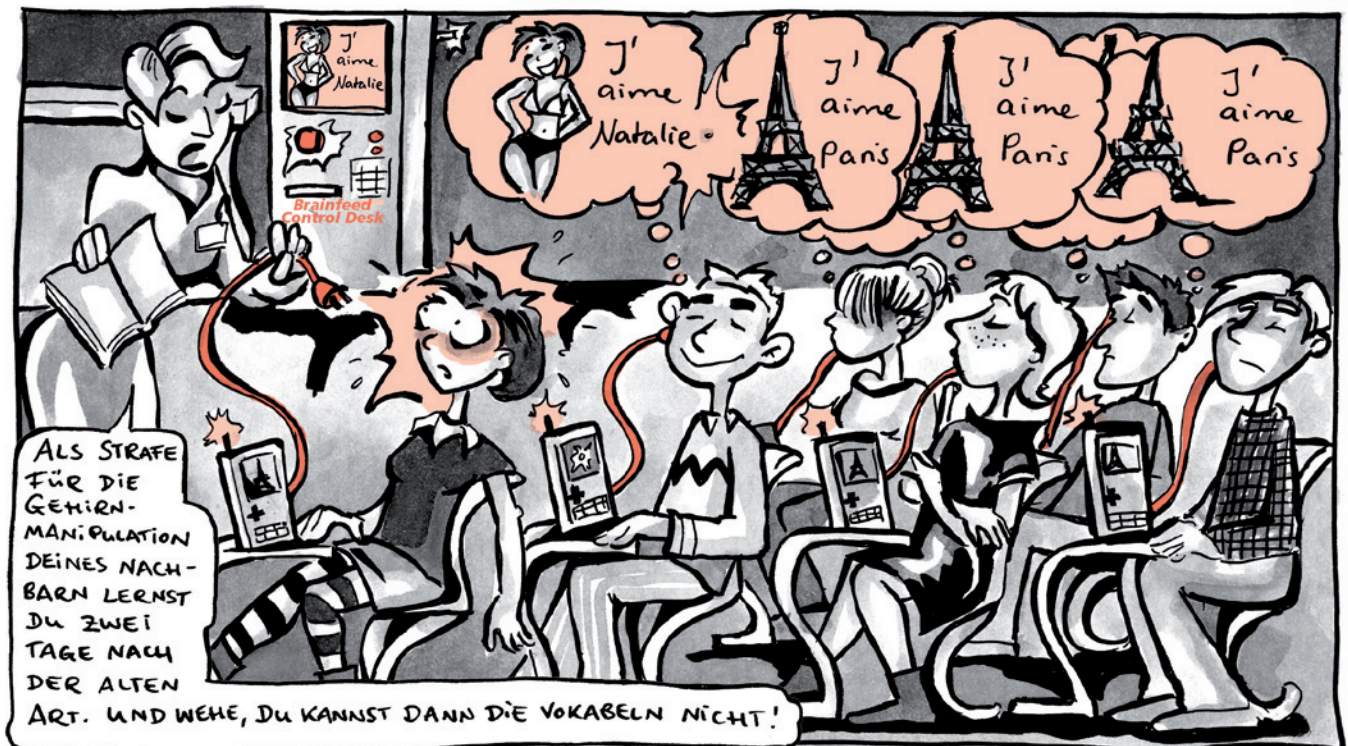
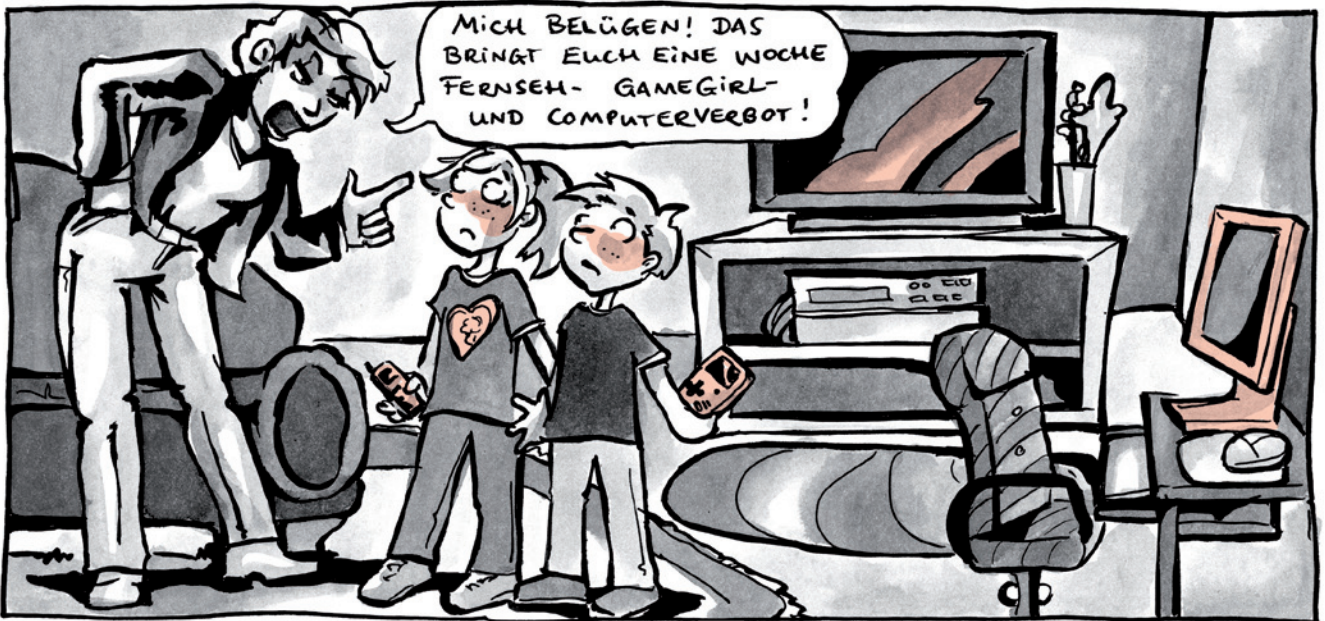
Telefon oder e-Mail

## FAX-Hotline: 06223-9707-41

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

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







Chemie-Innovationen für die Baubranche

## Ambitionierter Neuling

Die BASF ist heute weltweiter Marktführer bei Betonchemikalien. Den großen globalen Herausforderungen bezüglich Klimaveränderung, Energieverknappung und Bevölkerungswachstum begegnet das Unternehmen mit zahlreichen technischen und materiellen Innovationen. Dies stellte Forschungsvorstand Dr. Stefan Marcinowski mit Mitarbeitern und Geschäftspartnern im Oktober in Ludwigshafen zahlreichen in- und ausländischen Journalisten vor.



Foto: Kickuth

Diese Präsentation kam nicht von ungefähr: Genau genommen sind die Ludwigshafener ein Neuling bei Betonzusatzstoffen. Erst die Akquisition des Geschäfts mit Bauchemikalien der Degussa brachte den Konzern in die brancheninterne Pole-Position. Die ehemalige Degussa-Bauchemie macht nun etwa 50 Prozent der BASF-Bauchemie aus.

Degussa ihrerseits kam zu den Bauchemikalien, als die SKW Trostberg dem Düsseldorfer Konzern einverleibt wurde; SKW Trostberg wiederum verstärkte den Bereich 1996 nachhaltig, und zwar durch die Übernahme der Masters Building Technologies (MET) in Zürich. Und diese wiederum bildete zusammen mit der Meynadier den Kern des Bauchemikaliengeschäfts der damaligen Sandoz. Das war zu den Zeiten, in denen Unternehmen möglichst diversifiziert aufgestellt werden mussten. Und mit der Strategiewende in den 90er-Jahren, der Fokussierung, begann auch die Wanderung des MBT/SKW-Trostberg-Geschäfts.

Die Bauindustrie gehört zu den drei größten Abnehmerbranchen der BASF, und hat maßgeblichen Anteil am Bruttoinlandsprodukt (BIP) der wichtigsten Volkswirtschaften der Welt. Beispiel China: Dort trägt ein rasanter Bauboom 18 Prozent zum BIP bei; in Deutschland ist es immerhin die Hälfte dessen. China ist bereits der drittgrößte Baumarkt der Welt. 1980 bewohnte jeder Chinese durchschnittlich nur sieben Quadratmeter. Heute sind es bereits 25 Quadratmeter, Tendenz steigend, denn das Wachstum Chinas hält weiter an. Zum Vergleich: In Deutschland stehen pro Einwohner 40 Quadratmeter Wohnfläche zur Verfügung.

Ein weltweiter Trend ist die zunehmende Verstädterung und die Ausbildung von Megacities. Bereits heute lebt die Hälfte der Weltbevölkerung in Städten. Besonders schnell schreitet diese Entwicklung in Asien und Afrika voran. Damit wächst auch der Rohstoff- und Energiebedarf.



Heute kann mit energieeffizientem Bauen ein wesentlicher Beitrag zu aktivem Klimaschutz geleistet werden: Die postindustrielle Welt hat mit einem Anteil von 15 Prozent an der Weltbevölkerung einen überproportionalen Anteil am Energieverbrauch mit 48 Prozent. Die Schwellenländer stehen zwar an erster Stelle der Bevölkerungsstatistik, nehmen aber mit 43 Prozent am weltweiten Energieverbrauch nur den zweiten Platz ein. Die Entwicklungsländer hingegen sind beim Energieverbrauch unterrepräsentiert.

Abbildung 1 veranschaulicht, wie der Energieverbrauch bis 2030 steigen wird, wenn wir „business as usual“ (BAU) betreiben, also so weiter machen wie bisher. Direkt daneben ein „Combined-Opportunity-Szenario“ (COS). Dabei handelt es sich um ein Szenario, in dem alle Maßnahmen umgesetzt werden, die politisch, gesellschaftlich und technisch realistisch möglich sind. Dieses Szenario zeigt, dass die postindustrielle Welt durch einen Mix sinnvoller Energiesparmaßnahmen ihren Energieverbrauch pro Kopf senken kann, nämlich unter das Niveau von 2004. Absolut gesehen leisten damit diese Länder den größten Beitrag zu mehr Energieeffizienz. In diesem Szenario können die Schwellenländer ihren Energieverbrauch pro Kopf trotz wirtschaftlicher Entwicklung und weiter wachsender Bevölkerung halten.

### Energieszenarien bis 2030

Bauen und Wohnen hat einen bedeutenden Anteil in diesem Szenario, denn global gesehen entfällt heute ein Viertel des gesamten Energiebedarfs auf diesen Bereich, der damit der größte Sektor beim Energieverbrauch ist.

Ändern wir nichts, wird der globale Energiebedarf beim Wohnen bis 2030 um rund 40 Prozent steigen (Abbildung 2). Hier schlägt die Entwicklung der Schwellenländer zu Buche, zum einen deren wachsende Bevölkerung, zum anderen der Einkommensanstieg einer wachsenden Mittelklasse. Wenn

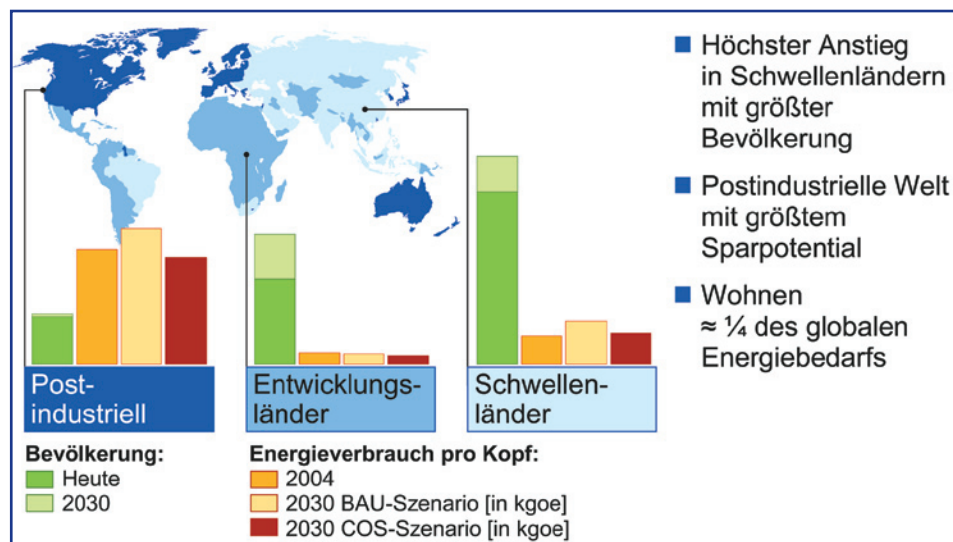
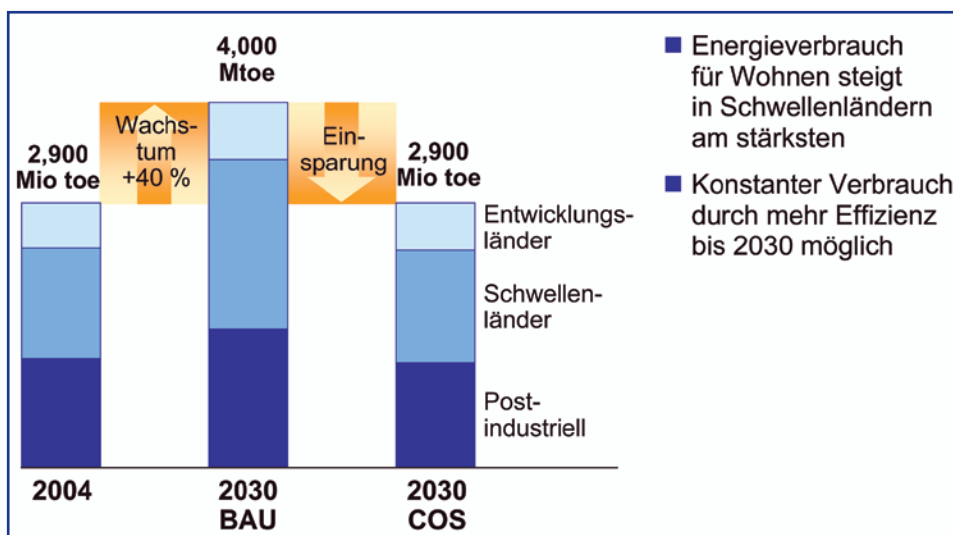


Abbildung 1: Energieverbrauch 2030 unter dem Szenario „Handeln wie bisher“ (Business as usual, BAU) bzw. „Combined Opportunity Szenario“ (COS) in Kilogramm Öl-Äquivalent (Abbildungen wenn nicht anders angegeben:: BASF).

Abbildung 2: Einsparpotential durch Energieeffizienz.



wir dagegen das Wohnen energieeffizienter machen, könnten mit annähernd dem Energieverbrauch von heute bis 2030 weltweit viel mehr Menschen einen höheren Lebensstandard erreichen.

Wo kann man diese Energie am besten einsparen? Dazu muss man wissen, dass 85 Prozent des Energieverbrauchs im Bereich Wohnen während der Nutzungsphase eines Hauses verbraucht werden und nur 15 Prozent in den Baumaterialien und der Bauphase selbst stecken. Verhaltensänderungen wie zum Beispiel die Nutzung von Energiesparlampen oder effizientere Haushaltsgeräten können einen

kleinen Beitrag leisten. Fast 20 Prozent jedoch lassen sich durch Wärmedämmung von Wohn- und Bürogebäuden einsparen. In Deutschland gibt es 24 Millionen unsanierte Altbauten. Zum Heizen verbrauchen sie im Durchschnitt 25 Liter Heizöl pro Quadratmeter und Jahr.

Laut Energieeinsparverordnung muss dieser Wert bei Sanierungsmaßnahmen auf 7 Liter pro Quadratmeter und Jahr gesenkt werden. Damit würden in Deutschland 20 Prozent des Mineralölverbrauchs beziehungsweise Emissionen von 90 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden. Das ist

Wärmedämmung	Klimaschutzziel
<p>24 Millionen Altbauwohnungen</p> <p>25 l Heizöl/m<sup>2</sup> → 7 l/m<sup>2</sup></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Einsparung 90 Millionen t CO<sub>2</sub> jährlich</li> <li>▶ Einsparung 20 % des deutschen Mineralölverbrauchs</li> </ul>	<p>Verpflichtung Deutschland:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Einsparung 258 Millionen t CO<sub>2</sub> jährlich bis 2012*</li> </ul>
<p><b>→ Dämmstoffe sparen über ihre Lebensdauer 50-mal so viel Heizöläquivalente ein wie sie bei ihrer Herstellung verbraucht haben!</b></p>	



Abbildung 3: Dämmung von Altbauten trägt wesentlich zum Klimaschutz bei.

rund ein Drittel der im Rahmen des Kyoto-Protokolls geforderten Einsparungen (Abbildung 3).

Mit dem Einsatz neuer Dämmstoffe hat die BASF ein 3-Liter-Haus konstruiert, Neubauten können sogar mit nur einem Liter auskommen. Die eingesetzten Dämmstoffe sparen über eine Lebensdauer von 40 Jahren mehr als 50 mal so viel Heizöläquivalente ein, wie sie bei der Herstellung verbraucht haben.

Wärmemanagement ist aber mehr als nur Wärmedämmung. Ein Beispiel ist der intelligente Temperaturmanager Micronal: hierbei wird der Phasentransfer von Wachsen zum Ausgleich von Temperaturschwankungen genutzt. Ein anderes Beispiel ist der neue Schaumstoff Isitect, dessen Nanoporen den Zusammenstoß von Gasmolekülen unmöglich machen und damit die Wärmeleitung des Materials reduzieren, und zwar auf bis zu ein Drittel eines herkömmlichen Dämmstoffs. Nach Angaben von Forschungschef Stefan Marciniowski kommt die Isolation dieses Produktes der des Vakuums nahe. Es sei jedoch noch einige Entwicklungsarbeit notwendig, bis es Marktreife erlangt habe.

In der Wertschöpfungskette Bau stehen auf der einen Seite die Produzenten von Materialien. Auf Kundenseite stehen Industrie, öffentliche Hand und privater Wohnungsbau. Letzterer ist mit rund

60 Prozent Anteil an allen Bauinvestitionen der weitaus größte Abnehmer in Deutschland.

#### Innovationshemmer und -treiber

Innovationshemmend wirkt sich zum einen die lange Nutzungsdauer von Immobilien aus, so dass sich neue Lösungen am Bau nur langsam durchsetzen. Hinzu kommt das Investor-Nutzer-Dilemma: Investoren scheuen Zusatzkosten für innovative Baulösungen, wenn sie selbst nicht die unmittelbaren Nutznießer sind. So lassen sich bisher etwa durch Energiesparmaßnahmen wie bessere Dämmung keine höheren Mieteinnahmen erzielen. Dieses Dilemma kommt vor allem bei Renovierungen zum Tragen, die immerhin rund 50 Prozent der deutschen Bauinvestitionen ausmachen. Hier gehen die eingeleiteten Maßnahmen zu mehr Transparenz am Wohnungsmarkt wie der Energiepass noch nicht weit genug. Zuschüsse zu energetisch bedingten Investitionskosten und eine Berücksichtigung der wärmetechnischen Beschaffenheit einer Wohnung in Mietspiegeln wären dringend notwendige Schritte in die richtige Richtung. Weiterhin hat die deutsche Baubranche einen deutlich handwerklichen Charakter. In rund 75 000 Betrieben sind etwa 750 000 Mitarbeiter beschäftigt. Das bedeutet: Neue Ideen müssen

in sehr viele einzelne Betriebe getragen werden, um sich durchzusetzen. Und schließlich: Die sehr verschulerten Studiengänge für Bauingenieure und Architekten bremsen Innovationsgeist eher aus als ihn zu beflügeln. Die Curricula sind meist nicht flexibel genug, um neueste Trends beim Bauen rasch zu integrieren.

Auf der anderen Seite stehen die Innovationstreiber in der Bauindustrie: Da sind zunächst äußere Faktoren, die weltweit Einfluss ausüben. Dazu gehören schwindende Ressourcen für die stoffliche und energetische Nutzung. Ein weiterer Faktor ist die Wiederverwertung von Baurohstoffen. Beton, Stahl und eine Vielzahl weiterer Baukomponenten müssen bei Abriss der Zweitverwertung zugeführt werden. Wiederverwertbarkeit ist daher ein wichtiges Kriterium, das die Wahl innovativer Materialien begünstigt. Auch Sicherheitsvorgaben können als Innovationstreiber wirken. So werden die Anforderungen im Brandschutz immer höher, was wiederum zu neuen Lösungen führt.

Zu den eher brancheninternen Innovationstreibern gehört der zunehmende Kostendruck. Die Notwendigkeit, Kosten einzusparen, verstärkt den Trend zu Vorfabrikation und Heimwerkerlösungen. Auch hier sind deshalb immer neue Produkte gefragt. Nicht zuletzt sind es aber auch ganz individuelle Ansprüche, die Innovationen vorantreiben. Der Wunsch nach Differenzierung durch außergewöhnliches Design zum Beispiel bringt neue Verfahren und Materialien hervor, die sich dann oft auch in der breiten Anwendung durchsetzen.

Derzeit entsteht in Dubai der weltweit höchste Turm (Abbildung 4). Veranschlagt sind 808 Meter, mehrfach wurde die Turmspitze nach oben verschoben. Trotzdem wollen sich die Bauherren noch eine Reserve nach oben offen halten, um im Falle eines Höhenkonkurrenten weiter aufstocken zu können. Der Burj Dubai Tower, so der Name, strebt derzeit einer Höhe von 600 Metern entgegen; dort



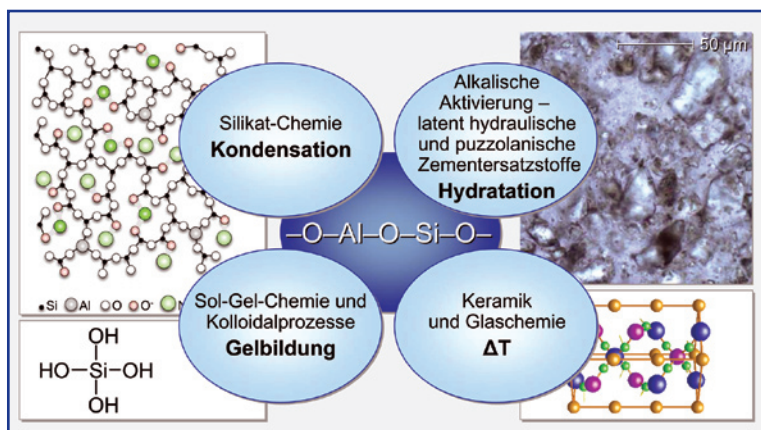


Abbildung 5: Materialwissenschaftliche Ansätze für Betonzusatzmittel.

hinauf werden täglich Dutzende von Kubikmetern Beton gepumpt, bei glühender Hitze wie sie im Mittleren Osten üblich ist. Ein Analyselabor und Chemiker direkt bei der Betonmischung überprüfen ständig die Betonqualität.

Das Prestigeobjekt des Emirats ist gleichzeitig das Prestigeobjekt der BASF: Ohne chemische Zusatzmittel wäre diese Art von Bauweise kaum realisierbar. Das Ludwigshafener Unternehmen liefert mehr als 1000 Tonnen Polycarboxylat-Fließmittel und ist exklusiver Lieferant.

### Gute Umsätze mit Zusatzmitteln für Beton

Die Bauchemikalien brachten der BASF im vergangenen Jahr einen Umsatz von 2,1 Milliarden Euro ein. Das Gros steuerten die Fließmittel mit 42 Prozent bei. Diese werden üblicherweise flüssigen Gesamtsystemen, den Admixture Systems, beigegeben, die aus mehreren Komponenten bestehen und die an den Betonhersteller verkauft werden. Diese Gesamtsysteme (inklusive Fließmittel) machen 49 Prozent des Umsatzes der BASF Bauchemikalien aus; 51 Prozent gehen auf das Konto von Komponenten und Systemen. Darunter fallen beispielsweise auch Betonspritzgeräte und -einrichtungen für den Untertagebau aus dem Erbe der MBT.

Bei Betonadditiven ist die BASF weltweit jetzt die Nummer 1, gefolgt von der schweizerischen SIKA, der US-Gruppe W.R. Grace,

der italienischen Mapei sowie dem türkischen Hersteller Chryso.

Zusatzmittel sind heute aus der Mehrzahl der Betonanwendungen nicht mehr wegzudenken. Dabei kommt nach wie vor den Fließmitteln die mit Abstand größte Bedeutung zu. In den vergangenen Jahren wurden zahlreiche Produkte überwiegend auf Polycarboxylatetherbasis für Anwendungen, sowohl im Transportbetonbereich als auch für Betonfertigteile entwickelt.

Moderne Betonkonzepte wie zum Beispiel leichtverdichtbarer Beton (LVB), selbstverdichtender Beton (SVB) oder Beton mit verbesserter Ökobilanz sind ohne die Verwendung von Zusatzmitteln nicht zu realisieren. Die gezielte Kombination von Fließmitteln und maßgeschneiderten Rheologiemodifizierern eröffnet Betonherstellern neue Möglichkeiten.

### Zementfreie Bindemittel – Alumosilikat-Chemie

Die zementären Bindemittel sind mit Abstand die dominierende Bindemittelart innerhalb der bauchemischen Anwendungsformen und Produktgruppen. Neben den zementären Baustoffen finden nicht-zementäre Grundstoffe Anwendung in Gips- und Kalk-Putzen oder Anhydrit-Fließestrichen.

Die Gruppe der Alumosilikate stellt einen Sonderbereich in der Bindemittellandschaft dar. Materialwissenschaftlich betrachtet handelt es sich um alkalisch aktivierte Alumosilikatbindemittel. Hauptbestandteile sind  $\text{SiO}_2$ - und  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -

Quellen wie Schlacken, Aschen oder aktivierte Tone und eine alkalische Aktivierungskomponente, wie zum Beispiel Alkalisilikat oder Alkalihydroxidlösungen.

Bei der Diskussion der Bindemittelchemie und der Synthesewege müssen Themen der Glaschemie, der Keramik, Sol-Gel-Prozesse und der klassischen Hydratation (Abbildung 5) einbezogen werden. Die

Abbildung 4: Der Burj Dubai (das Foto stammt vom 2. Dezember) ist seit Juli 2007 das höchste Gebäude und seit September 2007 das höchste nicht abgespannte Bauwerk der Welt. Er besitzt so viele Stockwerke wie weltweit kein anderes Bauwerk und auch das letzte nutzbare Stockwerk ist das höchste der Welt; es soll mehr als 800 Meter Höhe erreichen. Absolut notwendig für dieses Ziel ist die Verwendung von Hochleistungsbeton (Foto: Imre Solt).



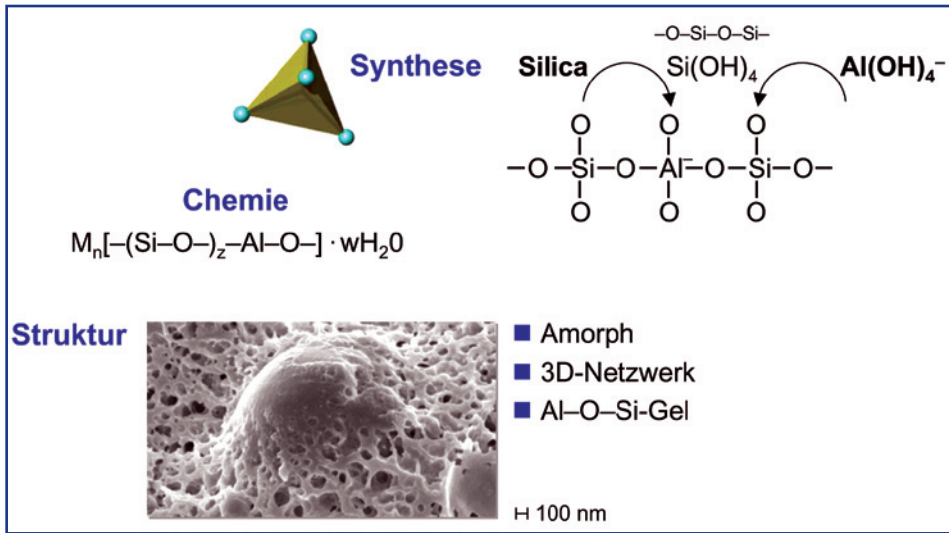
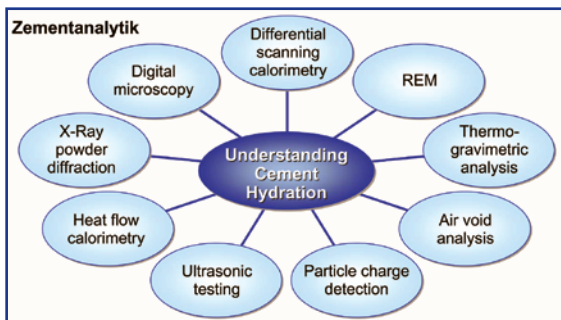


Abbildung 6: Betonzusatzstoffe können ein heterogenes Mehrphasensystem sein. Teilweise sind sie mit glas- und keramikartigen Materialien verwandt.

Überschneidung mit den benachbarten Substanzklassen beschreibt gleichzeitig auch einen interessanten Aspekt der Alumosilikatchemie, den Syntheseweg über kleine (monomere und oligomere) Baueinheiten in Verbindung mit Precursor-Strukturen über polymerisationsähnliche Verknüpfungen zu dreidimensional vernetzten, amorphen Strukturen, die eher mit den Glas- und Keramikstrukturen verwandt sind (Abbildung 6). In Verbindung mit der Möglichkeit, über Änderungen der Edukte und beim Syntheseprozess gezielt die Materialeigenschaften einzustellen, ergeben sich breite Variationsmöglichkeiten der technischen Eigenschaften. .

Bisher sind Alumosilikate als Bindemittel auf wenige technische Anwendungen beschränkt. Durch die hohe mechanische, chemische oder thermische Beständigkeit, können die Anwendungsbereiche anorganischer Bindemittel in Zukunft erweitert werden. Erste Studien zeigen deutliche Vorteile im Bereich der Rohstoffbewertung.

Abbildung 7: Analytische Methoden in der Zemententwicklung und -herstellung.



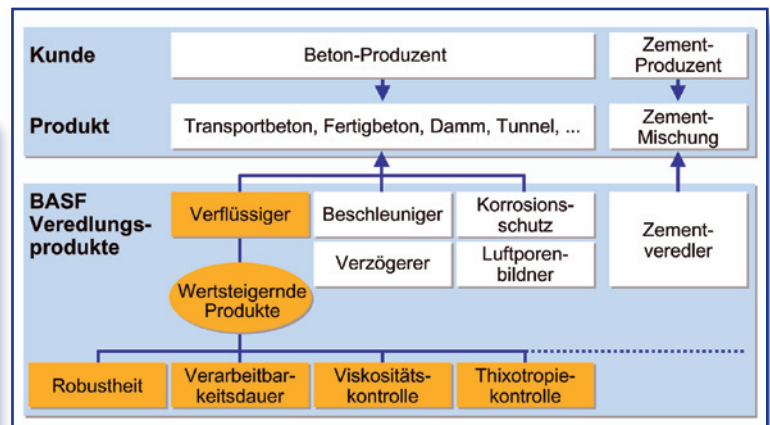
Im Vergleich zu zementären Bindemitteln heißt das, dass der Einsatz von Sekundärrohstoffen zu einem geringeren Energiebedarf und weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Herstellung führt.

### Analytik von Trockenmörteln

Trockenmörtel sind Bauprodukte, deren Formgebung an der Baustelle erfolgt. Die Gruppe der zementären Trockenmörtel umfasst Estriche, Ausgleichsmassen, zementäre Böden, Fliesenkleber und Fugenmörtel. Seit mehr als 100 Jahren ist die Zementhydratation Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. Eine vollständige Beschreibung der kinetischen Phänomene steht bis heute aus.

In den letzten zehn Jahren wurden interessante analytische Methoden entwickelt und verfeinert, mit denen eine direkte Beobach-

Abbildung 8: Beton- und Zementzusatzstoffe, die auch in Asien in großem Maßstab eingesetzt werden.



tung der Zementhydratation im kleinsten Volumen- und Strukturelement möglich ist (Abbildung 7). Heute wird mit Rasterelektronenmikroskopie, kalorimetrischen Wärmeflussuntersuchungen oder der digitalen Mikroskopie die Struktur-Wirkungsbeziehungen bei der Zementhydratation studiert.

### Direkt an den Endkunden

Fürs Fliesenverlegen verwendete man früher einen dicken Mörtelauftrag. Heute leisten 15 Kilogramm Mörtel jedoch das, wofür man früher 25 Kilogramm benötigte. Man hat es geschafft, widersprüchliche Ansprüche an ein Material zu befriedigen: Einerseits soll der Mörtel lange verarbeitbar sein, andererseits schnell erhitzen. Die Fliesen sollen ja nicht von der Wand fallen...

Um in den Markt für Fliesenkleber einzutreten hatte die BASF im vergangenen Jahr die PCI Augsburg GmbH integriert. Die Ludwigs-hafener gehen mit dieser Produktgruppe auch beim Marketing neue Wege: Erstmals wendet sich das Unternehmen mit Produkten direkt an Endkunden. Man betreibt einen enormen Marketingaufwand beim Baustofffachhandel, besucht auch Fliesenleger. Die Lagerhaltung wird dabei mit einem SAP-System kontrolliert. Wird eins der oben genannten Produkte um 16 Uhr bestellt, ist es am kommenden Tag um acht Uhr auf der Baustelle.



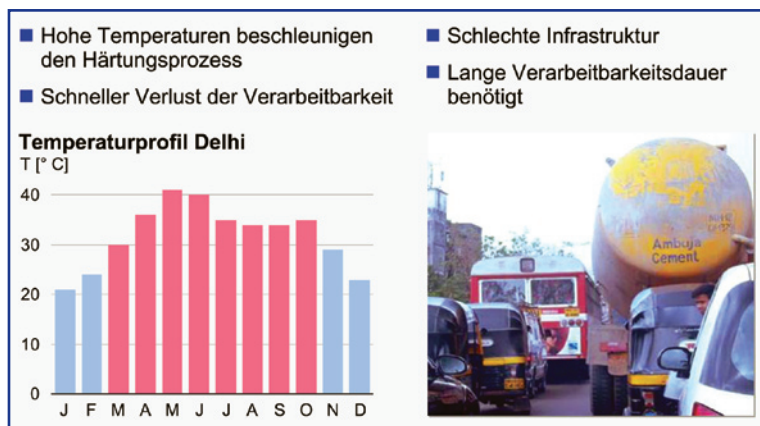


Abbildung 9: Herausforderungen für die Betonzusatzmittelindustrie in Indien.

Beispiele für bauchemische Produkte der neuesten Generation sind PCI Nanolight (Fliesenkleber), PCI Nanofug (Fugenmörtel) und PCI Nanosilent (Entkopplungssystem). Seit dem 22. Oktober läuft jetzt auch eine PCI-Anlage in der südchinesischen Stadt Foshan, Zentrum für Keramikproduktion. Der Hintergrund: 2006 wurden in China zwei Milliarden Quadratmeter lokal hergestellter Fliesen verbaut; an dem Markt will man teilhaben.

### Polycarboxylate

Asien und der pazifische Raum stellen den weltweit größten Markt der Bauindustrie dar. So werden etwa 65 Prozent der weltweiten Zementproduktion (2006: 2,6 Milliarden Jahrestonnen) in dieser Region hergestellt, allein in China sind es 44 Prozent der Weltproduktion. Weitere große Märkte sind Indien (5 Prozent) und Japan (2 Prozent). Gleichzeitig steht die Bauindustrie der Region vor vielfältigen Herausforderungen, wie zum Beispiel stark fluktuierenden Zementqualitäten, besonderen klimatischen Bedingungen und außergewöhnlich anspruchsvollen Bauprojekten.

Seit Jahrhunderten finden chemische Additive in Asien Verwendung (zum Beispiel beim Bau der Chinesischen Mauer in der Ming Dynastie), um die Eigenschaften zementöser Systeme und der daraus erschaffenen Bauwerke zu verbessern. Erst seit neuerer Zeit jedoch ermöglichen Polycarboxylatether

(PCE)-Additive, die Betoneigenschaften auf einem vormals unerreichten Niveau zu kontrollieren. In den 1980er Jahren von einer BASF Tochtergesellschaft in Japan eingeführt, wird die sich beständig fortentwickelnde PCE-Technologie heute in allen relevanten Märkten in Asien eingesetzt (Abbildung 8).

### Nanotechnische Betrachtung

Wichtig für die Analytik der Polycarboxylate ist die Röntgendiffraktometrie. Die Größe der Polycarboxylat-Moleküle beträgt typischerweise zwischen 10 und 20 Nanometer; das ist um den Faktor drei kleiner als die Größe von Zementteilchen. Die Polycarboxylat-Technologie wurde ursprünglich entwickelt, um die Verarbeitbarkeit des Frischbetons auch bei sehr geringer Wasserzugabe zu erhöhen. Geringe Wasseranteile im Beton führen zu erhöhter Festigkeit, eine wesentliche Eigenschaft in einem von Erdbeben bedrohten Land. Das PCE-Konzept wurde schrittweise zu einer ganzen Serie von Betonadditiven weiterentwickelt. Diese Evolution war aufgrund der strukturellen Eigenschaften der PCE möglich: Die Polymere setzen sich aus Acrylsäurederivaten und Polyethylenoxid-Einheiten zusammen. Besonders die große Bandbreite von verfügbaren Acrylatderivaten ermöglicht den Zugang zu unterschiedlichen Monomerkombinationen mit unterschiedlicher Wirkung im Beton.

Erschwerend für die Entwickler kommt hinzu, dass die Polycar-

boxylat-Strukturtypen auch auf die Art des Zements und der Zuschlagstoffe abgestimmt werden müssen. Anders herum: ein Heidelberger Zement reagiert nicht gleich auf eine gegebene Polycarboxylat-Formulierung wie einer von Dyckerhoff. Üblicherweise entwickelt der Ludwigshafener Konzern die Betonzusätze zusammen mit Generalplanern anhand von Leistungsvorgaben. Die austarierten Admixtures werden dann von den lokalen Betonherstellern eingesetzt. Derzeit produziert BASF an fünf Standorten rund 20 verschiedene Polymere, die ihrerseits zur Herstellung von gut 400 Kundenformulierungen eingesetzt werden.

Auch in Zukunft soll sich der Trend zu Polycarboxylaten fortsetzen. Ein kleiner Hinweis am Rande: Bei der heutzutage gerne genannten Nanotechnik hört man oft von großen Mengen nanotechnischer Produkte, die produziert werden. Denkt man an den Markt für Betonzusatzmittel weiß man warum...

### Spezielle Beispiele

Bei Quadratmeterpreisen von bis zu 160 000 Euro in einigen Bezirken Tokios versuchen Architekten, die nutzbare Fläche von Gebäuden zu maximieren, Durchmesser von Betonträgern zu verkleinern und die überspannte Fläche zu vergrößern, um größere Innenräume zu schaffen. Solche Gebäude benötigen eine sehr hohe Betonfestigkeit. Im Jahr 2006 wurde im Brillia-Tower in Tokio ein Beton mit einer Rekord-Festigkeit von 150 Megapascal eingesetzt. Außer einem sehr niedrigen Wasseranteil wurden folgende Herausforderungen des ultrahochfesten Betons durch ein speziell abgestimmtes PCE-Additiv überwunden:

- Die Viskosität wurde für eine bessere Pumpbarkeit verringert.
- Die Thixotropie des Betons wurde herabgesetzt.
- Die Mischzeit des Betons wurde verringert, um den Durchsatz beim Betonproduzenten zu erhöhen.

Thixotropie ist die Bezeichnung für die sehr verbreitete Erschei-

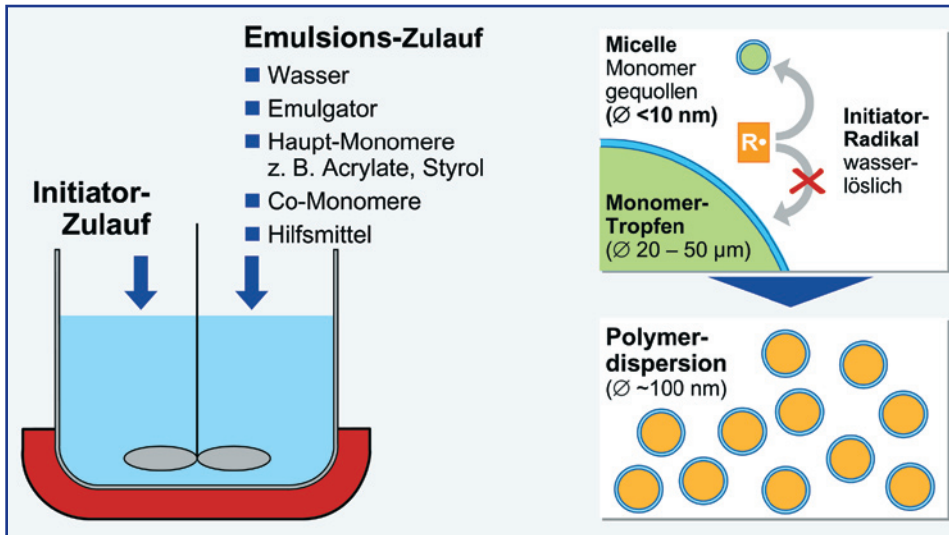


Abbildung 10: Polymerdispersionen werden mit dem Prozess der Emulsionspolymerisation hergestellt.

nung, dass Pasten (hier: Zementleim) sich bei Einwirkung von mechanischen Kräften, zum Beispiel beim Schütteln, Rühren oder Kneten, verflüssigen, nach Beendigung der mechanischen Beanspruchung aber wieder verfestigen.

In weiten Teilen Indiens herrschen ganzjährig hohe Temperaturen, die zu einer beschleunigten Erhärtung des Betons führen. Der Transport von Fertigbeton vom Produzenten zur Baustelle wird zusätzlich durch die in allen größeren Städten schwierige Verkehrssituation verzögert (Abbildung 9). Folglich kann der Produzent den Fertigbeton nicht immer in der erwarteten Qualität liefern. Eine neue Gruppe von PCE-basierten Additiven ist nun in der Lage, auch diese schwierigen Bedingungen zu meistern. Die Super Retention Technology (sureTEC) ermöglicht

konstante und kontrollierbare Verarbeitbarkeit auch über Transportzeiten von zwei Stunden und länger, ohne jedoch die Festigkeitsentwicklung des Betons zu beeinflussen. Dies ist wichtig, um die Abläufe auf der Baustelle nicht durch ein verzögertes Abbinden des Betons zu behindern.

Die chinesische Zementindustrie ist stark fragmentiert. Über 5000 Zementfabriken produzieren Zemente unterschiedlicher Qualität. Betonproduzenten müssen mit fluktuierender Zementgüte zurechtkommen, eine Herausforderung, die durch Additive bewältigt werden kann. So werden zum Beispiel allein für den laufenden Ausbau des Hochgeschwindigkeitsnetzes der chinesischen Eisenbahn bis zum Jahr 2020 über 400 Millionen Kubikmeter Beton verbaut. BASF hat Rheoplus 329,

ein PCE-basiertes Additiv, speziell für dieses Projekt entwickelt. Es zeichnet sich durch eine große Robustheit gegenüber Variationen der Zement- und Aggregatqualität aus.

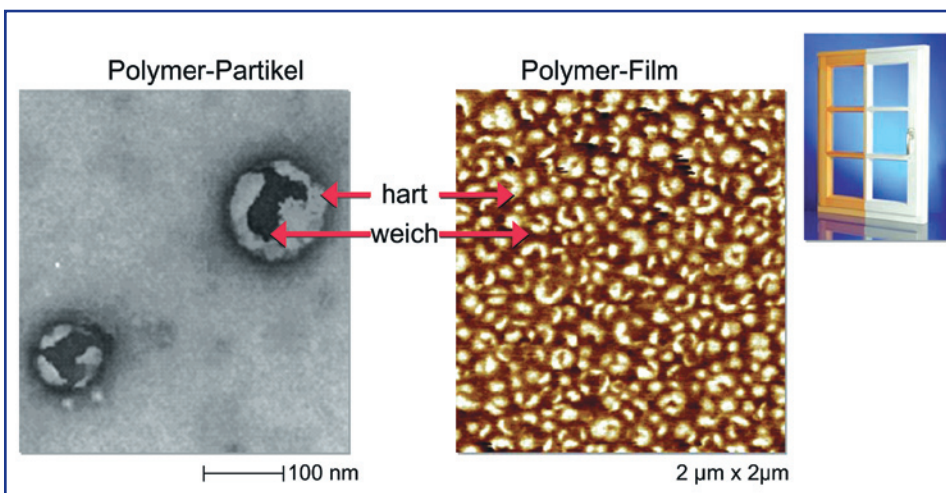
Im Sinne der Nachhaltigkeit sollte erwähnt werden, dass die große Zementproduktion Chinas einen erheblichen Anteil am CO<sub>2</sub>-Ausstoß des Landes hat. Die Produktion von einer Tonne Zement verursacht typischerweise die Emission von 0,8 t CO<sub>2</sub>. Das Zementzusatzmittel Cementium steigert die Güte des Zements. Bei Verwendung dieses Additivs ist es möglich, den in der Zementproduktion eingesetzten Klinker, dessen Umsetzung die wesentliche Kohlendioxid-Quelle darstellt, zu ersetzen. Die Ersatzstoffe, wie zum Beispiel Flugasche aus Verbrennungsprozessen, sind bezogen auf ihre Verwendung im Zement CO<sub>2</sub>-neutral.

### Polymer-Technik: Schlüssel zu modernen Anstrichfarben

Bei Anstrichfarben handelt es sich um hoch entwickelte Produkte, in denen ausgefeiltes Know-how steckt. Sie sollen umweltfreundlich sein, problemlos anzuwenden, eine optisch ansprechende Oberfläche erzeugen sowie das zugrunde liegende Substrat dauerhaft schützen. Ein wichtiges Rohmaterial in Anstrichfarben ist das polymere Bindemittel, da es viele anwendungstechnische Eigenschaften entscheidend beeinflusst.

Heute werden als polymere Bindemittel überwiegend wasserbasierte Polymerdispersionen eingesetzt, die durch Emulsionspolymerisation hergestellt werden (Abbildung 10). Man erhält eine wässrige Suspension von Partikeln, die eine Größe um 100 Nanometer besitzen und einzelne Polymerketten enthalten. Bei der Trocknung rücken die Partikel durch die Verdunstung des Wassers eng zusammen, werden durch Kapillarkräfte deformiert und bilden schließlich einen geschlossenen Polymerfilm. Durch die Migration der Polymerketten über die Partikelgrenzen

Abbildung 11: Zweiphasige Polymer-Partikel mit harten und weichen Domänen. So werden bei Holzbeschichtungen ein Verkleben der Oberflächen vermieden, bei gleichzeitig homogenem Auftrag.





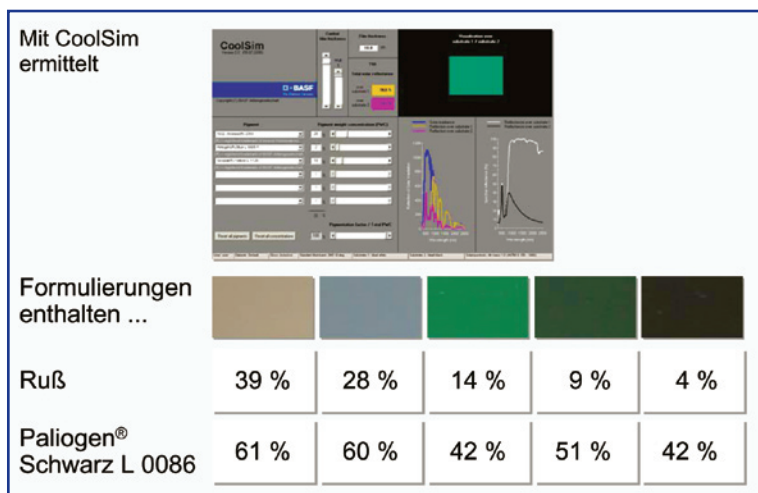


Abbildung 12: Werte für Total solar reflectance, TSR: Berechnung.

hinweg erhält der Polymerfilm mechanische Stabilität und kann als Bindemittel in Anstrichfarben wirken, indem er die Pigmente und Füllstoffe einbindet und gleichzeitig die Haftung zum Untergrund sicherstellt.

Viele Anstrichfarben können heute bereits mit vergleichbaren Eigenschaften lösemittelfrei auf rein wässriger Basis formuliert werden. Bei einer Reihe von Segmenten war dies bisher jedoch noch mit signifikanten Abstrichen in den Eigenschaften verbunden, was am Ende für den Anwender nicht akzeptabel war. Daneben existieren Fragestellungen wie die Verringerung der Anschmutzungsneigung von Außenanstrichen, die nur unzureichend gelöst sind.

Bei lösemittelfreien Holzbeschichtungen besteht die Herausforderung beispielsweise darin, dass sich auf der einen Seite ein möglichst perfekter elastischer Farbfilm bilden muss, um das Substrat effektiv zu schützen. Dazu wird ein weiches Polymer benötigt. Auf der anderen Seite dürfen in Kontakt kommende frisch gestrichene Oberflächen nicht verkleben (verblocken). Dazu bräuchte man ein hartes Polymer. Traditionell umgeht man diesen Konflikt durch den Einsatz von Lösemitteln, die als temporärer Weichmacher für die gute Filmbildung eines harten Polymers sorgen. Neue Bindemittel lösen das Problem auf andere Weise. Durch eine spezielle Polymeri-

sationstechnik gelingt es, in einem Polymerpartikel harte und weiche Domänen zu erzeugen (Abbildung 11). Bei der Filmbildung formen die weichen Domänen einen homogenen Film, während die harten Domänen ein Verkleben der Oberflächen verhindern.

Das Segment der Hochglanzfarben wird noch immer von lösemittelhaltigen Produkten auf Alkyd-Basis dominiert. Während sich bei den lösemittelhaltigen Produkten eine sehr glatte Oberfläche ausbildet, wird die Oberflächenstruktur der wässrigen herkömmlichen Farbe durch eingelagerte Pigmentpartikel so gestört, dass der Glanz signifikant reduziert wird. Durch Entwicklung einer speziellen Hybridtechnik gelang es, ein Bindemittel auf Basis von Emulsionspolymerisaten und wasserlöslichen Alkyden zu synthetisieren, mit dem das gewünschte Glanzniveau auf wässriger Basis realisiert werden kann.

Eine der wichtigsten Anforderungen an eine Außenwandfarbe ist es, die Fassade zu schützen und die Oberfläche möglichst lange optisch attraktiv zu erhalten. Mit dem neuen Hybridbindemittel Col.9, bei dem anorganische Domänen im Nanometerbereich fest im organischen Polymer eingebunden werden, können Farben mit einer superhydrophilen, harten Oberfläche formuliert werden. Auf diesen Oberflächen können Verschmutzungen praktisch

nicht haften, sie werden durch Tau- oder Regenwasser leicht abgetragen. Da sich aufgrund der Superhydrophilie keine Tropfen bilden, werden die typischen streifenförmigen Abläufer vermieden, die die Ästhetik von Gebäuden beeinträchtigen. Durch die schnelle Trocknung reduzieren sich die Zeiten, in denen Mikroorganismen ein optimales Klima für ihr Wachstum vorfinden. Mit Symbiotec von der Firma Herbol kam im Frühjahr dieses Jahres die erste Außenwandfarbe auf den Markt, die die Vorteile des neuen Hybridbindemittels Col.9 nutzt.

### Buntpigmente in Lacken

Pigmente sind Substanzen, die aus Partikeln bestehen, die sich im Applikationsmedium nicht lösen. Im Falle von Lacken besteht das Anwendungsmedium aus Harzen und Lösemitteln. Ihre Hauptaufgaben sind die Farbgebung durch ihre absorbierenden Eigenschaften, sowie das Deckvermögen durch ihre streuenden Eigenschaften.

Pigmente werden zusätzlich in organische und anorganische Pigmente (Metalloxide) eingeteilt. Organische Pigmente haben im Normalfall Teilchengrößen im Bereich von 0,05 bis 0,2 Mikrometer und zeichnen sich durch Farbstärke, Transparenz und Brillanz aus. Anorganische Pigmente hingegen haben größere Teilchen (0,2 bis 0,5 Mikrometer) und zeichnen sich durch Deckvermögen, Wetterechtheit, Rheologie, Dispergierbarkeit und Flockungsstabilität aus.

Für die Reflexion von solarer Strahlung durch Lacke ist insbesondere der nah-infrarote Wellenlängenbereich entscheidend. Die Sonne emittiert Strahlungsenergie von etwa drei Prozent im ultravioletten, 39 Prozent im sichtbaren und 58 Prozent im nah-infraroten Wellenlängenbereich. Die Intensität der Strahlungsenergie ist im sichtbaren Bereich am höchsten. Die Farbe eines Lacks ist durch die absorbierenden und streuenden Eigenschaften im sichtbaren Wellenlängenbereich definiert. Daher lässt sich die Reflexion von

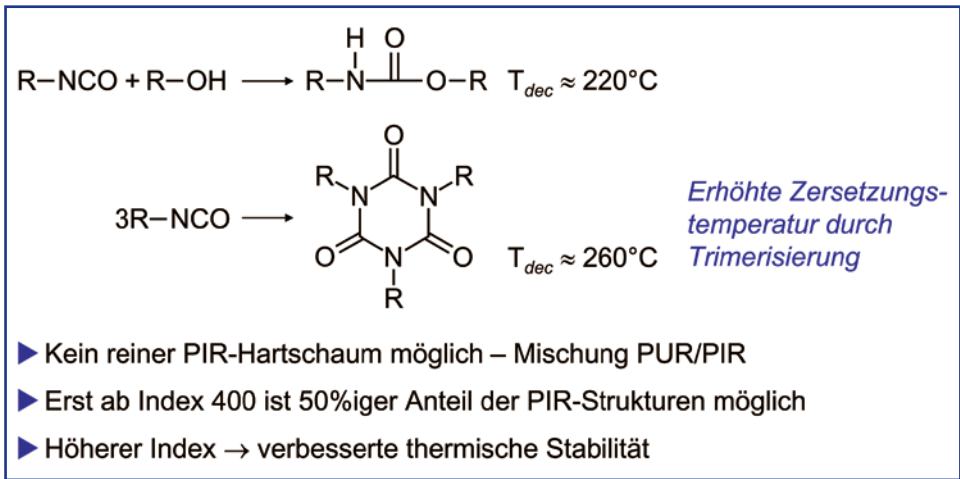


Abbildung 13: Definition PIR.

Sonnenstrahlung im Nahen Infrarot beeinflussen.

Der TSR-Wert (total solar reflectance=Gesamtsolarreflexion) charakterisiert das solare Reflexionsvermögen einer Beschichtung. Er gibt den Anteil der Solarstrahlung an, der von dem pigmentierten Lack zurückgestrahlt wird. Das Vermögen einer Beschichtung, die Solarstrahlung zu reflektieren, hängt von der Auswahl der Pigmente, der Pigmentkonzentration, der Schichtdicke des applizierten Lacks und des Substrats ab. Mit der Software „CoolSim“ lässt sich der TSR-Wert einer gegebenen Pigmentierung vorhersagen (Abbildung 12). Je höher der TSR-Wert ist, desto stärker wird die solare Strahlung reflektiert. Dies führt zu geringerer Aufheizung und

dadurch zu geringeren Temperaturen.

Die Anwendungsfelder für die Cool Paints sind weit, von Dächern über Fassaden bis zu Containern. Aber die Verwendung von Pigmenten für solares Wärmemanagement ist nicht auf Lacke beschränkt, sondern auch für Kunststoffe möglich, wie beispielsweise für Fensterrahmen oder die Innenausstattung eines Fahrzeugs.

**Sandwichelemente mit Polyisocyanuratschaum**

In den vergangenen Jahrzehnten haben sich für Industriebauten (zum Beispiel im Hoch- und Kühlhausbau) zunehmend Sandwichelemente mit Metalldeckschichten und einem Wärmedämmkern durchgesetzt. Parallel dazu sind die

Brandschutzaufgaben für diese moderne Technik deutlich gestiegen.

Polyurethan-Hartschaum hat sich aufgrund seiner guten mechanischen und thermischen Eigenschaften als sehr guter Dämmstoff erwiesen. Dazu kommt die Eigenschaft von Pur-Hartschäumen, dass die chemische Synthese des Dämmstoffes und das Verkleben mit den metallischen Deckschichten in einem einzigen Schritt erfolgen kann. Pur-Hartschäume sind heute deswegen die wichtigste und größte Gruppe der Sandwich-Dämmmaterialien. So wurden allein im Jahr 2004 in Europa über 100 Millionen Quadratmeter Sandwichelemente für den Hoch- und Kühlhausbau hergestellt.

Nicht nur bei der Produktion von Konstruktionselementen, auch bei ihrem Brandverhalten sind die behördlichen Auflagen und weitere Anforderungen deutlich gestiegen. Elastogran hat daher eine neue Generation von Pur-Hartschäumen entwickelt, die diesen Anforderungen entsprechen, die Polyisocyanurate (PIR). Das sind feuerresistente Hartschäume, die unter dem Namen Elastopir vertrieben werden (Abbildung 13). Sie sind so leistungsstark, dass sie sogar als pentangetriebene Schäume alle erforderlichen Brandschutztests einschließlich des anspruchsvollen LPC-Test (Loss prevention council) LPS1181 bestanden haben.

Polyisocyanurat wird durch die Eigenreaktion von Isocyanaten gebildet. Drei Isocyanat-Moleküle vereinigen sich dabei unter Anwesenheit spezieller Katalysatoren zu einer zyklischen Polyisocyanurat-Struktur, die eine Zersetzungstemperatur von etwa 260°C aufweist. Die gezielte Einführung dieser Strukturen führt zu einer deutlichen Verbesserung des Brandverhaltens und zu einer höheren Temperaturstabilität des Polyurethan-Hartschaums.

**Silylierte Polyurethane**

Heutige Dichtungsmittel lassen sich hauptsächlich aus sechs verschiedenen Bindemitteltechnologien ableiten. Dichtungsmassen,

Abbildung 14: Schlüsselindikatoren einer silylierten Ein-Komponenten-Polyurethan-Konstruktion. Dichtungsmittel und neue Technologien.

	Silicone	Polyurethane	MS Polymer®	Silylierte Polyurethane
<b>Verwitterungsbeständigkeit</b>	ausgezeichnet	ausreichend	gut	gut
<b>Haftung</b>	Zement ausreichend Metall und Glas ausgezeichnet	Zement gut Metall und Glas ausreichend	Zement ausreichend Metall und Glas ausgezeichnet	Zement: gut Metall und Glas ausgezeichnet
<b>Bewegungsaufnahme</b>	ausgezeichnet	ausreichend (Klasse 25)	gut (Klasse 50)	ausgezeichnet (Klasse 100/50)
<b>Randzonenverschmutzung</b>	schlecht oder teuer	gut	gut	gut
<b>Anstrichverträglichkeit</b>	schlecht	gut	gut	gut am besten mit Alkyd-Farben
<b>Reparaturfähigkeit</b>	schlecht Auflösungserscheinungen	gut	gut	gut
<b>Aufnahme von Schmutz</b>	gut	ausreichend, klebrig	ausreichend, klebrig	ausreichend, weniger klebrig als MS Polymer®



die auf Polysulfiden und Butylkautschuk basieren, wurden in den fünfziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts in den Markt eingeführt. Die sechziger Jahre brachten dem Markt Dichtungsmittel, die auf Silikonen und Urethanen basierten. Einige Jahre später folgten Massen aus Acryllatex. Die letzte große Innovation war die Einführung von MS Polymer in Europa Mitte der Achtziger.

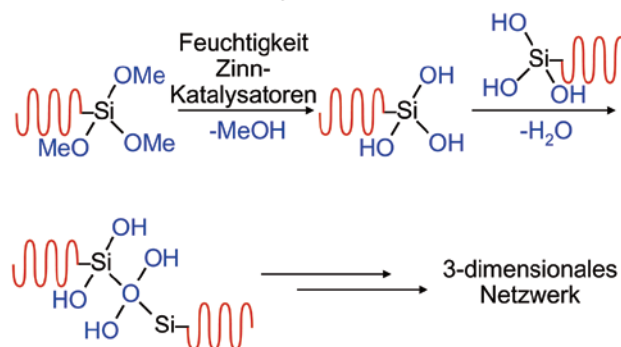
Die verschiedenen Dichtstoffe haben alle unterschiedliche Vor- und Nachteile: Dichtungsmassen, die auf Polyurethan basieren, zeigen einige gute Eigenschaften: Sie sind anstrichverträglich, nehmen nicht viel Schmutz auf, haben eine hohe Bewegungsaufnahme und sind gleichzeitig kostengünstig.

Silikone sind hervorragend, was die Elastizität und die Verwitterungsbeständigkeit betrifft. Oftmals ist bei Silikonen allerdings eine Primerung der Oberflächen erforderlich. Außerdem führen weichgemachte Silikone zu Randzonenverschmutzungen und sind zudem nicht anstrichverträglich.

Dichtungsmittel, die auf Acryllatex basieren, sind hingegen hervorragend in der Verwitterungsbeständigkeit und darüber hinaus anstrichverträglich und kostengünstig. Allerdings trocknen sie physikalisch, was zu Schrumpfung führt. Die Bewegungsaufnahme ist limitiert. MS Polymer Dichtungsmassen sind vielfältig einsetzbar, zeigen aber Nachteile bezüglich der elastischen Rückstellung (Abbildung 14). Wenn die chemischen Eigenschaften von Polyurethanen und Silanen kombiniert werden erhält man die Produktklasse der silylierten Polyurethane (Abbildung 15). Dichtungsmittel aus silylierten Polyurethanen sind isocyanat- und silikonfrei. Formulierungen mit Weichmachern, Füllstoffen und so weiter führen zu elastischen, hoch- bis niederm moduligen und kondensationsvernetzenden Dichtungsmassen und Klebstoffen.

Verantwortlich für die Vernetzung sind die Silanendgruppen der silylierten Polyurethane. Die

- **Schnelle Aushärtung**
- **Beständig (gegen Wasser, Öl und Chemikalien)**
- **UV-stabil**
- **Gute Haftung**
- **Keine unreaktierten Isocyanat-Rückstände**
- **Sofort anstreichbar**
- **Keine Randzonenverschmutzung**
- **Wettbewerbsfähige Kosten/Leistung**



Polyoxypropylenketten bilden das „Rückgrat“ und verleihen dem Endprodukt so eine ausgezeichnete Flexibilität. Die Endgruppen und die Polyoxypropylenketten sind über Polyurethaneinheiten verbunden, so wird die elastische Rückstellkraft sichergestellt. Neben ihrer Eigenschaft als Vernetzungsstellen können die Silanendgruppen auch als innere „Haftmittel“ fungieren, zum Beispiel durch die Bildung von chemischen Bindungen an die Substratoberflächen.

Silylierte Polyurethane sind in der vergangenen Zeit für die Hersteller von Kleb- und Dichtstoffen immer attraktiver geworden. Die Hybridtechnologie besticht durch die Synergie zwischen dem anorganischen Silan-Vernetzungs-Mechanismus und den Eigenschaften des beweglichen organischen Polyurethans als „Rückgrat“. Formulierungen auf der Basis von silylierten Polyurethanen weisen eine große mechanische Kraft und eine hohe elastische Rückstellkraft auf. Zusätzlich sind sie überstreichbar und weisen außerdem eine sehr gute Haftung gegenüber vielen verschiedenen Substraten auf, da sie einen Haftvermittler beinhalten. Dank der reaktiven Alkoxygruppen an den Enden der Ketten härten die Produkte in Kombination mit einem Katalysator aus. Zusätzliche Vernetzer müssen nicht mehr zugefügt werden. Eine typische silylierte Polyurethanformulierung ist praktisch geruchlos und isocyanatfrei. Korrosion tritt selbst auf

sehr sensitiven Materialien wie Metallen nicht auf.

### Sportböden für Höchstleistungen

Seit ihrer erstmaligen Verwendung bei Olympischen Spielen 1968 in Mexiko haben sich synthetische Sportbeläge weltweit durchgesetzt. Conica begann 1977 mit der Produktion von Flüssigkunststoffen für synthetische Sportbeläge und ist heute der weltweit führende Lieferant in diesem Bereich. Seit 2006 gehört Conica dem Bereich Bauchemie der BASF an.

Conica entwickelt, produziert und vertreibt folgende Produkte: Beläge für Leichtathletiklaufbahnen, für Schulsport und Mehrzweckspielfelder, Bindemittel für die Herstellung von vorgefertigten Elastiksichten, für Fallschutzplatten sowie für Formteile aus Gummigranulat sowie fugenlose Fallschutzbeläge mit hohem ästhetischen Anspruch für Kinderspielplätze und Spezialprodukte für den Einbau von Kunstrasenfeldern.

Vier Conipur-Laufbahnbeläge besitzen eine Zertifizierung durch den internationalen Leichtathletikverband. Ein anerkannter Belag ist Conipur SW, ein „Sandwichsystem“. Für dessen Installation wird auf einem Asphaltuntergrund mit speziellen Einbaufertigern vor Ort eine Elastiksicht aus Recycling-Gummigranulat und einem Polyurethanbindemittel eingebaut. Die Aushärtung erfolgt innerhalb von ein bis zwei Tagen

Abbildung 15: Silylierte Polyurethan-Dichtungsmittel: Schlüsselindikatoren.

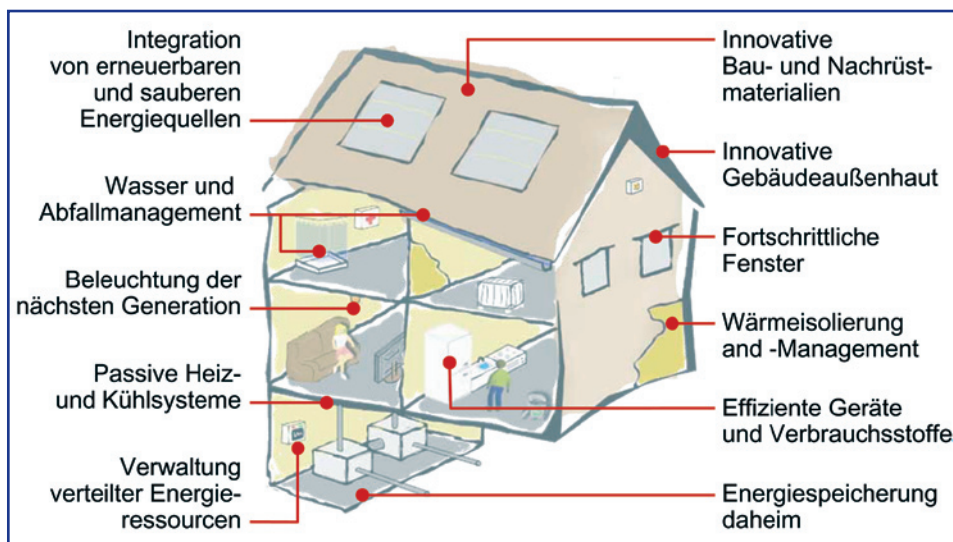


Abbildung 16:  
Das „Smart Energy Home“  
Energie und Ressourcen im Wohnbereich.

durch Reaktion des Bindemittels mit Luftfeuchtigkeit. Nach Aufbringen eines Porenschlusses mit einem Spachtelmaterial wird eine Polyurethan-Verlaufsbeschichtung appliziert. Diese besteht aus zwei Komponenten, die mit Zahnrakeln in der erforderlichen Dicke aufgetragen werden und im noch flüssigen Zustand im Überschuss mit farbigem Gummigranulat abgestreut werden. Die Beschichtung härtet über Nacht durch Reaktion von in den Komponenten enthaltenen Polyolen und Isocyanaten zu einem hochelastischen Polyurethan aus. Das direkt im Kontakt mit diesem stehende Gummigranulat wird fest eingebunden, womit eine gleichmäßig strukturierte, griffige Oberfläche erhalten wird.

Für die wichtigsten Leichtathletik-Arenen dieser Welt wurde Conipur M entwickelt, ein Vollkunststoffbelag, der als einer der schnellsten seiner Art gilt. Er besteht aus drei nacheinander applizierten Schichten aus Verlaufsbeschichtung und farbigem EPDM-Granulat (ethylene propylene diene monomer rubber). Die unteren beiden Schichten sind extrem weich und sorgen für die notwendige Stoßabsorption, die die Gelenke der Sportler schont. Eine härtere, aber elastische Schicht sorgt dafür, dass sich auch Sprinter wohl fühlen und weltrekordverdächtige Zeiten laufen können.

Zu den bekanntesten Conipur M-Referenzen zählen die „Pistes Magiques“ des Zürcher Letzigrunds und des Lausanner Stadions La Pontaise, das Olympiastadion in Rom sowie die berühmte blaue Laufbahn des Berliner Olympiastadions, in dem 2009 die nächsten Leichtathletik-Weltmeisterschaften stattfinden werden.

### Das „Smart Energy Home“

Im Jahr 2003 erklärte Richard E. Smalley, dass Energie in den nächsten 50 Jahren das dringendste Problem für die Menschheit sein werde. Verknappung fossiler Rohstoffe, Klimaschutz und Importabhängigkeit im Energiesektor sind zentrale Herausforderungen, mit denen Europa in den nächsten Jahren konfrontiert sein wird. Bei energieeffizienten Baumaterialien, alternativen Energiesystemen im Wohnbereich, Isolierung und nachhaltigen Verbraucherprodukten ist Europa bereits Weltmarktführer. Verglichen mit anderen Regionen der Welt schneiden europäische Gebäude in Bezug auf Energieeffizienz mit am besten ab. Eine wachsende Nachfrage wird zu effizienterer Massenproduktion und somit niedrigeren Preisen für solche Produkte führen.

Das „Smart Energy Home“ ist ein visionäres Projekt, das die europäische Plattform für eine nachhaltige Chemie (European Platform for Sustainable Chemistry, SusChem) ini-

tiert hat und das die Gesellschaft in Europa und ihren Energieverbrauch beeinflussen soll. Einige der Technologien, die zum Erreichen dieser Vision benötigt werden, gibt es bereits, andere müssen erst noch entwickelt werden. Bei der nächsten Generation von Produkten, die alle Rohstoffe im Hinblick auf den gesamten Lebenszyklus nachhaltig nutzen, muss Europa die Führung übernehmen.

Solche Entwicklungen sollen für den Massenmarkt (Haushaltsgeräte) erarbeitet werden (Abbildung 16). Geplant ist, im „Smart Energy Home“ eine Sammlung von Technologien zu vereinen, die den Nettoenergieverbrauch im Haus auf Null absenken. Damit lässt sich die Bedeutung von Chemie und Materialentwicklung für eine nachhaltige Zukunft in Europa veranschaulichen.

Mit den richtigen Anreizen könnte in drei bis fünf Jahren eine beträchtliche Marktdurchdringung bewirkt werden. Derzeit verhindern sowohl technische als auch andere Probleme noch, dass viele Innovationen die breite Bevölkerung erreichen. Deshalb arbeitet SusChem mit einer Reihe von interessierten Partnern zusammen, um den Bau eines vorzeigbaren „Smart Energy House“ zu forcieren.

Ein Beispiel für die innovativen Materialien, auf die sich die BASF konzentriert, sind Polymerisolationsschäume mit Nanoporen. Diese Nanoschäume zeigen eine ähnlich gute Isolierleistung, wie Aerogele. Die Wärmeleitfähigkeit der Aerogele ist extrem niedrig, aber ihre Herstellung ist aufgrund der nötigen superkritischen Trocknung teuer. Außerdem eignen sie sich aufgrund ihrer unzureichenden Materialfestigkeit nicht für die Wärmedämmung von Gebäuden.

Eine weitere viel versprechende Technologie sind die auf organischen Halbleitermaterialien basierenden organischen Leuchtdioden (OLED von Organic Light Emitting Diodes). Bei ihrer Anwendung in Leuchtmitteln bieten die OLEDs, bei längerer Lebenszeit, ein großes Energie-Einsparpotenzial.





## Zukunftsfelder der BASF

Der berühmte „rote Knopf“ (siehe in dieser CLB den Artikel „Vom Hebel zum Gedankenimpuls“) kam auch bei der Bauchemie-Veranstaltung zum Einsatz. Forschungsvorstand Marcinowski nahm das Treffen mit den Journalisten nämlich zum Anlass, die interne Ausstellung „Marktplatz der Innovationen“ erstmals in Europa zu eröffnen (siehe Eingangsfoto dieses Artikels auf Seite 442). Darin stellt die BASF 19 Bereiche vor, von denen sich das Unternehmen künftig besondere Wachstumsimpulse erhofft. Hier einige Beispiele:

**Brennstoffzellen:** Bis zum Jahre 2015 erwartet man einen Unternehmensumsatz auf diesem Gebiet von 150 bis 200 Millionen Euro, etwa durch Katalysatoren oder Membranen für Brennstoffzellen. Mobile für kleine elektronische Geräte oder für die Verteidigung – die Stromversorgung aller Apparate für einen Soldaten – gibt es schon. In fünf Jahren sollen stationäre Brennstoffzellen etwa für die Hausstromversorgung folgen, in zehn Jahren solche für Kraftfahrzeuge. Das Brennstoffzellen-Projekt startete bei der BASF 2001. 2006 kaufte man die US-Katalysatorenfirma Engelhard für rund vier Milliarden Euro, ebenso PEMEAS, ein 2004 gegründetes Spin-off der Brennstoffzellen-Aktivitäten von Hoechst.

**Anlagenbau:** Das als Energieträger immer bedeutendere Erdgas enthält bei der Förderung meistens  $\text{CO}_2$ . Es wird bislang in die Atmosphäre entlassen. Mit aktiviertem Methyl-diethanolamin (aMDEA, ei-

ne BASF-Entwicklung) lässt sich das  $\text{CO}_2$  jedoch extrahieren und in den Boden zurückführen. Der Clou: Das ganze geschieht energetisch wenig aufwändig, weil das MDEA anders als konventionelle Extraktionsmittel hohe Drücke und damit einhergehende höhere Temperaturen bei der Regeneration problemlos übersteht und stabil bleibt. Bei der Lösungsmittelregeneration in dem Kreisprozess kann dann das neue Verfahren mit einem höheren – durch die Druckverhältnisse des gewonnenen Gases bereits vorhandenen – Druck arbeiten. Die BASF entwickelt dies zusammen mit der japanischen JGC-Gruppe. Es sollen weltweit 200 Anlagen möglich sein.

**Anwendungssystem-Verkauf:** Man will spezielle Anwendungen als System möglichen Kunden anbieten, Beispiel: Permaskin. Das ist ein Verfahren, in dem sich thermoplastische Folie in einem Arbeitsschritt formen und gleichzeitig auf Bauteile aus Holz, Kunststoff oder Metall ein- oder beidseitig laminieren lässt; es basiert auf dem Luran S-Polymer. Man kann damit beispielsweise Haustüren oder Fensterrahmen herstellen. Das gesamte Verfahren wird von der BASF gestellt. Kunden zahlen pro Produktionszyklus statt pro Menge. 2006 wurden in der EU etwa 170 Millionen Quadratmeter Oberflächen für solche Zwecke veredelt. Die BASF erhofft sich für Permaskin einen Marktanteil von drei bis fünf Prozent daran (20 - 35 Millionen Euro/Jahr).

**Weichmacher:** Sie sind zu 40 bis 70 Prozent (künstliche Würmer zum Fischen) in Spielsachen

enthalten. Phtalate sind gesundheitsschädlich und seit 2006 für Spielzeug verboten. 1997 legte die BASF ein Programm für gesundheitlich unbedenkliche Weichmacher auf, 1998/99 gelang die Synthese der Verbindung. 2002 gab es eine erste Anlage für 25000 Tonnen/Jahr. Jetzt wurde sie auf 100000 Jahrestonnen erweitert. Der Stoff – Diisononylcyclohexan-1,2-dicarboxylat, Handelsname Hexamoll DINCH – ist von der Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit getestet; er darf sogar mit Nahrungsmitteln in Berührung kommen und findet breite Anwendung im Medizinbereich.

**Gentechnik:** In herkömmlichen Kartoffeln besteht Stärke aus zwei Komponenten – Amylopektin und Amylose. In vielen technischen Anwendungen wird nur Amylopektin benötigt. Mit Hilfe der Pflanzenbiotechnologie entwickelte BASF eine neue Kartoffel, deren Stärke fast ausschließlich aus Amylopektin besteht. Die „Amflora“-Kartoffel wurde geschaffen, indem man das Gen für die Granule Bound Starch Synthase (GBSS), das Schlüsselenzym für die Synthese der unerwünschten Amylose, in der Kartoffelknolle gentechnisch ausschaltete. Nächstes Jahr will man ein paar hundert Hektar dieser Kartoffel anpflanzen. Die Amflora-Stärke kommt nur in technischen Produkten zum Einsatz, etwa in der Papierindustrie (Glanzpapier), der Textilveredelung, und als Additiv für sprühfähigen Beton – womit wir wieder beim Thema wären ;-)  
Rolf Kickuth/Alfred Widmer

Erstmals in Europa: Die interne BASF-Ausstellung „Marktplatz der Innovationen“ (Foto: Kickuth).

## Interdisziplinarität in der Informatik

# Bioinformatik mit mehreren Kooperationszenarien

**I**n der Informatik, in deren Berufsfeldern und natürlich in der Ausbildung, gibt es eine Interdisziplinaritätsproblematik. Eine Bestandsaufnahme dazu verfasste Christoph Meinel\*. Er ist einer der acht Professoren am Hasso-Plattner-Institut der Universität Potsdam. Er befasst sich mit Internet-Technologien wie Sicherheit, e-Learning und Semantic Web. Am Beispiel der Bioinformatik beantwortete Thomas Lengauer Fragen\* zu der Interdisziplinaritätsproblematik. Er ist Professor am Max-Planck-Institut für Informatik in Saarbrücken und leitet dort die Abteilung „Computational Biology and Applied Algorithms“.

Christoph Meinel (re.) zur Interdisziplinaritätsproblematik in der Informatik:



Die rasant und immer weiter voranschreitende Arbeitsteilung und Professionalisierung der modernen Welt spiegelt sich in einer ebenso rasant voranschreitenden Spezialisierung und Professionalisierung in den modernen Wissenschaften wider. Allerdings beschert sie neben einem in der Geschichte so noch nie da gewesenen Erkenntniszuwachs auch eine Reihe nicht zu unterschätzender Probleme. So hat sich eine Vielzahl von Teildisziplinen klassischer Wissenschaften zu eigenständigen und unabhängigen Wissenschaftsdisziplinen weiter und dabei leider

auch auseinander entwickelt. Diese haben nun eigene Sprachen und Formalismen, die schon für fachlich benachbarte, ursprünglich verwandte Gebiete nicht mehr verständlich sind. Schlimmer noch, oft genug geht dieser Trend sogar so weit, dass die Art und Weise zu argumentieren, die sich in der einen (Teil-)Wissenschaft etabliert hat, in einer anderen als unangemessen, zu oberflächlich und daher als unzulässig eingestuft wird. Der viel beschworenen und gerne propagierten interdisziplinären Forschung legt das große Steine in den Weg, die sich auch bei allem gut gemeinten subjektiven Bemühen ohne weiteres nicht werden beseitigen lassen.

Besonders deutlich wird das am Beispiel der Informatik. Im Gefolge der Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnologie und der ungebremsten Nachfrage nach Programmierern, Softwareingenieuren und IT-Fachleuten in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts hat sich die Informatik als eigenständige, in der Hochschullandschaft durch Forschung und Lehre repräsentierte Disziplin etabliert. Die Informatik bedient sich eines breiten Spektrums von Verfahren, das von den präzisen formalen Methoden der Mathematik über das erfahrungsbasierte Know-how der Ingenieursdisziplinen bis hin zu den diskursgetriebene Methoden der Geistes- und Sozialwissenschaften reicht. Um Informatikstudenten wirklich gut auszubilden, ist es unumgänglich, ihnen diese unterschiedlichen Wissenschaftssprachen und Arten des Denkens nahezubringen und sie in das Weltbild der Informatik-Disziplin einzuordnen.

Während auf der institutionellen Ebene das Fach der Informatik inzwischen stabil verankert ist, zeichnet sich auf der intellektuellen Ebene bereits von neuem der oben skizzierte Partikularisierungsprozess innerhalb der Informatik sehr deutlich ab. Die damit einhergehende Instabilität hat sich in den letzten Jahren vor allem in der Kluft zwischen der großen Nachfrage nach jeweils besonders qualifizierten Arbeitskräften auf Seiten der IT-Branche und dem entsprechenden Angebot an „passend“ ausgebildeten Informatik-Absolventen aus den universitären Einrichtungen manifestiert. Sinkendes Interesse an einem allgemeinen Informatikstudium – die Zahl der Studienbewerber ist seit der Jahrtausendwende unablässig um 26 Prozent gesunken – und ein lediglich zehnpromentiger Anteil weiblicher Studienbewerber zeigen, dass junge Frauen gar kein Vertrauen in ein Informatikstudium setzen. Der Mangel an (Top-)Dozenten an den Universitäten, der nicht zuletzt durch die in der Informatik weit geöffneten Schere zwischen den bescheidenen Gehältern und Arbeitsbedingungen in der akademischen Informatik Wissenschaft einerseits und denen der Industrie andererseits verursacht wird, und Lehrkonzepte und -veranstaltungen, die nicht Schritt zu halten vermögen mit den sich rasant fortentwickelnden IT-Technologien und den daraus resultierenden Erwartungen aus der Praxis, trüben das Bild zusätzlich ein.

Fragt man nach den Gründen für diese Entwicklung, so fallen sofort der sich von anderen Fachern unterscheidende Stellenwert ins Auge, der der Interdisziplinarität in der Informatik zukommt,

\* Jeweils für das „Informatik Spektrum“, Ausgabe 04/2007, © Springer-Verlag Heidelberg.



und ihre disziplinären Schwierigkeiten, dem gerecht zu werden. Tatsächlich hat keine andere Disziplin in Forschung, Anwendung und Ausbildung ein vergleichbares Dilemma zu bewältigen, eine gut fundierte, hoch professionelle disziplinäre Arbeit zu verbinden mit einer ausgeprägten Fähigkeit zum interdisziplinären Denken und Arbeiten.

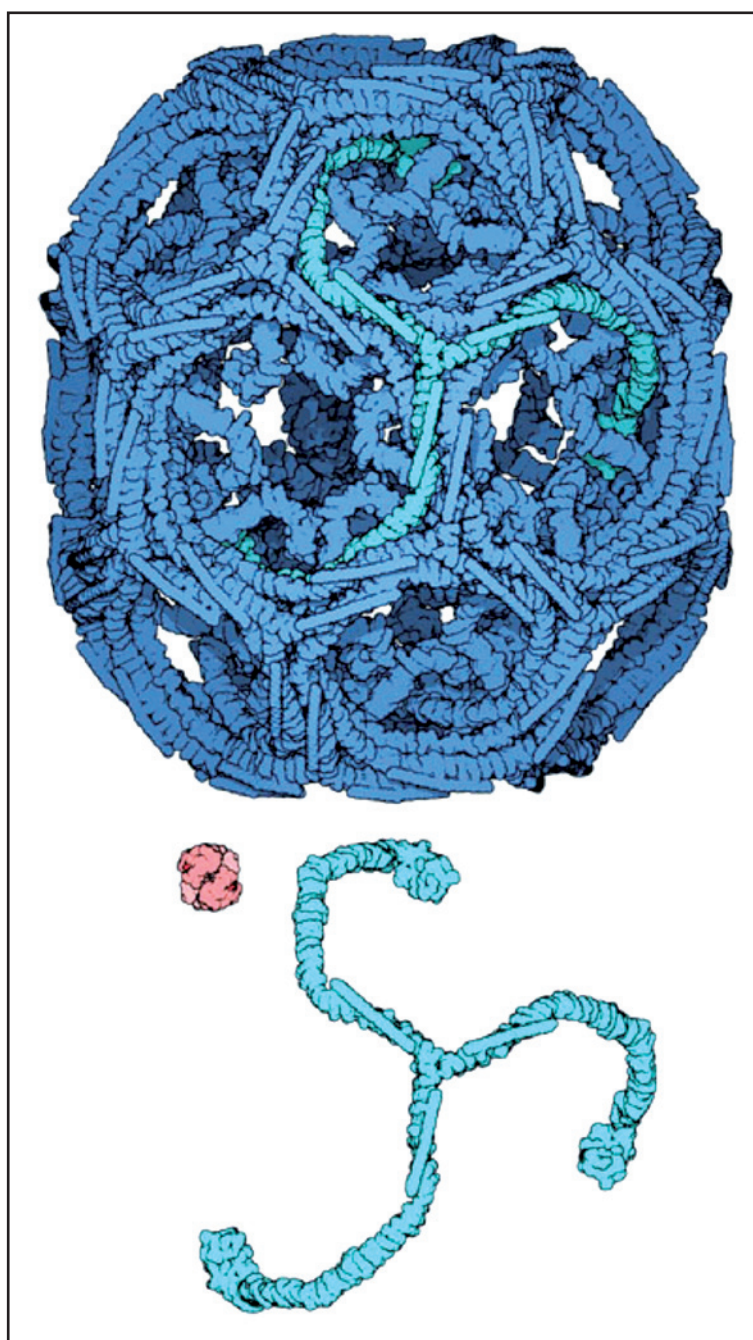
### Bindestrich-Informatiken

Ein ausgeprägter intellektueller Reflex, dieses Problem zumindest partiell zu lösen, ist die forcierte Spezialisierung der Informatik im Kontext konkreter Anwendungsfelder und/oder im Hinblick auf andere Wissenschaftsdisziplinen. Dieser Prozess findet in Forschung und Lehre inzwischen seinen Ausdruck in einer immer größer werdenden Palette so genannter „Bindestrich-Informatiken“. Bioinformatik, Medizininformatik, Bauinformatik, Wirtschaftsinformatik, Medieninformatik, Gaming-Informatik usw. – all das sind ernstzunehmende Spezialinformatiken, die sich nicht nur im Hinblick auf die jeweils favorisierte Anwendung unterscheiden, sondern zunehmend auch durch die bevorzugt angewandten Herangehensweisen, formalen Systeme, Methoden, Argumentationstechniken, usw. aus dem reichen Fundus der Informatik. Auch das Gewicht, das die Informatik in diesen Bindestrich-Informatiken jeweils gegenüber der (oder den) anderen beteiligten Disziplin(en) spielt, unterscheidet sich von Fall zu Fall deutlich. Immer ist die erfolgreiche Etablierung einer Bindestrich-Informatik zunächst Anerkennung eines in einem speziellen Teilbereich Erfolg versprechenden Ansatzes zur Bewältigung der Interdisziplinaritätsproblematik der Informatik. Inwieweit dabei die gesellschaftlichen Erwartungen an die Absolventen solcher Bindestrich-Informatiken in Forschung, Industrie und Verwaltung erfüllt werden, bleibt jeweils abzuwarten.

Wie sieht es nun aber mit einem generellen Ansatz aus, die Interdisziplinaritätsproblematik in der Informatikausbildung zu bewältigen, also Informatikstu-

denten im Rahmen ihres Studiums neben einer grundsoliden Ausbildung in den verschiedenen für die Informatik wesentlichen Denkweisen, Arbeitstechniken

Ohne Informatik keine Strukturaufklärung in der modernen Biochemie... Zur Aufklärung der Struktur des Proteins Clathrin – benannt nach den Clathraten, den anorganischen Einschluss- oder Käfigverbindungen (lat. clatratus = Käfig) – verwendeten die Forscher zunächst Kryoelektronen-Mikroskopie. Aus tausenden elektronenmikroskopischer Aufnahmen individueller Clathrin-Käfige, eingefroren in Eis, schufen sie eine dreidimensionale Durchschnittsansicht. Dann passten sie zwei Teil-Molekülstrukturen (unten; rot und blau gekennzeichnet) von Clathrin, deren Struktur röntgenkristallographisch aufgeklärt wurde, in das 3D-Bild ein. Weitere fehlende Teile ließen sich berechnen, weil die Aminosäure-Sequenz von Clathrin redundant ist. Clathrin war das „Molekül des Monats“ im April dieses Jahres in der Protein Data Bank der Research Collaboratory for Structural Bioinformatics (RCSB; Abb.: RCSB).



und Methodologien auch eine Befähigung zu interdisziplinärem Denken und Arbeiten zu vermitteln? Hier fällt eine Antwort sehr schwer. Sicher lässt sich die Befähigung zu interdisziplinärem Denken und Arbeiten nicht auf Kosten und durch Reduktion der originären disziplinären Informatikausbildung erreichen – zugunsten von wie auch immer gearteten Ausbildungskomponenten. Dazu wird von einem guten Informatikabsolventen zu viel disziplinäres Fachwissen verlangt. Ein möglicher Ansatz, der gerade in den USA in Ausbildung (nicht nur für Informatiker) und Industrie zur vollen Blüte kommt, firmiert unter dem Namen „Design“-Ausbildung (z.B. d-school, StanfordU).

### „Design“-Ausbildung

Die Grundidee dieser „Design“-Ausbildung, die kurz vor ihrem universitären Abschluss stehenden Studierenden unterschiedlicher Fächer und disziplinärer Sozialisationen studienbegleitend angeboten wird, besteht in der Ausprägung eines so genannten „Design“-Denkens, das auf die systematische „Produktion“ von Innovationen in interdisziplinären Teams ausgerichtet ist. In Kursen zur Designmethodologie werden die Studierenden konfrontiert mit der Tatsache, dass es auf ein und dasselbe Problem fachlich sehr unterschiedliche Sichten gibt. Sie erleben, dass ein entwickeltes Bewusstsein für diese Unterschiede kreative Potentiale freisetzt.

Diese Erfahrung wird dann produktiv gemacht, indem, angeleitet von Professoren unterschiedlicher Fächergruppen, in verschiedenen kleinen interdisziplinären Teams Erfinderprojekte zu bearbeiten sind. Den beteiligten Studenten kommt dabei sehr deutlich zum Bewusstsein – und das ist der Sinn dieser Design-Ausbildung –, welche Chancen die interdisziplinäre Zusammenarbeit von jeweils in ihrer Disziplin sehr gut ausgebildeten Fachleuten bietet.

### Beispiel Bioinformatik

Fragen an Thomas Lengauer (re.):

Wie ist die Bioinformatik als Gebiet entstanden? Wer hat Geburtshilfe geleistet bzw. stand Pate?



Die Entstehung der Bioinformatik war ein allmählicher Prozess. Manche datierten den Beginn auf wenigstens Stanislaw Ulam zurück (Fünfziger und Sechziger Jahre). Damals hieß das Gebiet jedoch nicht so und hatte eigentlich keinen Namen. Der Begriff „Bioinformatik“ ist wohl seit etwa 1990 in Gebrauch. Auslöser für den Bioinformatik-Boom war die Entscheidung 1988, das Humangenom zu sequenzieren. Der „Pate“ für die Geburt der Bioinformatik kommt damit aus der Biologie.

Frühe bioinformatische Entwicklungen wurden dabei vornehmlich von Informatikern (Gene Myers), Mathematikern (David Sankoff), Statistikern (Michael Waterman, Sam Karlin, Steve Altschul, Joe Felsenstein) und Physikern (Temple Smith) durchgeführt. Alle hier genannten Namen lieferten Beiträge deutlich vor der Entstehung des Humangenomprojektes. Die Liste ist jedoch wahrscheinlich nicht repräsentativ. Gegen 1990 explodierte das Gebiet personell, und viele Informatiker stiegen ein. Aber auch Biologen beteiligten sich jetzt, zum Teil in aktiven Kooperationen mit Informatikern.

Wo sehen die Bioinformatiker ihr Gebiet angesiedelt – in der Informatik, oder zwischen Informatik und den Anwendungsgebieten? Welche Methoden wenden Bioinformatiker an? Welchen Anteil bildet jede Gruppe von Methoden am Gesamtvorrat?

Die Bioinformatik wird als ein eigenständiges interdisziplinäres

Gebiet angesehen. Methodisch hält sie mathematische, informatische und statistische Anteile. Aufgrund der Komplexität der Evolution hat die Statistik in der Bioinformatik eine ganz besondere Bedeutung. Dagegen tritt die exakte Optimierung zurück hauptsächlich deshalb, weil aufwändige exakte Optimierungen bei Kostenfunktionen, die den wahren Sachverhalt nur partiell wiedergeben, nicht sinnvoll sind. Dagegen liefert eine statistische Betrachtungsweise Wahrscheinlichkeiten für Aussagen im Angesicht unvollständiger Information, was passender ist.

Datenbankfragen, insbesondere der Qualitätssicherung und Konsistenzprüfung sowie der Skalierung, sind für die infrastrukturellen Aspekte der Bioinformatik wesentlich. Internet Services, zum Teil hoch verteilt, sind ein wichtiger Teil der Bioinformatik geworden, für die extra Dialekte von Internetsprachen und Kopplungskonzepte entwickelt werden. Fragen der Visualisierung und des Hochleistungsrechnens sind wichtig, aber nicht dominierend. Mathematisch sind sowohl Anteile der diskreten Optimierung als auch der Statistik und der nichtlinearen Systeme wichtig.

Gleichgewichtig zu den methodischen Anteilen gibt es die biologischen. Diese gliedern sich in Genetik, Zellbiologie, Biochemie, Mikrobiologie, Biotechnologie, Pharmazie und Medizin sowie Agrobiologie. Ich würde sagen, dass Biologie und Methodik das Gebiet gleichgewichtig unter sich aufteilen. Allerdings ist der Kunde der Bioinformatik der Biologe, und das bricht die Symmetrie unter den beteiligten Disziplinen. Deshalb werden relevante bioinformatische Beiträge auch eher in biologischen als in informatischen Zeitschriften veröffentlicht.

Wie sieht die Interaktion mit der Biologie, der Pharmazie und der Medizin als den Anwendungsgebieten aus? Was sind die positiven Impulse für das Anwendungsgebiet?



Es gibt mehrere Kooperationszenarien. Erstens die „Big Science“: Die Drahtzieher solcher Projekte sind die Datengeneratoren, die mit neuartiger Technologie große biologische Datensätze erzeugen, etwa gesamte Genome, viele Proteinstrukturen, viele oder alle Proteininteraktionen in einer Zeile, genomweite Epigenetikdaten usw.

Die Autorenkonsortien solcher Projekte sind groß (bis zu viele Dutzend), und die Bioinformatiker sind eine kleine Gruppe darunter. Ein Bioinformatiker tritt dabei häufig als Zweitautor oder Zweit-Seniorautor auf, aber nicht als Erstautor oder Seniorautor. Die Kooperation ist eng auf täglicher Basis. Zweitens die „Small Science“: Hier werden mit weniger Geldaufwand und in kleineren Konsortien (bis zu zwei Dutzend Autoren) fokussierte Daten generiert und analysiert. Hier können Bioinformatiker auch mal Erstautoren und Seniorautoren sein. Auch hier ist die Kooperation eng auf täglicher Basis. Im dritten Szenario werden Daten aus „Big Science“ nach einer Erstanalyse auf das Netz gestellt, wo sie dann von unabhängigen Bioinformatikergruppen weiter analysiert werden. Diese Gruppen haben keine direkte Kooperation mit den Datengeneratoren. Hier können Methodiken ohne das Primat des Datengenerators vorangetrieben werden.

Ferner bilden sich die entsprechenden Datenmengen oft zu hilfreichen Benchmark-Sets für weitere Methodenentwicklung heraus. Das Problem solcher Forschung ist, dass die Relevanz nicht gesichert ist. D.h., es ist unklar, ob die entwickelte Methodik je von Biologen nachgefragt wird. Dennoch ist ein beträchtlicher Teil der bioinformatischen Forschung, insbesondere von Gruppen, die sich mit direkten Kontakten zu Biologen schwer tun, von diesem Charakter.

Es ist allenthalben völlig unumstritten, dass biologische Daten

heute ohne bioinformatische Mittel nicht analysiert werden können. Daher hat die Bioinformatik insgesamt in der Biologie kein Rechtfertigungsproblem. Einzelne Gruppen können dieses Problem jedoch haben. Dem entgeht man am besten durch direkte Kooperation mit Biologen.

#### Wie funktioniert der Rückfluss an neuen Methoden und neuen Problemstellungen aus der Bioinformatik in die Informatik?

Der Rückfluss in die Informatik steht generell nicht auf der Agenda von Bioinformatikern. Das liegt daran, dass sich die Bioinformatik der Mehrung biologischen Wissens verschreibt und dass ihre Kunden Biologen sind. Dennoch gibt es eine ganze Reihe von Befruchtungen, die von der Bioinformatik in die Informatik hinein gehen. Zunächst kommen viele Anstöße im Bereich des statistischen Lernens aus der Bioinformatik.

Dazu gehören das Lernen von Strukturen statt Zahlen (Regression) oder Klassen (Klassifikation). Ferner sind systematische Validierungsmethoden mit statistischen Verfahren in der Bioinformatik gut etabliert. Das ist auch in der Informatik notwendig, wird aber dort anscheinend weit weniger und auch weniger professionell praktiziert. Auch ist die Bioinformatik eine treibende Disziplin für informatische Entwicklungen im Bereich der Visualisierung und der Internet-Technologie. Außerdem ist die Bioinformatik eine datengetriebene Disziplin. Die professionelle Behandlung, Kurierung und Interpretation von Daten ist etwas, das segensbringend in die Informatik übernommen werden kann. Dazu gehören die systematische Ableitung repräsentativer Unterdatenmengen aus Datenbanken sowie die statistische Signifikanzanalyse von Ergebnissen von Interpretationsmethoden.

Dagegen passen klassische Konzepte der Informatik, insbesonde-

re der theoretischen Informatik, nicht besonders gut auf die Bioinformatik. Wie schon erwähnt, spielt exakte Optimierung nur eine untergeordnete Rolle, Approximationsalgorithmen mit garantiertem Worst-Case Verhalten sind irrelevant (wie die Analyse von Worst-Case Verhalten überhaupt), klassische Datenbankkonzepte treten hinter praktikablen Ansätzen zum Management großer Mengen heterogener Daten zurück.

Letztlich beschäftigt sich die Bioinformatik nicht mit dem möglicherweise direkt für die Informatik interessanten Problem des Rechnens mit Mitteln der Biologie. Biologische Hardware-Ansätze zum DNA Computing vor zehn Jahren haben nicht gefruchtet. Man bastelt hier und da an molekularen Schaltern etc., aber das sind im Vergleich zu der großen bioinformatischen Bewegung Einzelfälle. Übertragungen von Prinzipien der Evolution in Berechnungsparadigmen sind meist hoch abstrahierte Varianten der Biologie und oft allein unter statistischen Gesichtspunkten analysierbar.

Die Intensität der Befruchtung von Biologie in Richtung Informatik ist m.E. hier nicht zu vergleichen mit dem Dienst, den die Informatik in der Bioinformatik an der Biologie tut. Es gibt Versuche, Paradigmen des Immunsystems in Berechnungsparadigmen zu übersetzen (Artificial Immune Systems). Auch hier erkenne ich keine mit der Bioinformatik vergleichbare interdisziplinäre Tiefe.

Die Bioinformatikgemeinde identifiziert sich aufgrund ihres biologischen Kundenmodells auch nicht vorrangig mit diesen Fragestellungen. Auf Hardwareseite mag irgendwann ein komplementäres Gebiet einer „Biologischen Informationstechnik“ entstehen, das es aber zurzeit nicht gibt. Es kann auch sein, dass innovative Hardwareentwicklungen wie Quantencomputing schneller sind.

## Eppendorf Young Investigator Award

## Zentrosomen, Fruchtfliegen und Krebs – und: Kommt das Leben von fremden Planeten?

**Z**um 13. Mal verlieh das Hamburger Biotech-Unternehmen Eppendorf den „Young Investigator Award“. Der Forschungspreis zeichnet auf europäischer Ebene herausragende Arbeiten biomedizinischer Forschung aus. In diesem Jahr wurde Dr. Mónica Bettencourt-Dias vom Instituto Gulbenkian de Ciência in Oeiras, Portugal, ausgewählt. Eppendorf fördert mit diesem Preis junge europäische Wissenschaftler, die maximal 35 Jahre alt sind.

Der Jury-Vorsitzende Prof. Dr. Kai Simons, geschäftsführender Direktor des Max-Planck-Instituts für Molekulare Zellbiologie und Genetik in Dresden und Präsident der European Life Scientist Organisation, erläuterte die Arbeit der Preisträgerin vor über 100 geladenen Gästen aus Wirtschaft und Forschung wie hier wiedergegeben.

Prof. Kai Simons übergibt den Preis an Dr. Mónica Bettencourt-Dias (Foto: RK).



Die Zelle ist die Grundeinheit des Lebens. Das Leben setzt sich durch Zellteilung fort. Die Mutterzelle wächst, teilt sich und bildet eine Tochterzelle. „Omnis cellula e cellula“ war Virchows gefeierter Aphorismus, der diese bemerkenswerte Tatsache bereits im Jahre 1858 darlegte. Zwei entscheidende Vorgänge müssen abgeschlossen sein, bevor sich eine Zelle teilen kann: die Replikation der DNA und die Verdopplung des Zentrosoms. Über die Replikation der DNA in unseren Chromosomen ist relativ viel bekannt. Sehr viel weniger weiss man hingegen über die Verdopplung der Zentrosomen.

Der Eppendorf Award wird Mónica Bettencourt-Dias heute für ihre Arbeit über Zentrosomen verliehen. Theodor Boveri beschrieb vor über 100 Jahren diese Zellstruktur und ihre Rolle bei der Zellteilung und Fertilisation äußerst treffend. Das Zentrosom fungiert als „Microtubule-organizing center“ (MTOC) von dem aus Mikrotubuli Filamente bilden, die vom Zellkern bis zur Zellmembran strahlenförmig angeordnet sind. Entlang dieser Filamente werden Membranvesikeln und Proteinpakete von Motoren zu verschiedenen Zielorten in der Zelle transportiert. Die Transportsysteme in der Zelle ähneln somit in gewisser Weise Skiliften in den Skigebieten der Alpen. Die Zentrosomen selbst bestehen aus einem Zentriolenpaar, das wiederum aus kurzen, zylinderförmig angeordneten Mikrotubuli besteht. Die Zentriolen sind von Proteinen umgeben. Diese Struktur mit dem Zentriol im Zentrum bezeichnet man als Zentrosom. Wenn die Zelle für die Zellteilung bereit ist, lösen sich die vom Zentrosom strahlenförmig verlaufenden Filamenten des Mikrotubuli plötzlich auf und die Mikrotubuli bilden den

mitotischen Spindelapparat. Die verdoppelten Zentrosomen teilen sich und wandern zur gegenüberliegenden Seite des Zellkerns. Die beiden Zentrosomen bilden die zwei Pole des mitotischen Spindelapparates. Die Mikrotubuli verbinden sich mit den Chromosomen und ziehen diese während der Zellteilung zu den Spindelpolen. In der Mutter- und Tochterzelle bildet sich ein Zellkern.

Noch bis vor kurzem waren Zentrosomen und Zentriolen mehr oder weniger geheimnisvolle Zellstrukturen, über die nur sehr wenig bekannt war. Verstärkte Forschungsaktivitäten in den letzten Jahren hat die Forschung in diesem Bereich nach vorne gebracht. Zentrosomen sind nicht nur strukturelle Elemente bei der Organisation von Mikrotubuli. Sie sind auch Signalzentren mit interessanten Funktionen.

Sie können ferner zum Basalkörper von Cilien und Flagellen werden. Die Spermie besitzt beispielsweise ein Flagellum. Dieses ist ein bewegliches Schwanzteil, das das Spermium benötigt, um sich in Richtung des zu befruchtenden Eis zu bewegen. Aufgrund der in ihnen lokalisierten Proteine, die bei Nierenerkrankungen wie Polycystic Kidney Disease (PKSD) eine Rolle spielen, sind auch die vom Basalkörper ausgehenden Cilien plötzlich in den Mittelpunkt der Aufmerksamkeit gerückt. Cilien sind mechanosensorische Signalstrukturen, die wichtige Zellfunktionen regulieren. Es ist offensichtlich, dass Zentrosomen und Zentriolen viele verschiedene Aufgaben in den Zellen übernehmen. Daher ist es auch wichtig zu verstehen, wie sie aufgebaut sind, welches ihre strukturellen und regulatorischen Elemente sind, und wie sie ihre vielen Funktionen in



den Zellen ausführen. Es handelt sich dabei um komplexe Strukturen, die aus vielen Proteinen zusammengesetzt sind. Daher waren neue Strategien notwendig, um diesen komplizierten Aufbau zu verstehen.

Und nun kommt Mónica Bettencourt-Dias ins Spiel. Sie hat die Zentrosomen bei der Fruchtfliege *Drosophila* untersucht. Warum ausgerechnet die *Drosophila*? Durch die verfügbaren genetischen Tools zur Analyse der Funktionen in diesen Organismen handelt es sich bei der *Drosophila* um einen hervorragend geeigneten Modellorganismus für komplexe Zellprozesse. Es hat sich immer wieder in überzeugender Weise gezeigt, dass sich die Erkenntnisse, die man mit Fliegen gewonnen hat, auch auf den Menschen übertragen lassen. Das ist das Schöne bei der Molekularbiologie. Die molekularen Mechanismen sind bei den verschiedenen Organismen ähnlich aufgebaut. Auch wenn es einen anderen Anschein haben mag sind die Life Scientists noch immer hauptsächlich mit den grundlegenden Mechanismen, die das Leben bestimmen, beschäftigt.

Mónica Bettencourt-Dias entwickelte ein Assay, mit dem bei der *Drosophila* die Zellteilung mit 20 verschiedenen Parametern einschließlich der Zentrosomfunktion analysiert wird. Damit ist es möglich, alle phosphorylierungsrelevanten DNA-Sequenzen bei Enzymen zu deaktivieren. Es handelt es sich hierbei um regulatorische Schlüssel-moleküle. Unter anderem entdeckte sie eine Serin/Threonin Kinase und wies deren zentrale Rolle bei der Regulation der Biogenese von Zentrosomen nach. Es hat sich schon früher gezeigt, dass dieses Enzym die Bildung von Tumoren bei Mäusen unterdrücken kann. Als das Enzym in den Zellen der *Drosophila* ausgeschaltet wurde, führte dies zu einer Abnahme von Zentriolen, der Kernstruktur von Zentrosomen.

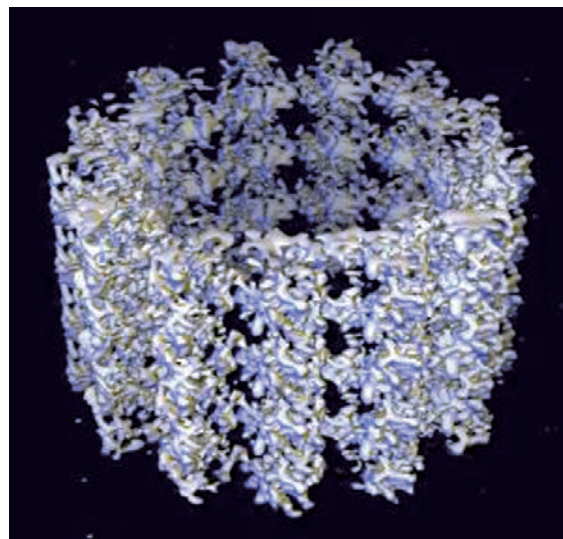
Die Fliegen konnten ferner keine Basalkörper mehr in Spermienzellen bilden, und somit fehlten dem

Spermium funktionsfähige Flagellen. Durch die Überexpression dieser Kinase in einer weiteren Studie konnte Mónica Bettencourt-Dias eine Zunahme der Zentriolenzahl hervorrufen. Beim frühen *Drosophila*-Embryo, wo es normalerweise um die 130 Zentriolen gab, wurden nach Überexpression der SAK-Kinase mehr als 3500 gezählt.

Sie analysierte ferner ein klassisches Problem bei der Biogenese von Zentrosomen, das bereits diskutiert wurde, als Theodor Boveri seine Pionierarbeit im Bereich der Zentrosomen in *Ascaris* durchführte. Die Frage ist, ob Zentrosomen de novo gebildet werden können oder ob das Mutterzentriol als bona fide Matrix agiert, um ein Tochterzentriol zu produzieren. Boveri zeigte, dass einem unbefruchteten Ei die Zentriolen fehlen. Das Zentriol erhält es dann nach der Fertilisation vom Basalkörper des Spermiums. Auf Grundlage dieser wichtigen Beobachtungen erklärte Boveri, dass eine Verdopplung der Zentriolen nicht ohne Matrix stattfinden könne.

Mónica Bettencourt-Dias nutzte die moderne Methoden der Molekularbiologie und konnte nachweisen, dass in unbefruchteten *Drosophila*-Eiern (fehlendes Zentriol) nach der Überexpression der Serin/Threonin Kinase die Produktion von Zentriolen begann. Scheinbar können Eier Zentriolen de novo bilden, ohne dass hierfür eine Matrix vorhanden sein muss.

Die Bedeutung dieser Studien für die Bekämpfung der Tumorge-nese ist sehr groß. Schon Boveri erklärte, dass die Zentrosomen bei der Bildung von bösartigen Tumoren eine Rolle spielen. Heutzutage weiss man, dass die Zentrosomzahl in Krebszellen häufig erhöht ist. Nach der Herabregulation der Serin/Threonin Kinase konnte Mónica Bettencourt-Dias zeigen, dass in menschlichen Tumorzellen eine anormale Zellteilung erfolgt und dass diese Zellen leichter absterben als die Steuerzellen. Wahrscheinlich ist die bei einer Verminderung der Serin/Threonin Kinase zu beobachtende fehlerhafte Zellteilung



Kryo-elektronenmikroskopische 3-D-Rekonstruktion eines Mikrotubulus (Auflösung: ca. 0,8 nm; Abb.: United States Department of Energy).

auf die Rolle dieses Steuerenzym bei der Biogenese von Zentrosomen zurück zu führen.

### Die diesjährige Preisträgerin

Mónica Bettencourt-Dias wurde 1973 geboren. Sie ist Portugiesin. Sie studierte Biochemie an der Faculdade de Ciências de Lisboa in Portugal. Sie trat in das angesehene Gulbenkian Graduate Programm ein und belegte nach beendetem Studium für ein Jahr Kurse am Instituto Gulbenkian de Ciencia in Oeiras bei Lissabon. Sie promovierte unter Professor Jeremy Brockes am University College in London. Nach ihrer Promotion ging sie an die Universität Cambridge, wo sie zusammen mit Professor David Glover Forschungen zur Zellzyklusregulation betrieb.

Die Preisträgerin ist seit 2006 Gruppenleiterin am Instituto Gulbenkian de Ciência in Oeiras. Sie hat um sich herum eine aktive Forschungsgruppe versammelt. In ihrem Labor kommt eine integrierte Vorgehensweise zum Einsatz, um die Biogenese und Funktion von Zentrosomen bei der *Drosophila* und in menschlichen Zellen zu untersuchen. Sie kombiniert bei diesem interessanten Forschungsgebiet Zellbiologie, Genetik, Bioinformatik und mathematische Modelle. Sie gehört zur neuen Generation der Molecular Life

Scientists, die reduktionistische Strategien mit ganzheitlichen Ansätzen kombiniert, um detaillierte Einblicke in Zell- und Gewebestrukturen zu erhalten. Da die zentrosomale Funktion eine zentrale Rolle bei Regulationsprozessen spielt, die zu Krebs führen, wird ihre Arbeit möglicherweise eine große Bedeutung für praktische Anwendungen haben.

### Panspermiethorie

Mit Donner aus den Bass-Boxen brachte dann Prof. Dr. Dieter Stöffler, ehemaliger Direktor des Museums für Naturkunde in Berlin, den Zuhörern die Idee nahe, das Leben könne aus dem Weltall auf die Erde getragen worden sein. Überlegungen zu Wahrscheinlichkeiten von Meteoriteneinschlägen führten ihn zu dieser Hypothese.

Nach seinen Aussagen sind 95 Prozent der Einschläge von Meteoriten auf dem Mond älter als 3,5 Milliarden Jahre. Das zeige die Struktur und Verteilung der verschiedenen großen Krater. D.h. die meisten kleinen Meteoriten sind bereits in der Frühphase des Sonnensystems von Planeten und Monden abgefangen worden. Es käme jedoch im Laufe der Zeit immer wieder zu Einschlägen großer Meteoriten – die ganz allgemein Überbleibsel aus der Staub- und Gasscheibe aus dem Anfangsstadium des Planetensystems sind, aus zerfallenen Kometen stammen oder von anderen Planeten kommen, hochgeschleudert nach Meteoriteneinschlägen dort.

Die Wahrscheinlichkeit großer Meteoriteneinschläge auf der Erde verringere sich mit der Größe. Allerdings habe es schon große Einschläge gegeben. So sei das Explosionsereignis in der Tunguska 1908 wohl auf einen aus Einzelteilen zusammengepressten Meteoriten mit ca. 60 Metern Durchmesser zurückzuführen, der durch seine lockere Konsistenz vor dem Aufprall vollständig zerstört wurde und keinen großen Krater hinterließ.

Solche Meteoritenkrater sind jedoch der Arizona-Krater (ca. 50 000

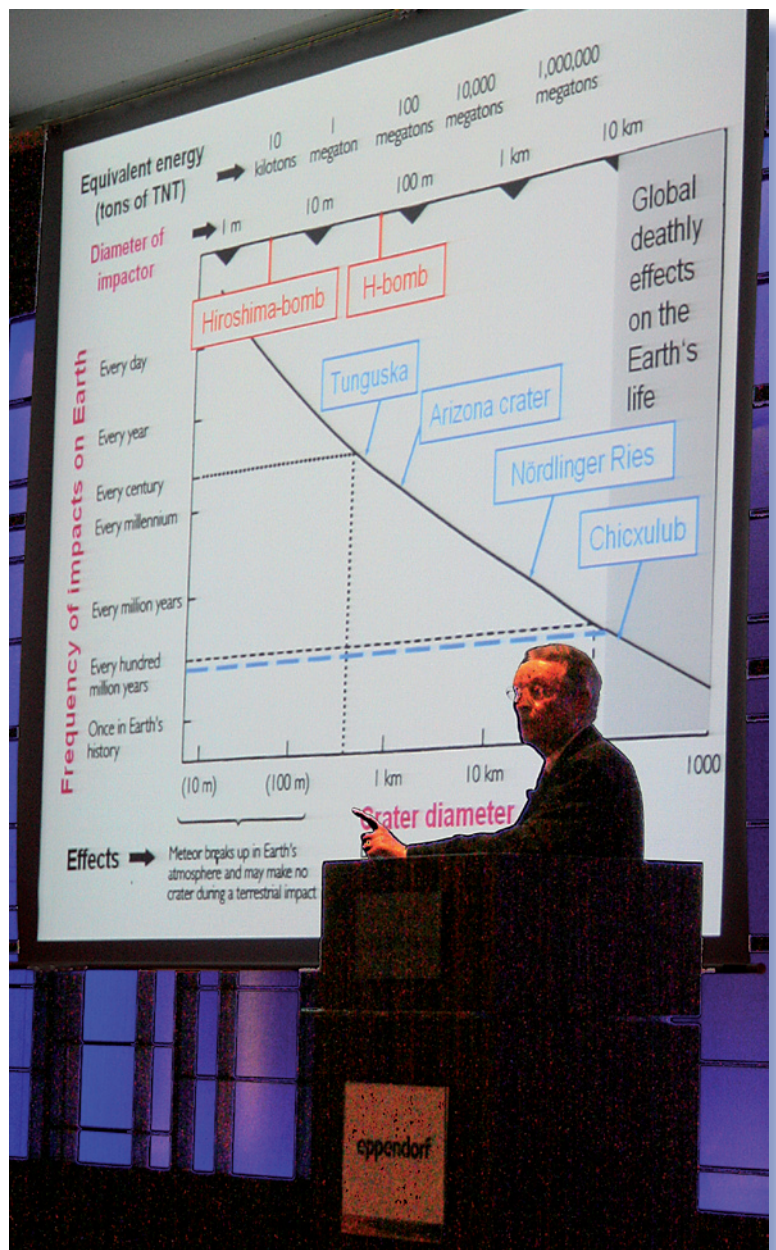
Jahre alt, 1,5 Kilometer Durchmesser, 170 Meter tief, hervorgerufen durch einen 50-Meter-Meteoriten), das Nördlinger Ries in Bayern an der Grenze zu Baden-Württemberg (ca. 14 Millionen Jahre alt, 23 Kilometer Durchmesser, Meteoritengröße etwa 700 Meter) sowie als größter der Chicxulub-Krater auf Yucatan in Mexiko. Er ist ca. 65 Millionen Jahre alt, 180 Kilometer groß und geht auf einen Meteoriten von etwa zehn bis 15 Kilometer Durchmesser zurück und wird mit dem Aussterben der Dinosaurier in Verbindung gebracht – wo-

mit wir wieder beim Thema wären. Ein solches Ereignis, mehr als einmillionenfach so stark wie die stärkste Wasserstoffbombe mit ca. 60 Megatonnen TNT-äquivalenter Sprengkraft, hätte laut Stöffler tödliche Auswirkungen auf das Leben auf der Erde.

Erfreulicherweise ist solch ein Ereignis jedoch selten; es tritt im Durchschnitt nur etwa alle 100 Millionen bis 200 Millionen Jahre auf.

Stöffler schließt daraus sowie aus der Annahme, dass die Entstehung primitiven Lebens (Einzeller) aus einfachen Molekülen in ge-

Immer wieder zerstörten Meteoriteneinschläge, weitaus stärker als Wasserstoffbomben, Lebensbedingungen auf der Erde, zeigte Prof. Dieter Stöffler in Düsseldorf (Foto: RK).





eigneter Umgebung selbst nach Expertenmeinung etwa zehn bis 100 Millionen Jahre benötigt, dass das Leben vor höchstens vier Milliarden Jahren auf der Erde seinen Anfang genommen haben könnte – vorher gab es zu viele Meteoriteneinschläge, siehe Mond. Oder aber, dass erste Lebensspuren in späterer Zeit nach Entstehung auf anderen Planeten durch Meteoriten auf die Erde übertragen worden seien, wodurch die Entwicklungszeit bis hin zu höheren Lebensformen erheblich verkürzt würde.

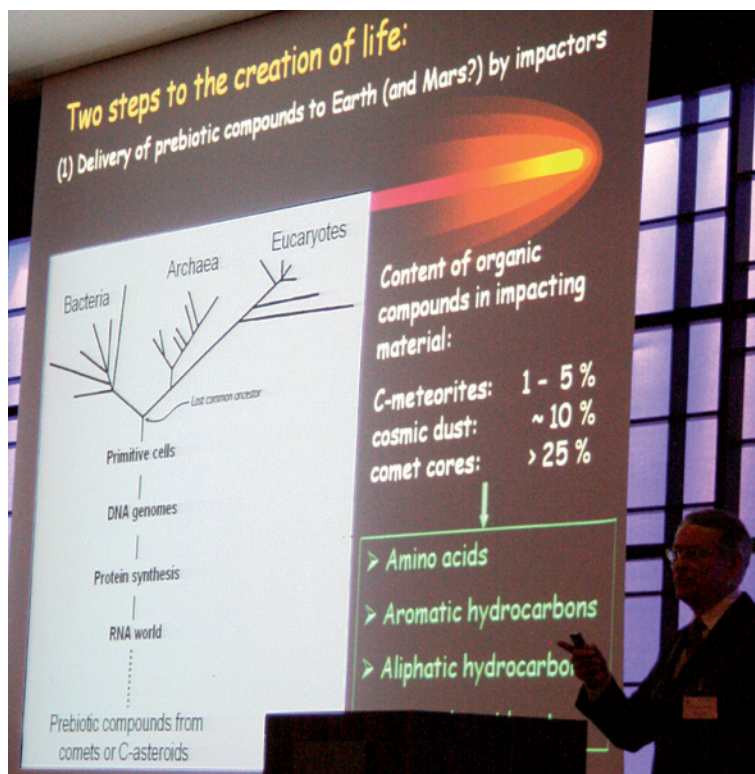
Der Wissenschaftler bringt für diese Hypothese, die sich Lithopanspermie nennt, noch zwei wichtige Argumente an. Zum einen sei der Mars vor etwa zwei Milliarden Jahren in einer Lebenszone gewesen, ähnlich wie die Erde heute – die übrigens in zwei weiteren Milliarden Jahren unserem jetzt bekannten Leben keinen Raum mehr bieten würde. Zum anderen hätten Experimente gezeigt, dass Bakterien Drücke von mehr als 400 000 Atmosphären aushalten könnten. Mit dieser Toleranz ließe sich ein Meteorit als Vehikel zwischen Planeten nutzen und ein Einschlag überleben.

### Science Prize Neurobiology



Rachel Wilson (Bild: Eppendorf)

Wenige Tage vor der Vergabe des Young Investigator Awards hatte Eppendorf zusammen mit dem Wissenschaftsmagazin Science in San Diego, Kalifornien, den „Eppendorf & Science Prize for Neurobiology“ vergeben. Der mit 25 000 US-Dollar dotierte Preis



Weltraumobjekte wie Meteoriten enthalten organische Verbindungen. Sie könnten zu einer beschleunigten Lebensentstehung auf der Erde beigetragen haben (Foto: RK).

ging an Dr. Rachel Wilson von der Harvard Medical School, USA, für ihre Studie zu den der chemischen Wahrnehmung zugrunde liegenden neuronalen Schaltkreisen. Auch mit diesem Preis werden junge Wissenschaftler gefördert, die maximal 35 Jahre alt sind. Sie sollen mit Methoden der Molekular- und Zellbiologie herausragende Beiträge zur neurobiologischen Forschung geleistet haben.

In ihrer mit dem Preis ausgezeichneten Arbeit beschreibt Wilson eine Reihe kürzlich durchgeführter Studien aus ihrem Labor, mit denen untersucht wurde, wie die Kodierung von Gerüchen im Gehirn der Fruchtfliege *Drosophila melanogaster* erfolgt. Die Studien zeigten, dass olfaktorische Signale beim Passieren der Hirnschaltkreise eine Reihe spezifischer Transformationen durchlaufen, welche diese Signale für die Neuronen höherer Ordnung, die Verhaltensreaktionen auslösen, besser verwertbar machen sollen. Diese Forschung könnte helfen, künstliche Geräte zur Geruchserkennung in Verbindung mit Krankheiten oder gefährlichen Chemikalien zu optimieren. Prof. Kai Simons/Rolf Kickuth

Forscher des Fraunhofer-Instituts für Kurzzeitdynamik (Ernst Mach Institut, EMI) simulierten die Druckwelle, die auf dem Mars beim Einschlag eines Meteoriten entsteht. Dazu brachten sie einen Sprengstoffzylinder zur Detonation, der eine Metallplatte beschleunigte. Diese Metallplatte wiederum traf auf einen Probenbehälter aus Stahl, in dem zwei dünne Gesteinsplättchen eingebaut waren, zwischen denen sich eine Schicht aus Mikroben befand. Traf die Metallplatte auf den Probenbehälter, entstand eine Druckwelle, die durch die Gesteinsplättchen und die Mikrobenschicht hindurch lief. Das Erstaunliche: Selbst bei 400 000-fachem Atmosphärendruck überlebten etwa ein Zehntausendstel der Mikroben den Aufprall der Metallplatte. Der Hauptgrund dafür: Der unwirtliche Druck dauerte nur einige Sekundenbruchteile an – ähnlich wie beim Einschlag eines Meteoriten. Das Bild zeigt den intakten Probenbehälter im Zentrum des zerstörten Stahlklotzes (Abb.: Fraunhofer EMI).



## Kohlenstoff-Kohlenstoff-Dreifachbindungen Bei Raumtemperatur spalten und neu knüpfen

**F**orscher an der **Technischen Universität Braunschweig** haben jetzt eine Methode entwickelt, mit der sie **Kohlenstoff-Kohlenstoff-Dreifachbindungen bei Raumtemperatur spalten und neu knüpfen können**.

Das Element Kohlenstoff gehört zu den wichtigsten Bausteinen des Lebens und kommt in allen Lebewesen sowie überall in unserer Umwelt vor. Kohlenstoffatome können sich untereinander und auch mit anderen chemischen Elementen durch Einfach-, Doppel- und Dreifachbindungen zu Ketten und Ringen zusammenschließen und besitzen dadurch die Fähigkeit, komplexe Moleküle zu bilden.

Prof. Matthias Tamm und sein Team haben, um C-C-Dreifachbindungen herzustellen, einen speziellen Katalysator geschaffen. Dieser hochaktive Metallkomplex ist ein Schlüssel zu

einer Vielzahl neuer Materialien, von neuen Medikamenten über bisher unbekannte Hightechprodukte bis hin zu Schmetterlingsdüften.

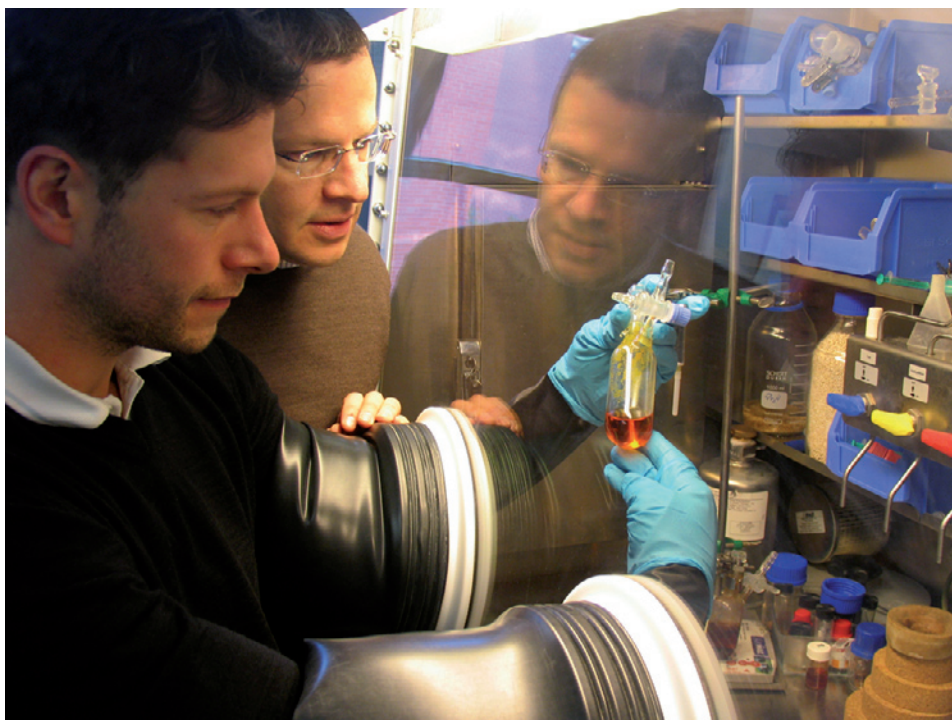
2005 wurde der Nobelpreis für Chemie an Wissenschaftler verliehen, die es geschafft hatten, hochaktive Katalysatoren für die Spaltung von Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen zu entwickeln. Die Entdeckung löste eine Vielzahl neuer Forschungsarbeiten aus, die in der Pharmaindustrie ebenso umgesetzt werden wie zum Beispiel in der Entwicklung moderner Kautschukmaterialien. Die Spaltung der stabileren Dreifachbindungen ist im Vergleich dazu noch aufwändiger und ermöglicht im Erfolgsfall ein noch größeres Anwendungsspektrum.

Wenn man C-C-Dreifachbindungen löst beziehungsweise spaltet, können die Molekülhälften ihre Plätze tauschen und

untereinander neu kombiniert werden. Es kommt zur Metathese (meta = wechsel; these = Position).

Spezielle Katalysatoren bewirken diese Reaktion: Imidazolin-2-iminato-Alkyldinwolframkomplexe, das sind Moleküle, die ihrerseits eine Metall-Kohlenstoff-Dreifachbindung besitzen und dadurch zur Wechselwirkung mit Kohlenstoff-Kohlenstoff-Dreifachbindungen und deren Spaltung befähigt sind. Die Grundlagen dieser Chemie wurden vom deutschen Nobelpreisträger für Chemie (1973) Prof. Dr. Ernst Otto Fischer (geboren 1918, gestorben in diesem Jahr) gelegt, der zum ersten Mal die Existenz von Metall-Kohlenstoff-Dreifachbindungen nachweisen konnte. Die neuen Katalysatoren wurden jetzt von Tamm und seiner Arbeitsgruppe zum Patent angemeldet. Sie beschleunigen wie alle Katalysatoren die erwünschten chemischen Reaktionen, ohne dabei selbst verbraucht zu werden.

Prof. Matthias Tamm (rechts) und Stephan Beer betrachten den Katalysator, der unter Argon-Schutzgas in einer Glovebox (einem Handschukasten) gehandhabt wird (Foto: TU Braunschweig).



### Neue Medikamente und Schmetterlingsdüfte

„Im Laborversuch ist die Alkinmetathese in der Vergangenheit mehrfach gelungen“, so der Wissenschaftler. „Aber erst durch unsere Katalysatoren kann man diese Reaktion bereits bei Raumtemperatur erreichen. Dadurch wird das Verfahren für die industrielle Nutzung besonders interessant.“ Das Spektrum neuer Produkte ist sehr groß und wird erst in den nächsten Jahren voll erschlossen sein. Zu den wichtigsten Anwendungsgebieten gehören die Entwicklung neuartiger Medikamente und neuer Kunststoffe.

So wurden in Kooperation mit der Arbeitsgruppe um Prof. Dr. Alois Fürstner vom Max-Planck-



Institut für Kohlenforschung in Mülheim/Ruhr bereits erste Erfolge bei der Synthese von pharmakologisch aktiven Naturstoffen erreicht. Eine ähnliche Zusammenarbeit besteht auch mit Prof. Dr. Stefan Schulz vom Institut für Organische Chemie der TU Braunschweig, in deren Rahmen die Synthese von Schmetterlings-Duftstoffen untersucht wird.

### Leuchtende Farben für ultradünne Monitore

Auch das Institut für Hochfrequenztechnik der TU Braunschweig ist an den neuen Katalysatoren zur Herstellung von elektrooptischen Verbindungen interessiert. Unter der Leitung von Prof. Dr. Wolfgang Kowalsky und Dr. Hans-Hermann Johannes werden dort ultraflache, flexible Bildschirme entwickelt. Sie funktionieren auf der Basis organischer Materialien, die Licht aussenden. Ziel ist es, in Zukunft Monitore anbieten zu können, die dünn

wie Plastiktüten sind und dabei brillante, von allen Blickwinkeln sichtbare Bilder liefern.

„Wir haben bereits Materialproben hergestellt, die intensiv leuchten und für den Aufbau von organischen Leuchtdioden (OLED) geeignet sind. Die Synthese dieser Farbstoffe, die aus konjugierten Benzolringen und Kohlenstoff-Kohlenstoff-Dreifachbindungen bestehen, wurde durch den Einsatz der Alkinmetathese extrem vereinfacht,“ berichtet Tamm. „Nun steht die Synthese größerer Substanzmengen und die Variation der chemischen Struktur an, um Licht in verschiedenen sichtbaren Farben erzeugen zu können“. Dabei wird auch mit der Firma Innochemtech zusammengearbeitet, die Räumlichkeiten am Institut für Anorganische und Analytische Chemie nutzt. So wurden EU-Fördermittel beantragt, um zukünftig die Produktion und den Vertrieb der patentierten Katalysatoren zu entwickeln.



### Rot leuchtende Katzen

In Südkorea gibt es jetzt Katzen, die bei ultravioletter Bestrahlung rot leuchten. Die rechte Katze auf diesem Bild hat ein rot fluoreszierendes Protein (RFP) im Erbgut (Foto: Gyeongsang National University). Wissenschaftler der Gyeongsang National University hatten zunächst rot fluoreszierende Proteine (RFP) in das Erbgut von Katzen-Hautzellen eingebracht und dann deren Kerne gegen die Zellkerne von Eizellen ausgetauscht; Spenderkatzen gebären daraus vier Klon-Katzen; eine starb bei der Geburt. Nach Angaben der Forscher ist es ihnen erstmals gelungen, genmanipulierte Tiere zu klonen, deren Erbgut nicht 100-prozentig mit dem des Zellkernspenders identisch ist.

## Proteine, Gene und Hormone

**Rheuma, Diabetes oder Multiple Sklerose** werden durch autoaggressive T-Zellen stimuliert. Forscher vom Universitätsspital Basel zeigten, dass heranreifende T-Zellen an MHC-Moleküle binden: eine schwache Bindung blockiert die Entwicklung, eine starke Bindung löst Apoptose aus, nur bei mäßiger Bindung reifen Abwehrzellen heran. Übrig gebliebene T-Zellen mit starker Bindung können Ausgangspunkt für Autoimmunerkrankungen sein.

**Die maximale Lebensdauer** fast jeder Tierart lässt sich aus der Analyse der 13 Proteine des mitochondrialen Genoms vorhersagen. Wissenschaftler der Universität Mainz stellten fest, dass die chemische Stabilität bezüglich Oxidation entscheidend für die Lebensdauer einer Art ist. Die Mechanismen des biologischen Alterns sind offenbar für alle Lebewesen aus dem Tierreich dieselben, was für die Erforschung des menschlichen Alterns von großer Relevanz ist.

**Lithium** wird vor allem bei manisch-depressiver Störung eingesetzt. Bisher ist der Therapieerfolg unsicher. Forscher der Charité in Berlin entdeckten auf dem Gen für das Enzym Glycogen Synthase 3-beta (GSK3B) eine Variation, die die Patienten besser auf die Lithiumtherapie ansprechen lässt. Ein Gentest könnte in Zukunft die Wahrscheinlichkeit vorhersagen, dass Lithium dem Patienten hilft. So kann eine maßgeschneiderte Therapie für den Patienten entwickelt werden.

**Alzheimer-Patienten** besitzen häufig eine bestimmte Variante des Gens für Cystatin C, die dazu führt, dass weniger Cystatin C im Körper freigesetzt wird. Wissenschaftler des Nationalen Genomforschungsnetzes haben gezeigt, dass Cystatin C die Bildung der charakteristischen Amyloid-Plaques verringern kann. Durch die Einschleusung eines Gens in das Mausgenom erreichten sie, dass die Tiere vermehrt das menschliche Protein Cystatin C herstellten. Eventuell kann eine Erhöhung des Cystatin C-Spiegels die Plaquebildung auch beim Menschen reduzieren.

**Die Transkriptionsinitiierung** wurde bisher als statischer Prozess betrachtet, bei dem Transkriptionsfaktoren an einer Stelle der DNA binden und wieder loslassen. Ein Forscherteam an der LMU München berichtete über den Negativen Cofaktor 2 (NC2), der das TATA-Box bindende Protein (TBP) auf Promotoren entlang der DNA in Bewegung setzt. Diese Bewegung entlang der DNA impliziert neue Möglichkeiten, Promotoren zu erreichen oder aber sie zu räumen.

**Das Gen c-Kit** spielt eine entscheidende Rolle bei der Wahrnehmung von Hitze und Verbrennungen. Bei einer Verletzung der Haut wird c-Kit stimuliert, dadurch sinkt die Schmerzschwelle für Hitze, haben Wissenschaftler vom MDC für Molekulare Medizin in Berlin-Buch an Mäusen festgestellt. Eine ähnliche Wirkung hat das Krebsmedikament Imatinib, es blockiert c-Kit. Jetzt wollen die Forscher untersuchen, ob Imatinib tatsächlich Schmerzen bei Patienten lindern kann.

## Kohlenstoff-Kohlenstoff-Dreifachbindungen

## Bei Raumtemperatur spalten und neu knüpfen

**A**m Institut für Physikalische Chemie der Universität Stuttgart gelang es jetzt, die Elementarschritte der Reaktion bei der Synthese von Phenol aus Benzol auf der molekularen Ebene in Ansätzen zu verstehen. Dadurch soll es möglich werden, die weit verbreitete Chemikalie effizienter und ökologisch unbedenklich herzustellen.

Wege, um den Luftsauerstoff unmittelbar für katalytische Oxidationen zu nutzen, suchen Wissenschaftler im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 706 (Katalytische Selektivoxidationen von C-H-Verbindungen mit molekularem Sauerstoff) unter Federführung der Universität Stuttgart. Solche Oxidationen zählen zu den zentralen Reaktionen im Labor, in industriellen Prozessen und im Stoffwechsel lebender Zellen.

Phenol wird weltweit jährlich in Mengen von etwa sieben Millionen Tonnen produziert und ist ein zentrales Ausgangsmaterial bei der Herstellung von Kunststoffen, die beispielsweise bei CD-Scheiben, Automobilteilen und Sicherheitsgläsern

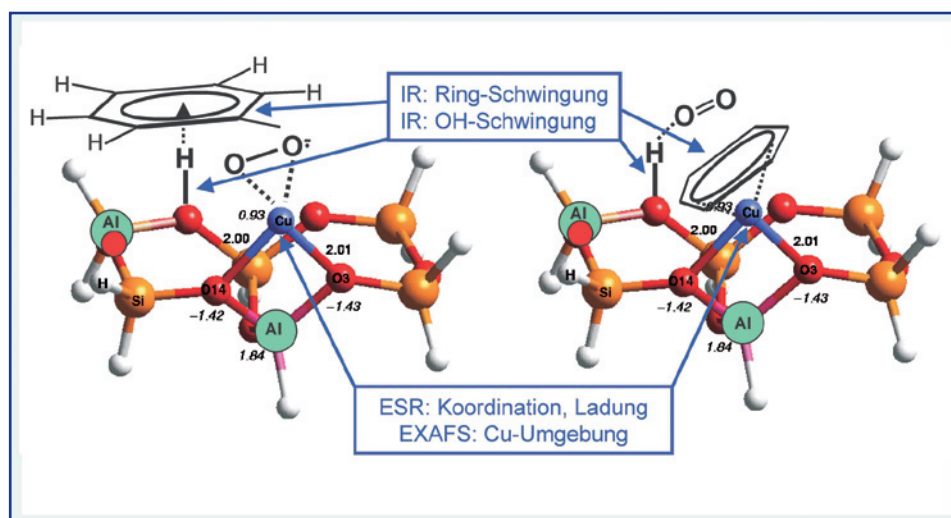
sowie in Lacken zur Beschichtung von Büchsen oder in Klebstoffen Anwendung finden. Konventionell wird Phenol in einem dreistufigen Cumol-Prozess gewonnen. Als Alternative dazu gelten kupferhaltige Zeolith-Katalysatoren. Diese sollen den Prozess zur Synthese von Phenol aus Benzol durch einen einstufigen ersetzen, der effizient und ökologisch unbedenklich ist. Die Ausbeuten dabei sind bisher jedoch gering.

Um sie signifikant zu verbessern und eine selektive Katalyse zu erreichen, muss man die Elementarschritte der Reaktion auf molekularer Ebene verstehen. Hierzu setzen die Stuttgarter Wissenschaftler spektroskopische Methoden ein, welche Informationen über Schwingungen von Molekülen (im Falle der Infrarot-Spektroskopie) oder über den elektronischen Zustand und die Umgebung des katalytisch aktiven Kupfer-Zentrums (ESR- und EXAFS-Spektroskopie) liefern. Mit Hilfe der Infrarotspektroskopie gelang der Nachweis, dass das Benzolmolekül bevorzugt am Cu-Zentrum adsorbiert und dieses unter Bildung eines Benzol-Radikalkations zu einfach

geladenen Kupferionen ( $\text{Cu}^{1+}$ ) reduziert. Das Sauerstoffmolekül oxidiert  $\text{Cu}^{1+}$  zurück in den Oxidationszustand  $\text{Cu}^{2+}$  (zweifach geladene Kupferionen), womit der katalytische Kreisprozess am Kupfer geschlossen ist. Sekundär adsorbiert Benzol am Säurezentrum des Zeolithen. Das Benzol-Radikalkation reagiert zu noch nicht identifizierten Produkten weiter.

Der Sonderforschungsbereich 706 an den Universitäten Stuttgart und Hohenheim hat sich das Ziel gesetzt, Luftsauerstoff zu einem breit anwendbaren, nachhaltigen Oxidationsreagens zu entwickeln. Dabei werden homogen gelöste Metallkomplexe, auf porösen Festkörpern fixierte Metall-Ionen oder -Cluster sowie Enzyme als Katalysatoren eingesetzt. Diese haben die Aufgabe, den Sauerstoff gezielt mit dem zu oxidierenden Molekül zusammenzubringen und die Aktivierungsenergie der Reaktion zu reduzieren. Durch spektroskopische und theoretische Methoden soll ein molekulares Bild der Katalyse gewonnen werden, das die Entwicklung von verbesserten Katalysatoren ermöglicht.

Zwei Szenarien der Adsorption von Benzol und Sauerstoff an katalytischen Kupfer- und Säurezentren eines Zeolithen. Die Pfeile zeigen auf die Stellen, die mit den genannten spektroskopischen Methoden empfindlich untersucht werden können. (Grafik: Universität Stuttgart)





## Nachweis des Meselson-Effektes

# Wie man ohne Sex überleben kann

**A**sexuelle Fortpflanzung hat in der Evolution einen erheblichen Nachteil: Sie erzeugt normalerweise zu wenig genetische Variabilität. Es gibt allerdings Überlegungen, dass unter den Bedingungen von asexueller Fortpflanzung Varianten eines Gens unterschiedliche Entwicklungswege einschlagen und schließlich zu Proteinen mit unterschiedlicher Funktion führen. Wissenschaftler konnten nun zeigen, dass der von Meselson postulierte Effekt in der Natur tatsächlich auftritt.

Ginge es nur um reine Zahlen, Sex wäre schon längst von der Bildfläche verschwunden oder im Verlauf der Evolution erst gar nicht entstanden. Denn gemessen am Reproduktionserfolg ist sexuelle Fortpflanzung der asexuellen, die auf die Produktion nicht reproduktiver Männchen verzichtet, weit unterlegen. Doch sexuelle Fortpflanzung führt zu einer größeren genetischen Variabilität – das ist ihr großer Vorteil. Väterliches und mütterliches Erbgut werden bei den Nachkommen neu kombiniert; positive Mutationen können somit zusammengeführt, negative überdeckt werden.

Die Nachkommen asexueller Fortpflanzung sind dagegen genetisch identisch, es sind Klone ihrer Mutter. Ihre Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Umweltbedingungen ist aufgrund der geringeren genetischen Variabilität erschwert. Zahlreiche sich asexuell fortpflanzende Organismen schieben deshalb immer wieder einen sexuellen Fortpflanzungszyklus ein, wie zum Beispiel die Wasserflöhe.

Einer der wenigen Organismen, der sich seit Millionen von Jahren asexuell fortpflanzt, ist das kleine Rädertierchen *Adineta ricciae*. Ein Team von Wissenschaftlern der Universitäten Cambridge und Angers und des Max-Planck-Instituts für molekulare Pflanzenphysiologie in Potsdam hat die Anpassungsfähigkeit dieses mikroskopisch kleinen Vielzellers in

Bezug auf Austrocknung untersucht. Grundlage ihrer Überlegungen war der „Meselson-Effekt“. Er besagt, dass sich im Zuge der asexuellen Vermehrung Allele, Varianten ein und desselben Gens, unabhängig voneinander entwickeln, da ihre genetischen Sequenzen nicht mehr bei der Entstehung der Geschlechtszellen (Meiose) auf Gleichartigkeit überprüft werden. Auf diese Art und Weise käme also auch ein sich asexuell fortpflanzender Organismus zu genetischer Variabilität.

Die Wissenschaftler wählten ein Allelpaar, also die zwei Varianten eines Gens aus, dessen Proteine in Zusammenhang mit der Austrocknungstoleranz des Rädertierchens stehen. So produziert das eine Gen (*Ar-lea-1a*) ein Protein, das die Proteine in der Zelle daran hindert, bei Austrocknung zu verklumpen, während das Protein des anderen Gens (*Ar-lea-1b*) die Zellmembran vor Schäden bei Austrocknung schützt, indem es an sie bindet und ein Reißen verhindert. Diese veränderte Bindungseigenschaft ist auf eine Sequenzänderung von 13,5 Prozent zwischen den beiden Genen zurückzuführen. „Ein solcher Sequenzunterschied innerhalb zweier Allele wird bei sich sexuell fortpflanzenden Organismen nicht erreicht“, sagt der Max-Planck-Wissenschaftler Dirk Hincha. Die Arbeit der Forscher liefert somit einen Nachweis, dass der von Meselson postulierte Effekt in der Natur tatsächlich auftritt und einen wirksamen Anpassungsmechanismus für einen sich asexuell fortpflanzenden Organismus darstellt.

Es kommt auch ohne Sex aus, das kleine Rädertierchen *Adineta ricciae* (Abb.: MPG / Natalia N. Pouchkina-Stantcheva).



### Krebs:

#### Mechanismen und Möglichkeiten

- Forscher der Charité-Universitätsmedizin Berlin haben geklärt, welche Rolle das **Protein Fhit** bei Krebs spielt. Fhit funktioniert als Tumorsuppressor, indem es über Catenin die Herstellung von Proteinen hemmt, die zu unkontrolliertem Zellwachstum führen. Das Gen ist bei 60 Prozent der Krebs-Patienten zerstört. Durch Einbringen eines gesunden Fhit-Gens in Krebszellen gelang es, die Produktion dieser Proteine zu hemmen. Damit sind neue Therapiestrategien denkbar.
- Die Farbstoffe, die bei der Kaffee-Röstung über die Maillard-Reaktion entstehen, heißen **Melanoidine**. Wissenschaftler der TU Dresden stellten fest, dass sich Melanoidin-Verbindungen im Darm an Metalle wie zum Beispiel Zink binden. Damit konkurrieren sie mit den Matrix-Metalloproteasen (MMPs). Krebszellen bilden auch MMPs, um sich im Gewebe ausbreiten zu können. Weitere Untersuchungen werden klären, ob Kaffee die Entstehung von Tumoren hemmen könnte.
- Die **MicroRNA miR-21** unterdrückt die Herstellung des Tumorsuppressors *Pdcd4*, der Zellen vor der Krebsentwicklung schützt. *Pdcd4* fehlt besonders in Darmkrebszellen, wie Forscher im DKFZ in Heidelberg herausfanden. Dagegen ist miR-21 in diesen Zellen übermäßig vorhanden und fördert die Ausbreitung bösartiger Tumoren im Darm.
- Der Wirkstoff **Cisplatin** wird bei Tumoren erfolgreich eingesetzt, er blockiert die Zellteilung besonders bei sich schnell replizierenden Zellen. Forscher der Ludwig-Maximilians-Universität München konnten mittels Röntgenstrukturanalyse bei der Untersuchung von Resistenzen zeigen, dass die DNA-Polymerase *Eta* die DNA trotz der Blockade durch Cisplatin verdoppelt. Beim Überlesen von Cisplatin-Schäden werden Fehler gemacht, die zur hohen Mutationsrate und Weiterentwicklung des Krebses beitragen.
- Das Pharmaunternehmen Bristol-Myers Squibb (BMS) bringt ein **Krebsmedikament gegen metastasierenden Brustkrebs** namens *Ixempra* auf den US-amerikanischen Markt. Der Wirkstoff ist von Epothilon B abgeleitet, einem Naturstoff, den Wissenschaftler am Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung (HZI) in Braunschweig entdeckt und erforscht haben. BMS hat die Epothilon-Technologie 1997 vom HZI einlizenziert und bis zur Marktreife weiter entwickelt. In Europa wird es in der zweiten Hälfte 2008 zugelassen.
- Im Forschungszentrum Dresden-Rossendorf (FZD) wird für die Krebsdiagnostik die Methode der **Positronen-Emissions-Tomographie (PET)** eingesetzt, da diese biochemische Prozesse in krankem Gewebe im lebenden Körper sichtbar macht. Statt der bisher dazu verwendeten Zucker baut das FZD auf die neue Molekül-Sonde 18F-OMFD (ein mit radioaktivem Fluor markiertes Phenylalanin-Aminosäure-Derivat), die an die Oberfläche von Zellen bestimmter Hirntumore andockt.



## Was man alles im Hirn sehen kann...

Stephan Schleim: Gedankenlesen. Pionierarbeit der Hirnforschung. 184 Seiten; Broschur; Heise, Dezember 2007; ISBN 13-978-3-936931-48-8; 18 Euro (D) / 18,6 Euro (A) / 32 sFr.

In dieser CLB gibt es etliche aktuelle Informationen über Möglichkeiten, das Gehirn direkt mit Maschinen zu verbinden und so auch Informationen aus dem Gehirn herauszubekommen, vorwiegend mit Methoden der Elektro-

enzephalographie bzw. durch das Implantieren von Elektroden. Nur kurz angesprochen wurde die Möglichkeit, beispielsweise mit funktioneller Kernspintomographie ins Gehirn zu schauen. Aktuelle Auskunft darüber gibt das o.g. Buch. Der bewusst etwas reißerisch gewählte Titel soll aufrütteln, dass tiefe Blicke in Gehirnaktivitäten mittlerweile in den normalen Wissenschafts-Alltag eingedrungen sind.

Das Buch stellt die neuesten Ergebnisse der Hirnforschung allgemein verständlich und kri-

tisch dar. Es führt den Leser von der Geschichte Hirnstrommessungen und der Polygraphie-technik – dem Arbeiten mit Lügendetektoren – über die Methoden der bildgebenden Hirnforschung schließlich zur aktuellen Grundlagen- und Anwendungsforschung. Die Anwendungen können gesellschaftlich brisant sein, wenn es etwa um das Erkennen verborgener Absichten, der sexuellen Orientierung oder von Lügen geht. Deshalb werden die Forschungsergebnisse abschließend auch im gesellschaftlichen, ethischen und juristischen Kontext diskutiert.

So sehr das Wort „Gedankenlesen“ auch elektrisiert: Der Autor macht deutlich, dass man in der Forschung bestimmte physiologische Begleiterscheinungen ausgenutzt, die bei den meisten Menschen zuverlässig mit bestimmten Vorstellungen einhergehen. Gedanken selbst werden nicht gelesen.

Der Autor verbindet die aktuellen Erkenntnisse der Hirnforschung auch mit philosophischen Fragen, etwa derjenigen nach der Existenz des freien Willens. Das Buch stellt insgesamt eine lesenswerte Erweiterung für alle diejenigen dar, die um eine Bewertungsgrundlage für aktuelle Forschungen und Entwicklungen hinsichtlich ihrer gesellschaftlichen Relevanz bemüht sind. *Rolf Kickuth*



## Wie der Beruf so spielt

Wolfgang Hasenpusch: Wie der Beruf so spielt. 246 Seiten; Broschur; Edition Nove, Neckenmarkt, 2007; ISBN 978-3-85251-219-8; 17,40 Euro (D) / 17,90 Euro (A) / 31,70 sFr.

Der langjährige CLB-Autor Prof. Wolfgang Hasenpusch ist ein Tausendsassa: Er ist beschäftigt in der Chemischen Industrie als Referent für Sicherheit und Umwelt, hält eine Honorar-Professur an der

Universität Siegen, ist Tauchlehrer – und Buchautor, unter anderem von solchen Büchern, deren Inhalt zum Schmunzeln anregt. Und weil Schreiben allein nicht reicht: Auch

die Vielzahl der Karikaturen in dem Buch stammen von dem Autor.

Das Buch ist Teil einer Trilogie, das zweite in der Reihe nach „Wie das Leben so spielt“. Kein Wunder, dass Hasenpusch sich darin auch Gedanken über den Tauchlehrer macht, aber auch über die Stewardess, den Fußballer, den Buchhändler, dem Bürgermeister. Zu ihm schreibt der Autor: „Kein Mensch weiß, ob mir die Wiederwahl gelingt, dabei fühle ich mich wie ein König in dieser Stadt.“ Mit Biss und teilweise etwas Sarkasmus öffnet Hasenpusch dem Leser so die Augen über etliche Eigenheiten der verschiedenen Berufe. Schade nur, dass das Buch preislich nicht in den Bereichen angesiedelt ist, wo es eine noch breitere Leserschaft fände. Wo man sich doch schon auf den letzten Teil der Trilogie freuen darf: „Wie die Liebe so spielt“... *Rolf Kickuth*



## (Zunächst) leichte Lektüre vom internationalen Experten

Alex Vilenkin: *Kosmische Doppelgänger*. 280 Seiten; 50 Abbildungen; Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2008; ISBN 978-3-540-73917-3; 19,95 Euro.

Das Buch ist bemerkenswert. Es ist von einem der führenden Kosmologen unserer Zeit geschrieben – und dennoch leicht lesbar, wenn man nur genügend konzentriert ist. Alex Vilenkin, der in der Sowjetunion Physik studierte, sich dann aber dem Geheimdienst widersetzte, arbeitete nach dem Armeedienst dafür zunächst als Nachwächter in einem Zoo. 1976 wanderte er in die USA aus. Dort forscht er heute an der Tufts University in Massachusetts. Seine Theorie: Es entstehen ständig neue Universen. Nach dieser Theorie muss es Regionen im Kosmos geben – unendlich viele sogar – die mit unserer identisch sind; kosmische Doppelgänger eben, womit sich der Titel des Buches erklärt.

Wer aufgrund dieser Bemerkung jetzt das Buch links liegen lässt mit der Vermutung: „Das versteht ja doch keiner“, der liegt falsch. Eben darin liegt eine Besonderheit des Buchs: es ist leicht verständlich, geradezu unterhaltsam, sofern man der Kosmologie, dem anthropischen Prinzip, auch der Teilchenphysik, die ja mittlerweile zu einem Prüfstein kosmologischer Theorien geworden ist, grundsätzliches entgegen bringt. Sozusagen in einer Aufwärmrunde schildert Vilenkin erst einmal eine Anekdote um den Physiker Alan Guth, um dann in der Zeit zurückzugehen und die Kosmologie gemächlich aufzubauen, angefangen mit Einstein.

So nach und nach kommt allerdings auch der naturwissenschaftlich vorbelastete Leser ins Schwitzen. Das liegt zum einen daran, dass der Autor eine Vielzahl von Details zu erzählen weiß. Details nicht nur über Physik, sondern über die beteiligten Forscher, ihr privates Umfeld. Das ist so etwas wie die Schilderung einer großen Verwandtschaft, und man bekommt nach und nach Mühe, die Beziehungen aller Familienmitglieder untereinander im Gedächtnis zu halten. Das ist jedoch insofern von Interesse, weil mit jedem „Familienmitglied“ eine Theorie, ihr Fortschritt oder ihre Widerlegung verknüpft sind...

Auch die sachbezogenen Informationen erfordern Konzentration beim Lesen. So schildert Vilenkin auf Seite 49 erstmals, dass unser Universum einen Radius von 40 Milliarden Lichtjahren hat. Interessierte Laien gingen bislang wohl von knapp 14 Milliarden Lichtjahren aus, dem Alter unseres Universums. Die Erklärung:

Das Universum dehnte sich in einer bestimmten Phase so schnell aus, dass das Licht gar nicht mehr mitkam. Das Licht legte in dieser Zeit knapp 14 Milliarden Lichtjahre zurück. Der Horizont des Universums ist jedoch 40 Milliarden Lichtjahre entfernt. Allerdings hat der Leser zu knappen, wenn er auf Seite 53 liest: ...die das Licht seit dem Urknall vor etwa 40 Milliarden Jahren zurückgelegt hat... Ein Vergleich mit der englischen

Version des Buchs zeigt hier einen Übersetzungsfehler, denn es heißt an derselben Stelle: „The distance travelled by light since the big bang, about 40 billion light years, is called the horizon distance.“ Nun, ich habe noch kein Druckwerk ohne Fehler gesehen; das trifft wohl auch auf diese CLB zu ;-). Die Übersetzung des Buchs ist jedoch insgesamt sehr gut, sowohl sprachlich wie hinsichtlich der wissenschaftlichen Zusammenhänge.

Naturgemäß an die Grenzen des Verstandes stößt das Buch dann allerdings, wenn es um Vilenkins eigene Theorie geht, die „Welt der vielen Welten“ (so ähnlich auch der englische Originaltitel: „Many Worlds in One“). Diese Theorie wurde Stück für Stück aus dem Vorangegangenen in dem Buch aufgebaut und setzt den Schlussakkord. Vilenkin selbst schreibt im Prolog: „Kosmologen können ihre Argumentation ausschließlich auf indirekte Indizienbeweise stützen, müssen anhand von Messungen im zugänglichen Teil des Universums auf Zeiten und Orte schließen, die sich der Beobachtung entziehen. Diese Beschränkung erschwert die Sammlung „hinreichenden“ Beweismaterials ganz erheblich. Dank bemerkenswerter Entwicklungen in der modernen Kosmologie jedoch haben wir auf die letzten kosmischen Fragen heute Antworten, die durchaus glaubhaft erscheinen.“

Dieses Sätze umschreiben Gründe, warum man das Buch lesen sollte: Man lernt die bemerkenswerten Entwicklungen in der Kosmologie kennen, sogar unterhaltsam. Man erfährt von Antworten auf die letzten kosmischen Fragen. Um zu wissen, wie man solche Antworten einschätzen soll bzw. verarbeiten kann müssen Sie das Buch aber eben selbst lesen, liebe Leser. Ich kann es empfehlen.

*Rolf Kickuth*



## Leibniz-Preisträger 2008

## Ehre, Geld und „märchenhafte Freiheit“

**D**ie neuen Gottfried Wilhelm Leibniz-Preisträger stehen fest. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) bestimmte drei Wissenschaftlerinnen und acht Wissenschaftler aus 158 Vorschlägen für die Auszeichnung mit dem bedeutendsten deutschen Forschungspreis.

Alle Ausgezeichneten können ihre Fördersumme von 2,5 Mio. Euro in bis zu sieben Jahren nach eigenen Vorstellungen und ohne Antrag für ihre wissenschaftlichen Arbeiten einsetzen, eine „wahrhaft märchenhafte Freiheit“, wie der frühere DFG-Präsident Hubert Markl einmal formulierte.

**Die Preisträger im Einzelnen:**

**Prof. Dr. Stefan W. Hell** (44), Biophysik, Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie, Göttingen. Stefan Hell entwickelte die STED-Mikroskopie, indem er das konventionelle Laserscan-Mikroskop modifizierte. In diesem wird ein Laserstrahl auf das Untersuchungsobjekt fokussiert und die dabei im Fokus ausgelöste Fluoreszenz gemessen. Hells Weiterentwicklung ging davon aus, dass die Auflösung wesentlich verbessert werden kann, wenn die Fluoreszenzanregung in der Peripherie des Fokus ausgeschaltet werden kann, bevor die angeregten Farbstoffmoleküle Fluoreszenz abgeben. Dies lässt sich durch eine stimulierte Anregungslöschung (STED, Stimulated Emission Depletion) erreichen. Mit diesem Ansatz gelang Hell eine drei- bis viermal bessere Auflösung als mit den besten konventionellen Mikroskopen, und er konnte erstmals die Fusion einzelner

synaptischer Vesikel mit der Nervenendigung lichtmikroskopisch nachweisen. Die Bedeutung dieser Erfindung für die Biologie, aber auch für die Halbleiterindustrie ist kaum zu überschätzen.

**Prof. Dr. Klaus Kern** (47), Physikalische Chemie von Festkörpern, Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, Stuttgart. Klaus Kern hat vor allem durch die Anwendung der Rastertunnelmikroskopie zahlreiche Arbeiten zur Analyse und zum kontrollierten Aufbau funktionaler Oberflächenstrukturen auf atomarer Ebene geliefert. Seine Forschungen zur Bildung von Kupferoxid-Nanogittern wurden ebenso zu einem Meilenstein wie seine Methode zur Herstellung metallischer Nanostrukturen. Mit einer Kette von etwa 80 Kobalt-Atomen konnte Kern schließlich 2002 den bis dahin kleinsten Festkörper-Magneten realisieren. Die dabei erzielten Erkenntnisse über die Anisotropieenergie der einzelnen Atome haben die Entwicklung und den Einsatz nanoskopischer Materialien entscheidend vorangetrieben, so etwa für die Datenspeicherung.

**Prof. Dr. Jochen Mannhart** (47), Experimentelle Festkörperphysik, Institut für Physik der Universität Augsburg. Der Experimentalphysiker Jochen Mannhart war bereits mehrfach auf dem Gebiet funktionaler Grenzflächen in Oxiden erfolgreich, beispielsweise bei der Optimierung von Korngrenzen in Hochtemperatursupraleitern. Ebenso konnte er rein oxidische Feldeffekt-Transistoren konstruieren, mit denen sich die Ladungsträgerdichte von Grenzschichten wirkungsvoll steuern lassen.

Nicht zuletzt hat er ein besonders kraftempfindliches Tieftemperatur-Rastersondenmikroskop entwickelt, das eine Rekordauflösung von 77 pm erreicht und erstmals einzelne Atome mit subatomarer Auflösung darstellbar macht. Für die Beantwortung grundlegender Fragen zur Rolle der Elektronensysteme in Festkörpern sind Mannharts Arbeiten ebenso wichtig wie für die Entwicklung moderner Elektronik, Optoelektronik und Spintronik.

**Prof. Dr. Martin Beneke** (41), Theoretische Teilchenphysik, Institut für Theoretische Physik der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen. Mit seinen Forschungen trägt Martin Beneke wesentlich dazu bei, dass die theoretischen Vorstellungen der Elementarteilchenphysik überprüft, Abweichungen davon aufgezeigt und neue Strukturen überhaupt erkannt werden können. Insbesondere führt Beneke hochpräzise Messungen durch, um Messdaten von Beschleunigungsexperimenten mit den Vorhersagen des Standardmodells der Teilchenphysik vergleichen zu können. Beneke hat seine Methoden entwickelt und auf aktuelle physikalische Fragestellungen angewandt, so etwa auf die Lebensdauer und den Zerfall schwerer Mesonen. Diese Untersuchungen erlauben neue Einsichten in die Materie-Antimaterie-Asymmetrie und damit in das Verständnis des Mikrokosmos und der Entwicklung des frühen Universums.

**Prof. Dr.-Ing. Holger Boche** (40), Nachrichtentechnik und Informationstheorie, Institut für Telekommunikationssysteme



steme der Technischen Universität Berlin und Fraunhofer German-Sino Lab for Mobile Communications, Berlin, und Fraunhofer Institut Nachrichtentechnik, Berlin. Der Ausbau der Mobilfunktechnik hat in den vergangenen Jahren durch Holger Boche zahlreiche Impulse erhalten. So erweiterte Boche das Verständnis komplexer mobiler Kommunikationssysteme und setzte seine Erkenntnisse zugleich technisch für die Standardisierung neuer Mobilfunksysteme um, beispielsweise seine Forschungen zur schichtenübergreifenden Optimierung, mit der mobile Netze wirkungsvoller und zuverlässiger arbeiten können. So können die vorhandenen Mobilfunk-Frequenzen mit möglichst wenig fest installierten Sendern und Empfängern flächendeckend genutzt werden.

**Dr. Elena Conti** (40), Strukturbiologie, Max-Planck-Institut für Biochemie, Martinsried, gemeinsam mit **Dr. Elisa Izaurralde** (48), Zellbiologie, Max-Planck-Institut für Entwicklungsbiologie, Tübingen. Die beiden Molekularbiologinnen Elena Conti und Elisa Izaurralde haben gemeinsam neue Erkenntnisse zum intrazellulären RNA-Transport und zum RNA-Metabolismus erzielt und werden deshalb auch gemeinsam mit dem Leibniz-Preis ausgezeichnet. In ihrer Zeit am Europäischen Laboratorium für Molekularbiologie (EMBL) in Heidelberg identifizierten und charakterisierten sie eine Reihe von Faktoren wie die Nukleoporine oder die Proteine NXF1/p15 und Mtr2. Diese und weitere Gemeinschaftsarbeiten ermöglichen neue Einsichten in die komplexe Regulation der Genexpression.

**Prof. Dr. Susanne Albers** (42), Theoretische Informatik, Institut für Informatik der Universität Freiburg. Susanne Al-

bers hat in der Informatik die Forschung zu effizienten Algorithmen über die letzten 15 Jahre maßgeblich mitgeprägt. Mit ihren Arbeiten gelangen Albers wesentliche Optimierungen bei Online- und Approximationsalgorithmen, die, anders als bei klassischen Algorithmen, nicht zu Beginn einer Rechnung mit allen Daten versorgt, sondern immer wieder aktualisiert werden und für jeden neuen Input eine approximative Antwort berechnen müssen. Die von ihr entwickelten Modelle sind ein Beitrag zur Grundlagenforschung, haben aber auch ein hohes Anwendungspotenzial, zum Beispiel in Laptops und Mobiltelefonen.

**Prof. Dr. Wolfgang Lück** (50), Algebraische Topologie, Mathematisches Institut der Universität Münster. Wolfgang Lück schrieb zum einen programmatische Arbeiten, die dazu beitragen, eine Hierarchie zwischen verschiedenen offenen Vermutungen herzustellen. Zugleich zeigt sich die besondere Stärke seines methodischen Vorgehens in der Lösung vieler ungeklärter Fragen. So erweiterte Lück die klassische L2-Theorie, die nun viel breiter genutzt werden kann. Einer der Höhepunkte seiner Arbeiten ist die Lösung einer Vermutung innerhalb des Thurston-Programms über die L2-Betti-Zahlen, und sein Beweis für eine der zentralen Isomorphie-Vermutungen für hyperbolische Gruppen, durch den nun zentrale Fragen in der Topologie der Mannigfaltigkeiten und in der Theorie der Operatorenalgebren bearbeitet werden können.

**Prof. Dr. Holger Fleischer** (42), Wirtschaftsrecht, Institut für Handels- und Wirtschaftsrecht der Universität Bonn. Holger Fleischer führt in seinen Arbeiten Rechtsgeschichte, Rechtsvergleichung, Rechtsdogmatik und Ökono-

mische Theorie des Rechts zusammen. Seine Habilitationsschrift über „Informationsasymmetrie im Vertragsrecht“ gilt ebenso wie sein „weltöffener“ Forschungsansatz, der die Rechtssysteme in England, Frankreich oder den USA einbezieht, als wegweisend.

**Prof. Dr. Martin Carrier** (52), Philosophie, Fakultät für Geschichtswissenschaft, Philosophie und Theologie, Abteilung Philosophie der Universität Bielefeld. Charakteristisch für Carrier ist die Verknüpfung philosophischer Durchdringung mit einem tiefen Verständnis der Naturwissenschaften und insbesondere der Physik. Seine so entstandenen Studien zu Raum-Zeit-Theorien in der physikalischen Geometrie oder zu Nikolaus Kopernikus sind damit für philosophische Fachkollegen wie für Naturwissenschaftler gleichermaßen anregend.

Die Preise werden am 11. Februar 2008 in der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften in Berlin verliehen.

Der Namensgeber des Preises: Gottfried Wilhelm Freiherr von Leibniz lebte von 1646 bis 1716.



### Trendbarometer Förderungen

- Das chinesische Unternehmerpaar Shu Kai und Angela Chan ermöglicht dem Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB), künftig alle zwei Jahre einen **Sozialwissenschaftspreis** in Höhe von 100 000 Euro zu verleihen. Damit soll Forschung gewürdigt werden, die einen Beitrag zu gesellschaftlichen und politischen Reformen leistet. Die Chans statten eine in Gründung befindliche Stiftung mit rund 6 Millionen Euro aus. Als erster Preisträger des A.SK Social Science Award wurde der britische Ökonom Sir Anthony Atkinson am 4. Dezember in Berlin geehrt. Für Nachwuchswissenschaftler wird außerdem ein Stipendienprogramm eingerichtet.
- Für insgesamt 23,1 Millionen Euro wird am Universitätsklinikum Erlangen von 2009 bis 2012 ein neues Forschungszentrum gebaut. Die Gemeinsame Wissenschaftskonferenz der Bund-Länder-Kommission hat auf Empfehlung des Wissenschaftsrates vom 19. November 2007 beschlossen, das geplante **„Translational Research Center“** (TRC) in die je zur Hälfte von Bund und Ländern gemeinsam getragene Förderung aufzunehmen. Mit dem TRC sollen die Voraussetzungen für die optimale Übersetzung klinischer Forschung in neue Diagnostik und Therapie geschaffen werden.
- Das Kabinett in Nordrhein-Westfalen hat jetzt die Innovations-Offensive **„NRW.Nano- und Mikrotechnologien/Innovative Werkstoffe“** beschlossen. Das Innovationsministerium stellt bis zum Jahr 2015 zusätzlich 100 Millionen Euro dafür bereit.
- Einem internationalen Forscherteam der Universität Halle-Wittenberg und der beiden US-amerikanischen Universitäten Harvard und Brandeis bei Boston ist es jetzt erstmals gelungen, intrinsische – also „aus sich selbst hervorgebrachte“ – **Bewegungen eines Enzyms** direkt nachzuweisen. Der entscheidende Schachzug nun war der Einsatz einer neuen Fluoreszenzmethode: der Einzelmolekül-Fluoreszenzspektroskopie. Mit ihrer Hilfe konnte die Gruppe um Christian Hübner – deren Forschungen von der Volkswagenstiftung mit rund 267 000 Euro unterstützt wurden – die Bewegung sichtbar machen.
- Die Würzburger Physik-Professoren Friedrich Reinert und Ralph Claessen erhalten vom BMBF insgesamt 1,5 Millionen Euro für **materialwissenschaftliche Forschungsprojekte am Großforschungszentrum DESY** in Hamburg. Dort wird 2009 der Bau der neuen Synchrotron-Strahlungsquelle Petra III abgeschlossen, die dann weltweit die modernste und leistungsstärkste Lichtquelle ihrer Art sein wird.
- Die Herstellung **intelligenter Oberflächen** ist ein wichtiges Forschungsthema der nahen Zukunft. Bereits heute gibt es Beispiele etwa für Beschichtungen, die in der Lage sind, entweder aus sich selbst heraus oder gezielt von außen gesteuert ihre Eigenschaften an Umweltbedingungen anzupassen. Die Volkswagenstiftung bewilligt 4,76 Millionen Euro für sieben neue Vorhaben in ihrer Förderinitiative „Innovative Methoden zur Herstellung funktionaler Oberflächen“.

## DFG: Zehn weitere Sonderforschungsbereiche Klima, Material, Erkrankungen...

**Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) richtet zum 1. Januar 2008 zehn weitere Sonderforschungsbereiche (SFB) ein. Sie sollen mit insgesamt 74,4 Millionen Euro für zunächst vier Jahre gefördert werden; hinzu kommt eine jeweils 20-prozentige Programmpauschale für indirekte Kosten, die sich aus den Forschungsprojekten ergeben.**

Die neu bewilligten SFB befassen sich unter anderem mit Entzündungen im Gehirn, der Sauerstoffverteilung im tropischen Ozean und mit Nanostrukturen in der Makrowelt. Weitere Themen sind die neurobiologischen Grundlagen des Verhaltens, das Zyklusmanagement in Innovationsprozessen und die Entwicklung hochbrillanter Laser und anderer neuartiger Bauelemente. Unter den zehn neuen Einrichtungen befinden sich zwei SFB/Transregio, die auf mehrere Standorte verteilt sind.

Neben den Einrichtungen beschloss die DFG auch die Fortsetzung von 26 SFB für eine weitere Periode. Damit fördert die DFG ab Anfang kommenden Jahres 259 Sonderforschungsbereiche. Sie erhalten 2008 insgesamt 403 Millionen Euro zuzüglich der 20-prozentigen Programmpauschale.

Die neuen Sonderforschungsbereiche im Einzelnen:

Mit einem angesichts des Klimawandels hochrelevanten Thema befasst sich der SFB 754 **„Climate - Biogeochemistry Interactions in the Tropical Oceans“**. In ihm wollen Meeres- und Geowissenschaft-

ler und Mikrobiologen aus Kiel die Sauerstoffverteilung im tropischen Ozean erforschen. Besonders interessiert sie, wie der Sauerstoffgehalt durch das Zusammenspiel von physikalischen, biologischen und geochemischen Prozessen dramatisch abnehmen und welche Folgen dies für den Nährstoffhaushalt des Ozeans und das Klima haben kann. Fragen, die nicht zuletzt durch den Einsatz der deutschen Forschungsschiffe „Meteor“, „Merian“ und „Sonne“ beantwortet werden sollen.

Oberflächenphysik, Magnetismus, Halbleiterphysik, Materialwissenschaft und Theoretische Physik verbindet der SFB 762 **„Funktionalität Oxidischer Grenzflächen“**. In ihm geht es um die Herstellung von oxidischen Heterostrukturen und die Charakterisierung ihrer strukturellen, ferroelektrischen, magnetischen und elektronischen Eigenschaften. Die Erkenntnisse wollen die beteiligten Forscher aus Halle, Leipzig und Magdeburg unter anderem auch für die Entwicklung von neuartigen Sensoren und Speichern in der Informationstechnologie einsetzen.

Die Grundlagen für die Beantwortung zentraler Fragen in den Bio- und Materialwissenschaften will der SFB 765 **„Multivalenz als chemisches Organisations- und Wirkprinzip: Neue Architekturen, Funktionen und Anwendungen“** liefern. Mit ihm wollen Wissenschaftler der Freien Universität Berlin in Kooperation mit weiteren Berliner Einrichtungen das Phänomen der Multivalenz umfassend erforschen, wobei ihr besonderes Augenmerk



auf den zugrunde liegenden chemischen und biologischen Mechanismen und Molekulararchitekturen liegt. Langfristig zielen die Arbeiten auf die Entwicklung neuer multivalenter Moleküle ab, die etwa für die Hemmung von Entzündungen und den Schutz vor viralen Infektionen, aber auch für die Optimierung von Oberflächen von großer Bedeutung sein können.

Auf einem der Schlüsselforschungsfelder des 21. Jahrhunderts angesiedelt ist der SFB 767 **„Kontrollierte Nanosysteme: Wechselwirkung und Ankopplung an die Makrowelt“**. Forscher aus Konstanz und Stuttgart wollen darin aufklären, wie Nanostrukturen untereinander und mit makroskopischen Strukturen wechselwirken. Dies sind Fragestellungen, die für die Nanotechnologie von fundamentaler Bedeutung sind, bislang jedoch noch nicht systematisch angegangen wurden. Die nun geplanten Untersuchungen versprechen sowohl zentrale Erkenntnisse in der Grundlagenforschung als auch vielfältige Anwendungen in der Telekommunikation und Datenspeicherung sowie bei hochintegrierten Schaltungen.

Die Entwicklung neuartiger photonischer und nanophotonischer Bauelemente aus unterschiedlichen Materialien ist das Ziel des SFB 787 **„Halbleiter - Nanophotonik: Materialien, Modelle, Bauelemente“**. Die daran beteiligten Wissenschaftler aus Berlin und Magdeburg verknüpfen mit der Materialforschung, der Modellbildung und der Herstellung und Charakterisierung von Bauelementen drei komplementäre Forschungsrichtungen. Durch diese Kombination werden Theoretiker und Experimentatoren eng an

grundlagenwissenschaftlichen und anwendungsorientierten Fragestellungen zusammenarbeiten. Auf dieser Basis sollen langfristig höchste Frequenzen und ultrakurze Pulse mit Laserdioden und Halbleiterverstärkern erzeugt sowie hochbrillante Laser im infraroten bis grünen Spektralbereich realisiert werden.

Ein für Wissenschaft, Industrie und Verbraucher gleichermaßen wichtiges Thema beschäftigt den SFB 768 **„Zyklusmanagement von Innovationsprozessen - Verzahnte Entwicklung von Leistungsbündeln auf Basis technischer Produkte“**. In ihm wollen Forscher aus dem Maschinenwesen, der Informatik und Soziologie, dem Marketing und anderen Bereichen gemeinsam die technisch, wettbewerblich und gesellschaftlich geprägten Zyklen erforschen, welche die Entwicklung und Einführung innovativer Produkte und Dienstleistungen wesentlich beeinflussen und oft auch erschweren. Die vorgesehenen Projekte decken dabei von der Produktplanung bis zum Marketing und von Sach- bis zu Dienstleistungen erstmals das gesamte Spektrum zyklisch begründeter Innovationsprozesse ab.

Das **„Gehirn als Ziel von entzündlichen Prozessen“** steht im Fokus des SFB/Transregio 43. In ihm wenden sich Forscher aus Berlin und Göttingen den Entzündungs- und Immunreaktionen im Gehirn zu, die lange Zeit gegenüber der Erforschung entzündlicher Prozesse außerhalb des Gehirns vernachlässigt wurden. Es soll geklärt werden, welche Rolle Entzündungen bei traumatischen und neurodegenerativen Prozessen spielen. Dabei stehen Erkrankungen wie der Schlaganfall, Alzheimer oder

die Multiple Sklerose im Mittelpunkt des Interesses.

Wie sich Krebszellen bei Lymphom-Erkrankungen an ihr Umfeld anpassen und damit eine Heilung oft erschweren oder gar unmöglich machen, will der SFB/Transregio 54 **„Wachstum und Überleben, Plastizität und zelluläre Interaktivität lymphatischer Neoplasien“** klären. Die beteiligten Wissenschaftler aus Berlin und München verbinden dabei tierexperimentelle und patientenorientierte Projekte, die auf neuartige Therapieansätze etwa beim Hodgkin-Lymphom, bei Multiplen Myelomen und anderen bösartigen Erkrankungen lymphatischer Zellen abzielen.

**„Synaptic Mechanisms of Neuronal Network Function“** sind das Thema des SFB 780. Forscher aus Freiburg und Basel untersuchen Fragen zur neuronalen Netzwerkfunktion, von den strukturellen Aspekten der Synapsen über die Analyse funktioneller Netzwerke bis hin zur Modellierung und Analyse humaner Erkrankungen.

Um die **„Neurobiologie motivierten Verhaltens“** geht es im SFB 779. Wissenschaftler aus Magdeburg und Leipzig wollen den Zusammenhang zwischen zielgerichtetem Verhalten, den diesem zugrunde liegenden Hirnstrukturen und Verschaltungen und den daran beteiligten neurochemischen Systemen klären. Im Mittelpunkt stehen zunächst Fragen zum „Wie und Warum“ motivierten Handelns.

## 13 weitere Nachwuchswissenschaftler/innen an Helmholtz-Zentren Option einer unbefristeten Anstellung

**A**b sofort können 13 weitere Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler an Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft eine eigene Gruppe aufbauen und ihre Forschungsvorhaben vorantreiben. Mit einem Jahresbudget von mindestens 250 000 Euro über fünf Jahre und der Option einer unbefristeten Anstellung sind diese Stellen auch für junge Spitzenforscher aus weltbekannten ausländischen Einrichtungen attraktiv.

Die 13 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben sich in einem mehrstufigen Wettbewerbsverfahren mit externen Fachbegutachtungen und Präsentationen vor einer interdisziplinären Jury durchgesetzt. Nach drei bis vier Jahren werden alle Gruppen einer Zwischenevaluation unterzogen. Fällt diese positiv aus, kann dem Gruppenleiter ein unbefristetes Arbeitsverhältnis angeboten werden. In den nächsten Jahren wird die Helmholtz-Gemeinschaft die Zahl der Helmholtz-Hochschul-Nachwuchsgruppen von jetzt 81 auf 100 steigern. Die Kosten werden zur Hälfte aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds der Helmholtz-Gemeinschaft gedeckt, zur anderen Hälfte von den Helmholtz-Zentren getragen. Damit können die Nachwuchsgruppenleiter neben ihrer eigenen Stelle in der Regel drei Mitarbeiter sowie die Laborausstattung finanzieren.

Das Programm dient auch der besseren Vernetzung zwischen Helmholtz-Zentren und den Partnerhochschulen. Die jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler forschen an einem Helmholtz-Zentrum, übernehmen darüber hinaus aber auch akademische Pflichten an einer Partnerhochschule, indem sie zum Beispiel Vorlesungen und Seminare halten. Dadurch qualifizieren sie sich auch für eine Universitätskarriere.

### Die 13 „Neuen“:

#### Forschungsbereich (FB) Energie

- Dr. Yunfeng Liang (FZJ) kommt zum Forschungszentrum Jülich und an die Universität Düsseldorf. Thema: „Active Control of Instabilities in Tokamak Plasmas: Application of External Perturbation Fields“.

- Dr.-Ing. Marcus Bär (University of Nevada) geht an das Hahn-Meitner-Institut Berlin und die TU Cottbus.

Thema: „Improving Thin Film Solar Cells by Deliberate Interface Tailoring“.

#### FB Gesundheit

- Dr. Holger Rauhut (Uni Wien) geht an das GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit und die TU München.

Thema „Sparse reconstruction in photoacoustic imaging and NMR spectroscopy“.

- Dr. Lars Zender (Cold Spring Harbor Laboratory, New York) wird am Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung und der Medizinischen Hochschule Hannover arbeiten.

Thema: „Senescence Surveillance in chronic hepatitis and hepatocellular carcinoma- Biological significance in liver cancer suppression and treatment“.

- Dr. Francesca M. Spagnoli (Rockefeller University, New York) kommt zum Max-Delbrück-Centrum Berlin Buch und an die Charité Berlin.

Thema: „Molecular and Cellular Basis of Embryonic Development“.

- Dr. Matthew N.Poy (ETH Zürich) geht ebenfalls an das Max-Delbrück-Centrum Berlin Buch und die Charité Berlin.

Thema: „microRNA and Molecular Mechanisms of Metabolic Diseases“.

#### FB Schlüsseltechnologien

- Dr. Marjana Lezaic (FZJ) kommt zum Forschungszentrum Jülich und der RWTH Aachen.

Thema: „Computational Nanofabrication Laboratory“.

#### FB Struktur der Materie:

- Dr. Ulrich Husemann (Yale University, Fermi National Accelerator Laboratory, USA) kommt zum DESY und der Humboldt-Universität zu Berlin.

Thema „Top as Key to LHC Physics“.

- Dr. Katerina Lipka (Uni Hamburg), kommt zum DESY und den Universitäten Hamburg und Mainz.

Thema: „Physics of gluons and heavy quarks from HERA to the LHC“.

- Dr. Raphael P. Hermann (FZJ); kommt zum Forschungszentrum Jülich und der Université de Liège. Thema: „Lattice Dynamics in Emerging Functional Materials“.

- Dr. Tim Huege (FZK) kommt zum Forschungszentrum Karlsruhe und der Universität Karlsruhe.

Thema: „Development of a Next Generation Hybrid Detector Concept for the Pierre Auger Observatory“.

- Dr. Andrey Surzhykov (MPI für Nukleare Physik, Heidelberg) geht an die Gesellschaft für Schwerionenforschung und die Universität Heidelberg.

Thema: „Relativistic quantum theory of few-electron-systems in strong fields: Atomic physics at high-Z“.

#### FB Verkehr und Weltraum:

- Dr. Thomas Voigtmann (DLR); kommt zum Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt und an die Universität Konstanz.

Thema „Transport Processes in Melts under External Fields“



## Partner für instrumentelle Analytik und Spektroskopie

Horiba Jobin Yvon ist ein Anbieter von High-Tech Produkten in der Optik, die den Anforderungen der modernen Spektroskopie mit einer Vielzahl von Anwendungen und Techniken gerecht werden.

Mit dispersiver Ramanmikrospektroskopie, Fluoreszenzspektroskopie, Mikro-Röntgenfluoreszenzspektroskopie sowie SPRI, Surface Plasmon Resonance Imaging zielt diese Produktpalette bevorzugt auf Anwendungen im Bereich Polymerchemie und Materialwissenschaften, Life Science, Pharmazie, aber auch Biologie und Biochiptechnologie. Dabei berücksichtigt der Mikro- beziehungsweise Imaging-Ansatz die immer größer werdende Notwendigkeit nach schneller bildgebender Analytik.

Zerstörungsfreie Schichtmesstechniken wie Ellipsometrie und Reflektometrie zielen besonders auf Applikationen in der Halbleiteranwendung, im Bereich der Analyse von Coatings und Oberflächenfilmen.

Messtechniken wie ICP-OES, GD-OES und Spark liefern präzise Konzentrationsinformationen auf Elementbasis bis in den ppb-Bereich. Darüber hinaus beinhaltet diese Angebotspalette auch Systeme zur Schwefel-in-Öl Bestimmung, Feststoffanalysatoren zur O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>-Bestimmung und zur Kohlenstoff oder Schwefelbestimmung. Bevorzugte Einsatzbereiche sind hier Materialwissenschaften und Oberflächenanwendungen, industrielle Stahlanalytik sowie der Edelmetallbereich. Als Erweiterung bieten wir zertifizierte Standard- und Referenzmaterialien an.

Optische Gitter sind das Herz jeder oben angesprochenen Methoden. Horiba ist ein führender Gitterhersteller für spezielle Anforderungen wie beispielsweise in der Astronomie, für Synchrotrons oder Hochenergielaser.

Kann keine bestehende Gerätetechnik eingesetzt werden, bietet das Sortiment von optischen Spektroskopiekomponenten auch individuelle Lösungen an.



Horiba Jobin Yvon GmbH  
81549 München  
Tel +49 89 462317-0  
www.jobinyvon.de

## Wesentlich schnellere Kalibrierung von Mehrkanalpipetten

Mettler Toledo's MCP Kalibrier-Serie entspricht den ISO 8655 Bestimmungen für Einzel- und Mehrkanalpipetten. Der Kalibrier-Vorgang kann in einem Bruchteil der Zeit, die für herkömmliche Systeme nötig war, durchgeführt werden. Sogar Volumen von 10 µl können präzise kalibriert werden.

Das System besteht aus ein bis fünf automatischen Wäge-Einheiten (MCP1 bis MCP5). Jede Wäge-Einheit besteht aus einer Waage und einem automatischen Transport-System, so dass bis zu 12 flüssige Einheiten aus einer Pipette schnell und aufeinander folgend gewogen werden können. Eine 12-Kanal-Pipette kann beispielsweise innerhalb von 14 Minuten vollständig kalibriert werden, während dies mit herkömmlichen Methoden 2 bis 4 Stunden dauert. Das kompakte MCP1-S System ist tragbar, es wird im passenden Koffer geliefert.

Die Kalibrier-Software Calibry hilft bei der Methodenwahl und führt step-by-step durch den ganzen Kalibrier-Prozess. Die Daten werden vollständig aufgezeichnet, was die Rückverfolgung aller Vorgänge ermöglicht (Anforderungen der 21 CFR Teil 11).



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

## Freie Methodenwahl bei der automatisierten DNA-Aufreinigung

Durch die Zusammenarbeit zwischen der Eppendorf AG und fünf Hauptvertretern von Chemikalien zu Nukleinsäureaufreinigung konnte ein neues Konzept, die epMotion Plug'n'Prep-Technologie realisiert werden, das vor-

getestete Methoden für schnelle DNA/RNA-Aufreinigung bietet und eine Auswahl von mehr als 25 verschiedenen Protokollen nutzt.

Als ein offenes, automatisiertes Pipettiersystem, ermöglicht das epMotion den Forschern, jede beliebige Aufreinigungstechnik zu wählen. Invitrogen, Promega, Macherey-Nagel, Invitex und 5 PRIME verwenden alle entwickelte, optimierte und getestete epMotion-Methoden. Jetzt können Nutzer einfach ihre bevorzugte Marke und Extraktionsatztypen wählen, die vorgetestete Methode auf epMotion.com heruntergeladen und die Methoden-dateien auf das epMotion übertragen. Es ist keine weitere Anpassung nötig, und da die Einrichtzeit kürzer als eine Stunde ist, ist es einfach, jederzeit zu einem anderen Anbieter von Aufreinigungskemikalien zu wechseln.

Eine große Auswahl von Anwendungen ist verfügbar, einschließlich

gDNA-Extraktion aus Blut, aus Gewebe kultivierte Zellen und Bakterien, wie auch die Isolierung von Gesamt-RNA, viraler DNA und RNA, Plasmidaufreinigung, BAK-Aufbereitung und PCR-Reinigung.

Die Pipettiersysteme sind einfach zu bedienen und anpassungsfähig. Alle typischen Schritte im Flüssigkeitsbetrieb bei nachgeschalteten Anwendungen können automatisiert werden, was es den Nutzern ermöglicht, währenddessen andere Arbeiten zu erledigen. Alle vorgetesteten epMotion Plug'n'Prep-Protokolle von Eppendorf können auf [www.epMotion.com/pnp](http://www.epMotion.com/pnp) heruntergeladen werden.



Eppendorf AG

22331 Hamburg

Tel +49 (0)40 53801 0

Fax +49 (0)40 53801 556

[www.eppendorf.com](http://www.eppendorf.com)

## Titrieren: Anwender-freundlich automatisiert

Nach der erfolgreichen Einführung des One-Click-Konzeptes vor einem Jahr, führt Mettler Toledo mit der Version 2.0 die Titration zur nächsten Stufe und macht sie noch einfacher, effizienter und sicherer. Zusammen mit der Titration Excellence Version 2.0 wurde eine neue Version der LabX Titration PC Software eingeführt. Damit steht ein komplettes Portfolio von Plug&Play Sensoren sowie der Probenwechsler

Rondo 30 für eine noch größere Probenkapazität zur Verfügung.

Mit der Version 2.0 der Titration Excellence werden alle Systemkomponenten automatisch erkannt. Der Anwender braucht sich keine Gedanken über Gerätekonfigurationen oder Sensorkalibrierdaten usw. zu machen. Die Sensoren speichern alle relevanten Daten und kommunizieren mit dem Titrator, sobald eine Elektrode angeschlossen ist. Die neue Version der LabX Titrations-Software 2.6 sorgt für die lückenlose elektronische Speicherung aller Daten und Interaktionen.

Für Anwender in der Pharmaindustrie wurde der Support für die Einhaltung der FDA 21 CFR part

11 weiter verbessert.

Die Glas- und Metallelektroden für die Titration decken alle Anwendungen von der pH-Messung bis zu anspruchsvolleren Titrationsen in schwierigen Probenmatrizen ab. Die Sensoren sind kompatibel mit der derzeitigen und der neuen Version der Excellence Titratoren und machen den Wechsel einfach. Der Anwender muß lediglich ein Software-update durchführen, ein Hardware-Austausch ist nicht nötig.

Der Probenwechsler ermöglicht die automatische Titration von bis zu 30 Proben mit einem Knopfdruck. Er ist ebenso kompatibel zu den meisten Komponenten des modularen Rondo Probenwechsel-Systems und kann mit den Bedürfnissen des Anwenders wachsen.



Mettler-Toledo GmbH

35396 Gießen

Tel +49 (0)641 507 111

Fax +49 (0)641 507 128

[www.mt.com](http://www.mt.com)



## 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



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

## DICHTUNGSSCHEIBEN AUS GUMMI MIT AUFVULKANISIERTER PTFE-FOLIE

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

## FTIR-SPEKTROMETER-ZUBEHÖR



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

## GEFRIERTROCKNER

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

## GEFRIERTROCKNUNGSANLAGEN



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



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

## HOHLKATHODENLAMPEN



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

## KÜHL- UND TIEFKÜHLGERÄTE



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



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

## KÜVETTEN

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

## LABORCHEMIKALIEN



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

## LABOREINRICHTUNGEN



**Köttermann**  
Systemlabor

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

## LABOREINRICHTUNGEN

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

## LABORHILFSMITTEL



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

## LABOR-SCHLÄUCHE UND -STOPFEN AUS GUMMI

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

## LABORZENTRIFUGEN, KÜHLZENTRIFUGEN



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



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



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

## LEITFÄHIGKEITS-MESSGERÄTE



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

## MIKROSKOPE

**hund**  
**WETZLAR**

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

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

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

## OPTISCHE TAUCHSONDEN

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

## PARTIKELANALYSE

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

## PH-MESSGERÄTE

**HANNA**  
**instruments**  
Deutschland GmbH

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

## REINIGUNGSMITTEL FÜR LABORGLAS

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

## SAUERSTOFF-MESSGERÄTE

**HANNA**  
**instruments**  
Deutschland GmbH

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

## STERILISATOREN

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

## TEMPERATUR-MESSGERÄTE

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



## TEMPERATUR-MESSGERÄTE

**HANNA**  
**instruments**  
Deutschland GmbH

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

## THERMOMETER

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

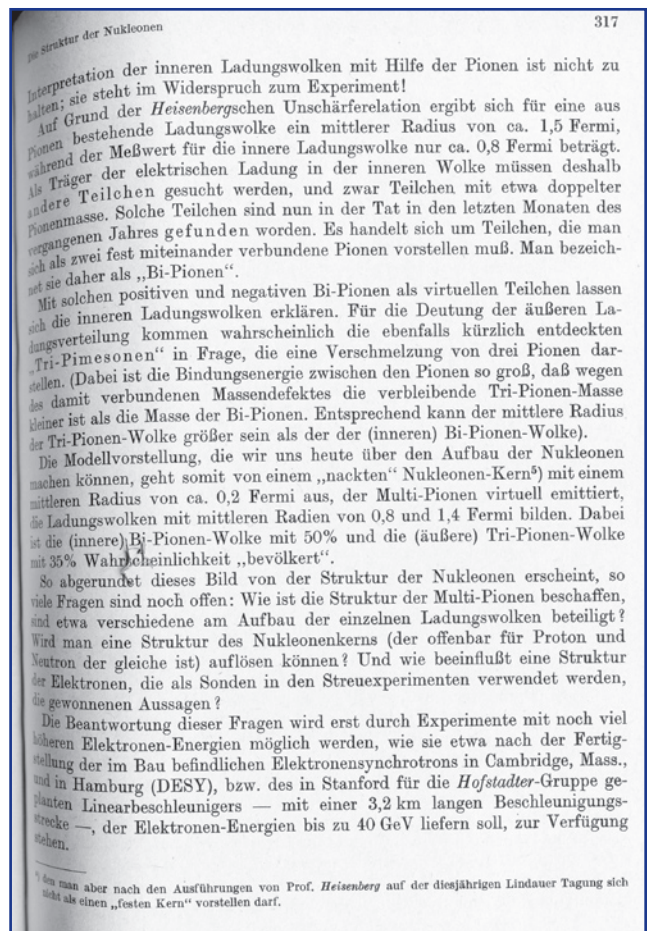


## VAKUUMKONZENTRATOREN

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

## CLB-Geschichte

Forts. von Umschlagseite 3





# CLB – Memory

Die CLB-Beilage für Ausbildung in Chemie, Labortechnik,

Chemietechnik, Biologie und Biotechnik

November/Dezember 2007

## Ein Fall für die Kriminalpolizei

### Wundersame Geldwäsche

Prof. Dr. Volker Wiskamp

**K**aum zu glauben, dass heute noch Menschen auf alchemistische Zaubertricks reinfallen. Oder liegt es an einer mangelnden naturwissenschaftlichen Bildung der modernen Menschen, dass alchemistische Betrügereien wieder eine Chance haben?

Am 26.6.2007 berichtete M. Trimborn im Darmstädter Echo über Betrüger, die mit der angeblichen Entfärbung geschwärzter Banknoten Millionenschäden anrichten:

„Es klingt wie im Märchen: mit einem chemischen Verfahren Geldscheine vervielfältigen. Das versprechen Trickbetrüger, die immer häufiger gutgläubige Opfer um ihr Ersparnis bringen. Wer sich auf die Masche einlässt, muss echte Geldscheine bereitstellen, aus denen die Betrüger mit einer Chemikalie angeblich weitere Banknoten machen. Als Verdienst winken den Betrügern zufolge mehrere zehntausend oder hunderttausend Euro, doch am Ende halten die Betroffenen nur wertlose Papierblätter in den Händen. Viele reichen diese angeblich echten Banknoten hoffnungsvoll bei der Falschgeldstelle der Deutschen Bundesbank ein, wo sich das Ganze als Schwindel entpuppt.

Laut Bundeskriminalamt werden jedes Jahr nur knapp 60 Fälle bekannt, die Dunkelziffer

liegt aber viel höher. Viele Betroffene schweigen aus Scham oder fürchten, sich strafbar gemacht zu haben. Der Schaden allein in Berlin beläuft sich auf zwei bis drei Millionen Euro jedes Jahr.

Der haarsträubende Zaubertick, der in Fachkreisen „Wash-Wash-Methode“ heißt, verläuft immer gleich: Die Betrüger besuchen meist Geschäftsleute oder schicken ihnen E-Mails. Sie machen ihren Opfern weis, sie würden Leute kennen, die viel Geld aus dubiosen Quellen, zum Beispiel aus Überfällen oder Lösegeld, aus ihrem Heimatland nach Europa gebracht hätten. Für die Ausfuhr seien die Scheine zum Schutz schwarz gefärbt worden und könnten in einer aufwendigen Prozedur wieder entfärbt wer-

den. Als Katalysator benötige man jedoch echte, ungefärbte Scheine.

Zum Beweis demonstrieren sie den Vorgang mit einem echten Geldschein, über den sie vorher Iod geschüttet haben, so dass er schwarz ist. Diese Banknote legen die Betrüger in Wasser, schütten handelsübliches Vitamin-C-Pulver darüber, und schon wird sie wieder weiß. Etwas Babypuder dient als Zauberkemikalie. Mit Beschwörungsformeln wirkt alles sehr geheimnisvoll. Dann nehmen die Hochstapler das Geld der Opfer.

Während der oft stundenlangen Wartezeit, in der angeblich die chemische Reaktion in den Geldpaketen abläuft, tauschen sie die Pakete aus und setzen sich mit dem Geld ab.



Abbildung 1:  
Spielgeldschein.

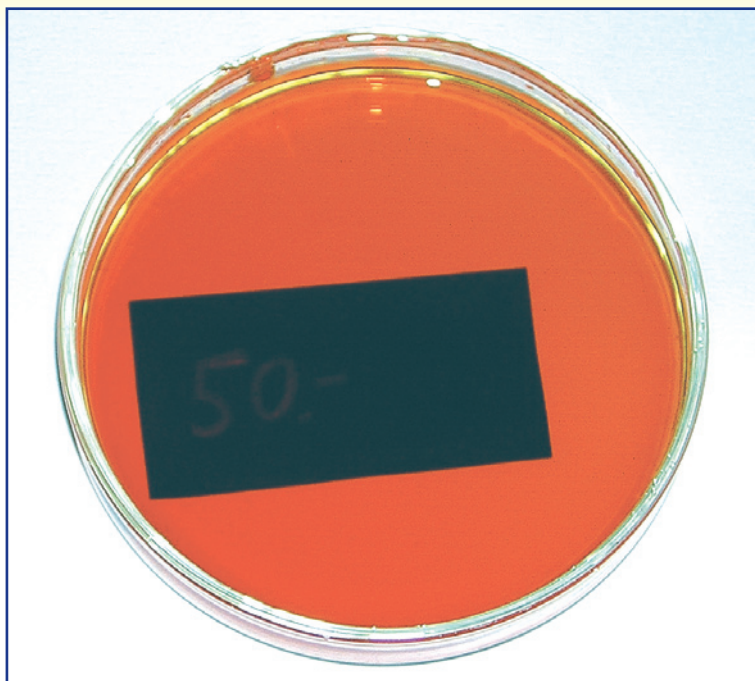
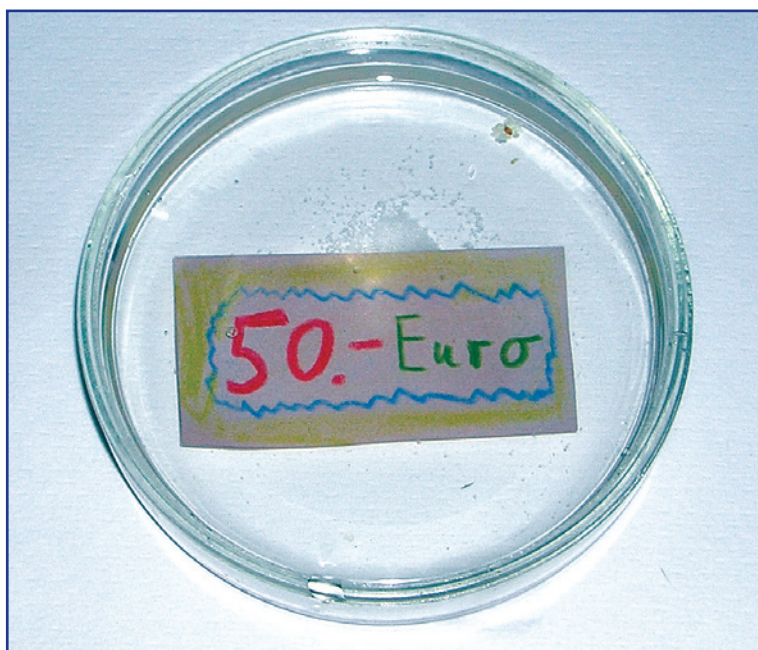


Abbildung 2: Schwarzfärbung mit Iod-Lösung.

Abbildung 3: Entfärbung mit Vitamin-C-Lösung.



Viele Opfer verlieren ihre gesamten Ersparnisse. Ein Rentner löste seine Lebensversicherung auf und verlor 425 000 Euro. Ein Restaurantbesitzer kratzte mit seiner Familie mehrere hunderttausend Euro zusammen, um sie „vermehrten“ zu lassen.

Dabei hätten die Opfer nur wissen müssen: Es gibt keine schwarzen Geldscheine, die

für den Transport oder aus Sicherheitsgründen eingefärbt werden. Zwar werden bei Geldtransporten aus Schutz gegen Überfälle „security packs“ beige packt. Sie enthalten Farbbeutel, die per Funk gezündet werden und alle Geldpakete bespritzen, dabei wird aber rote Farbe benutzt.

Es sind keineswegs nur leichtgläubige, weniger gebil-

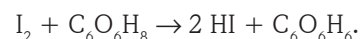
dete Menschen, die auf die Trickbetrüger reinfallen. Das geht quer durch alle Bevölkerungsschichten und ist einfach die Gier. Wenn Menschen das Gefühl haben, ein Schnäppchen machen zu können, werden alle Vorsichtsmaßnahmen außer Acht gelassen.“

An der Christian-Morgestern-Grundschule in Darmstadt haben wir den oben in gekürzter Form wiedergegebenen Zeitungsartikel in einer Chemie-Arbeitsgemeinschaft von Viertklässlern besprochen und dazu folgendes Modellexperiment durchgeführt (Abbildungen 1 bis 3): Die Kinder fertigen aus etwa 4×6 cm<sup>2</sup> großen Rechtecken aus weißem Schreibpapier mit Hilfe von Blei- und Buntstiften sowie wasserfesten Filzschreibern Spielgeldscheine an.

Diese werden in verdünnte Iod/Kaliumiodid-Lösung gelegt. Bereits nach kurzer Zeit sind sie fast schwarz, bedingt durch die Reaktion von Iod mit der im Papier enthaltenen Stärke. (Ein Vergleichsversuch wird durchgeführt, in dem eine Stärke-Lösung mit Iod und dabei ebenfalls tiefdunkel wird.)

Nun werden die schwarz gefärbten Papiere mit Wasser abgewaschen und in eine verdünnte Vitamin-C-Lösung gelegt. Schon bald sind die ursprünglichen „Blüten“ wieder zu erkennen.

Das Iod wurde nämlich von der Ascorbinsäure zu farblosem Iodid reduziert:



Der Prozess des Schwarzfärbens und anschließenden Entfärbens kann mehrfach wiederholt werden.

Die Kinder waren von den beobachteten Phänomenen begeistert. Sie werden aufgrund der erworbenen chemischen Fachkenntnis gewiss nicht Opfer alchemistischer Falschgeld-Betrüger werden.



## Entsorgung von Chemikalien

# Genauere Kenntnis der Stoffeigenschaften wichtig

**F**ür 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 er-

innerte 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 beschrieben. 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.

### „Alte“ 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, 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 genannten Sicherheitsmaßnahmen zu vernichten.

### 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“ 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 Aufstreuen 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

**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



Kupferstich von 1536: „Der Quacksalber und sein Ausrufer“.

Kupferstich von 1536: „Der Quacksalber und sein Ausrufer“



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

Tabelle: Aceton und Acetonperoxide

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, stufte 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-Hirn-Schranke und wirkt als Zell- und Protoplasma-gift, 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 Vergiftungs-

erscheinungen 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.

### Anforderungen im Labor

Auf welche Weise lässt sich Natrium sicher 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 Alkoholatkonzentration 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. Man muss daher reichlich Ethanol vorlegen und portionsweise Natrium hinzufügen.

Manchmal können sich Reaktionsgemische auch mit Zeitverzögerung entzünden. 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.

### Wasserfreies Aceton

Aceton (siehe Tabelle) wurde durch Stehenlassen über Phosphorpentoxid 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

### 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).

auf pures Pentoxid trafe. 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.

Mit schnellen Sensoren und mit Algorithmen der künstlichen Intelligenz arbeitet die Abfallsortierung heute sehr effizient. Ob Chemie-Abfallstoffe in Plasmaöfen, die eine Betriebstemperatur von einigen tausend Grad haben und chemische Verbindungen aufbrechen, durch anschließende Einzelatom-Sortierung rentabel arbeiten, darf bezweifelt werden. Auch wenn Goldbarren entstehen... (Grafik: Ans de Bruin).

Ein anderer Fall: Im Labor ist eine Flasche Natriumhydrid-Lösung auf dem Fußboden zerbrochen. Bei der Entsorgung gibt es eine besondere Vorgehensweise. 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.

*Dr. Maren Bulmahn*



Die Futurephase Labs  
arbeiten jetzt abfallfrei.  
Reststoffe werden im  
Plasmaofen atomisiert, im  
Massenspektrometer sortiert  
und handlich ausgegeben.



## Studie über Informationen zur Berufswahl

# Jeder Dritte fühlt sich unzureichend informiert

**Wie gut fühlen sich Schülerinnen und Schüler ein halbes Jahr vor dem Erwerb der Hochschulreife über die nachschulischen Bildungsalternativen informiert? Welche Schwierigkeiten und Probleme beeinflussen ihre Studien- und Berufswahl? Wie bewerten die künftigen Studienberechtigten vorhandene Beratungsangebote? Und wo besteht weiterer Informationsbedarf? Diesen Fragen widmete sich jetzt eine Studie der HIS Hochschul-Informationssystem GmbH.**

Die Ergebnisse der Untersuchung basieren auf einer ein halbes Jahr vor dem Schulabschluss durchgeführten, auf Bundes- und Landesebene repräsentativen Befragung von rund 12 000 Schülerinnen und Schülern, die im Abschlussjahr 2005/06 an allgemeinbildenden oder beruflichen Schulen die Fachhochschulreife oder das Abitur anstrebten. Dies ist bereits der zweite Bericht zu diesem Thema; damit wird ein Zeitvergleich mit dem zuvor befragten Studienberechtigtenjahrgang 2005 ermöglicht.

Für gut jeden zweiten Studienberechtigten beginnt vor bzw. mit dem Übergang in die gymnasiale Oberstufe die aktive Auseinandersetzung mit infrage kommenden nachschulischen Bildungsalternativen. Zwei von fünf Befragten setzen sich allerdings erst im Laufe des letzten Schuljahrs damit auseinander. Für immerhin sechs Prozent der Schülerinnen und Schüler ist die Studien- und Berufswahl auch ein halbes Jahr vor dem Schulabschluss noch kein Thema. Zum Zeitpunkt der Befragung fühlen sich lediglich 27 Prozent der Schülerinnen und Schüler in den Abschlussklassen hinreichend auf die anstehende,

für den weiteren Lebensweg zentrale Entscheidung vorbereitet. Jeder Dritte stuft den persönlichen Informationsstand als unzureichend ein; der Rest fühlt sich bestenfalls teilweise informiert.

### Hauptbelastung Arbeitsmarkt

Wie bereits im Vorjahr bereitet die unvorhersehbare Entwicklung des Arbeitsmarktes den Schülerinnen und Schülern besondere persönliche Probleme bei der Wahl des nachschulischen Werdeganges (53 Prozent). Als Belastung hinzu kommen für viele Befragte die nur schwer überschaubare Zahl der Möglichkeiten nach dem Schulabschluss (42 Prozent) und die Schwierigkeit, abzuschätzen, welche Qualifikationen und Kompetenzen in Zukunft wichtig sein werden

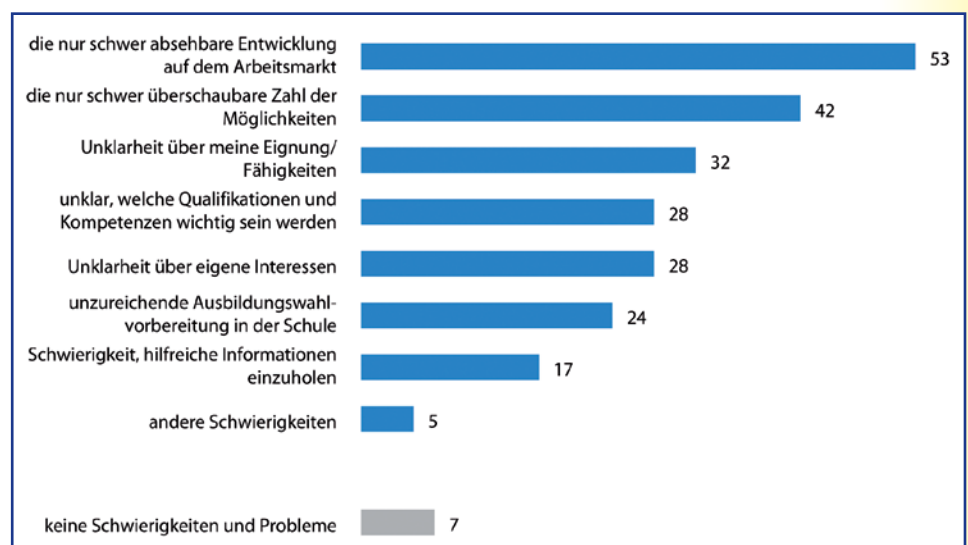
(28 Prozent). Lediglich sieben Prozent der Befragten geben an, keine besonderen Schwierigkeiten und Probleme bei der Wahl ihres nachschulischen Werdeganges zu haben.

Der häufige Rückgriff vieler Befragter auf ein breites Spek-



trum an Informationsquellen deutet auf einen sehr hohen Informations- und Beratungsbedarf der Studienberechtigten hin. Allerdings erweisen sich nicht alle Angebote als gleichermaßen hilfreich bei der Entscheidungsfindung. Das Internet ist jedoch sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Hinsicht eine Informationsquelle, die von fast allen Studienberechtigten genutzt (95 Prozent) und überwiegend positiv eingeschätzt (75

Arbeitsmarktprobleme und Unüberschaubarkeit der Möglichkeiten prägen die persönlichen Schwierigkeiten bei der Berufswahl (in v. H., Studienberechtigte 2006 ein halbes Jahr vor Schulabgang; Grafiken: HIS).





Prozent der Nutzer/innen des Internet) wird. Neben speziellen Büchern und Zeitschriften zum Thema werden häufig Eltern, Verwandte (92 Prozent) und Freunde (91 Prozent) zu Rate gezogen – ihr Rat ist jedoch eher selten hilfreich (39 Prozent bzw. 29 Prozent der Nutzer/innen). Drei von vier Studienberechtigten beziehen Lehrer und Lehrerinnen in den Entscheidungsfindungsprozess ein, jedoch können auch diese nur selten zielführend weiterhelfen (17 Prozent der Nutzer/innen). Professionalisierte Informations- und Beratungsdienste von Arbeitsagenturen, Studien- und Berufsberatung werden ebenfalls überwiegend kritisch bewertet.

### Starke Nutzung hochschulbezogener Informationsquellen

Die Mehrheit der angehenden Studienberechtigten will nach dem Schulabschluss ein Studium aufnehmen. Entsprechend sind alle Informationen rund ums Studium von Interesse: Insbesondere Informationsmaterialien (84 Prozent) und Informationstage (65 Prozent) der

Hochschulen finden bei vielen Schülerinnen und Schülern Beachtung. Rankings sind in diesem Zusammenhang quantitativ ebenfalls von Bedeutung (47 Prozent), ihr Beitrag zur Studienentscheidung wird jedoch verhältnismäßig selten positiv bewertet (26 Prozent der Nutzer/innen).

Zu den häufigsten Informations- und Beratungsangeboten im Rahmen der Schule gehören Besuche von Hochschulen und Betrieben (70 Prozent) sowie Angebote in Zusammenarbeit mit den Berufsinformationszentren (66 Prozent). Im Unterricht selber werden Studien- und Berufswahl deutlich seltener thematisiert (56 Prozent) und bei lediglich knapp jedem/jeder vierten Studienberechtigten war die Entscheidungsfindung hinsichtlich des nachschulischen Werdegangs als Teil des regulären Unterrichts in den Lehrplan eingebunden.

Den Studienberechtigten steht nach dem Erwerb der Hochschulzugangsberechtigung ein breites Spektrum an Qualifizierungsoptionen offen. Entsprechend wünschen sie sich vor allem einen generellen Überblick über Studien- und Ausbildungsmöglichkeiten (67 Prozent) bzw. Alternativen in den interessierenden Fach- und Berufsrichtungen (75 Prozent). Darüber hinaus ist insbesondere die weit verbreitete Unsicherheit hinsichtlich der individuellen Eignung und Fähigkeiten (58 Prozent) sowie in Bezug auf die eigenen Interessen (52 Prozent) bemerkenswert.

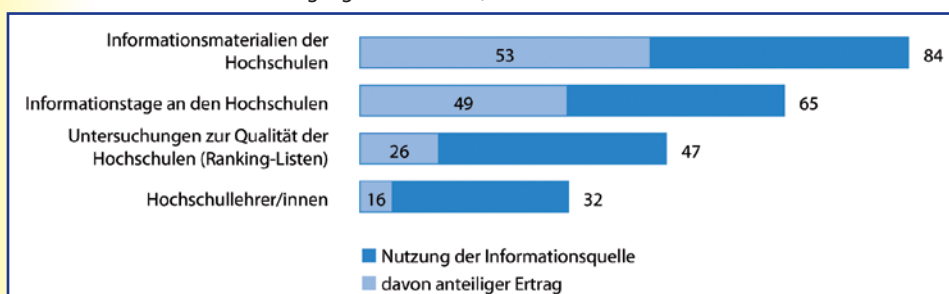
### Aus der Bildungslandschaft

- Jugendliche, die regelmäßig Sport treiben, erzielen durchschnittlich höhere Bildungsabschlüsse als ihre bewegungsscheuen Altersgenossen. Dieser Zusammenhang konnte in einer vom Bonner Institut zur Zukunft der Arbeit (IZA) veröffentlichten Untersuchung jetzt erstmals für Deutschland nachgewiesen werden. Demnach erhöht die Teilnahme an außerschulischen Sportangeboten die Wahrscheinlichkeit, die Hochschulreife zu erlangen oder ein Universitätsstudium erfolgreich zu absolvieren, um jeweils bis zu sechs Prozentpunkte ([ftp.iza.org/dp3160.pdf](http://ftp.iza.org/dp3160.pdf)).

- Für Unternehmen aus der Energiewirtschaft, aus der chemischen sowie der petrochemischen Industrie, aus der Energietechnik etc. ist bereits heute das Management der Wasserstoff-Wertschöpfungskette sowohl aus technischer als auch aus wirtschaftlicher Sicht ein signifikanter Erfolgsfaktor. Die Dresden International University (DIU) hat sich in enger Zusammenarbeit mit der TU Dresden zum Ziel gesetzt, Experten dafür auszubilden und hat hierfür im Sommersemester 2008 – einmalig in Deutschland – einen zweijährigen berufsbegleitenden Masterstudiengang eingerichtet.

- Ab Sommersemester 2008 bietet die Hochschule Bremen einen dreisemestrigen Master-Studiengang für Technische und Angewandte Biologie (ISTAB) M.Sc. an. Das neue Angebot mit dem akademischen Grad „Master of Science“ eröffnet Absolventen von Bachelor-Studiengängen der Biologie und verwandter naturwissenschaftlicher Fächer eine Vertiefungsmöglichkeit in den aktuellen Bereichen der praxisorientierten „Life Sciences“. Bewerben können sich alle mit abgeschlossenem Hochschul-Studium (Diplom oder Bachelor) der Biologie, Biochemie, Biotechnologie, Ökologie. Absolventen anderer Studiengänge müssen einen klaren Bezug zur Biologie nachweisen.

Nutzung und Ertrag von Informationsquellen: hochschulbezogene Quellen (in v. H., Studienberechtigte 2006 ein halbes Jahr vor Schulabgang; Grafiken: HIS).





## Nützliche Ratgeber 89 – 105

## Mehr Online-Infos und Downloads als Hefte

## KK (Kind &amp; Karriere)

Informationen rund um das Projekt „Balancierung von Wissenschaft und Elternschaft (BAWIE)“ sind jetzt auch online verfügbar. Auf der neuen Internetpräsenz [www.bawie.de](http://www.bawie.de) finden Interessierte Aktuelles und Hintergründe zu BAWIE, Projektinhalte und Ergebnisse, aber auch Verweise zu themenbezogener Literatur, Links und Netzwerken. Hintergrund von BAWIE ist der relativ geringe Erkenntnisstand zur Kinderzahl von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie zu den Faktoren, die deren Entscheidungen pro und contra Kinder beeinflussen. Das Kompetenzzentrum Frauen in Wissenschaft und Forschung (CEWS), ein Arbeitsbereich der GESIS, Gesellschaft Sozialwissenschaftlicher Infrastruktureinrichtungen, leitet das Projekt.

Recherche-Tool für  
Gefahrgutverpackungen

Die BAM ermöglicht die Online-Suche nach allen von der BAM zugelassenen Gefahrgutverpackungen, einschließlich Großpackmittel (IBC) und Großverpackung, die in Deutschland oder im Ausland hergestellt worden sind. Diese Recherche kann direkt unter <http://www.tes.bam.de/php/d-bam> abgerufen werden. Die Suche ist nach allen Zulassungen, Herstellern und Zulassungsinhabern mit Hilfe von Bauartcodes, Zulassungsscheinnummern oder Herstellerkurzzeichen möglich. Auch die Suche nach Herstellern für Gefahrgutverpackungen, eingeschränkt auf Länder oder Städte, ist hiermit möglich. Das Recherche-Tool entstand in Zusammenarbeit mit der Fachhochschule für Technik und Wirtschaft (FHTW) Berlin.

## Neue Ausbildungsberufe

Zehn neue oder modernisierte Ausbildungsberufe sind zu Beginn des neuen Ausbildungsjahres 2007 an den Start gegangen, beispielsweise die Fachkraft für Holz- und Bautenschutzarbeiten, der Holz- und Bautenschützer, der mathematisch-technische Software-Entwickler sowie der Sportfachmann/die Sportfachfrau. Für vier neue und sechs vorhandene Berufe sind vom BIBB Ausbildungsordnungen erarbeitet beziehungsweise aktualisiert worden, zusammengefasst in der neuen Broschüre „Ausbildungsord-

nungen und wie sie entstehen...“. Das zuständige Bundesministerium erlässt im Einvernehmen mit dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) die endgültige Ausbildungsordnung und veröffentlicht diese im Bundesgesetzblatt. Die Broschüre kann unter [www.bibb.de/pub/ausbildungsordnungen](http://www.bibb.de/pub/ausbildungsordnungen) heruntergeladen werden. Weitere Informationen über die zehn neuen bzw. modernisierten Ausbildungsberufe 2007 finden Sie unter [www.bibb.de/pub/ausbildungsberufe-2007](http://www.bibb.de/pub/ausbildungsberufe-2007).

## Kohlenmonoxid-Pipeline

Eine neue Informations-Broschüre zur Kohlenmonoxid-Pipeline wurde an die Anwohner entlang der Trasse verteilt. Darin enthalten sind die wichtigsten Fragen und Antworten zum Bau und Betrieb der CO-Leitung. Die Versorgungsleitung soll die Chemiestandorte Dormagen und Krefeld-Uerdingen verbinden und das schon bestehende CO-Verbundsystem zwischen Dormagen und Leverkusen ergänzen. Im Chemiapark Krefeld-Uerdingen reicht die Kapazität zur Herstellung der notwendigen Kohlenmonoxidmenge nicht mehr aus. Dagegen steht am Standort Dormagen ausreichend Produktionskapazität zur Verfügung. Zudem wird zur Herstellung von Kohlenmonoxid auch Kohlendioxid benötigt, das ohnehin im Chemiapark Dormagen anfällt und bisher in die Atmosphäre abgegeben wird. Damit leistet die Pipeline einen wichtigen Beitrag zur Entlastung der Umwelt. Unter [www.pipeline.bayer.de](http://www.pipeline.bayer.de) steht die Broschüre im pdf-Format zum Download bereit.

Physikalische Daten für  
Wissenschaft und Praxis

Das Handbuch „1x1 der Gase“ der Air Liquide Deutschland GmbH entwickelt sich mit der 3. Auflage zum Standardwerk für Anwender von technischen und medizinischen Gasen. Auf 436 Seiten im handlichen Taschenbuchformat bietet es umfangreiche Informationen über Gase: Von deren Erzeugung, Lagerung, Transport und Handhabung über die gesetzlichen Vorschriften und Regelwerke bis hin zu den Stoffdaten von 128 Gasen. Es beantwortet beispielsweise Fragen nach dem richtigen Druckminderer oder nach der Handhabung von Gasen schnell und zuverlässig. Gestützt werden diese Angaben durch 140 Tabellen und 87 zum Teil farbige Abbildungen. Ziel ist es, das Handbuch einer breiten Leserschaft wie beispielsweise Studenten zugänglich zu machen. Daher wird das Handbuch für nur 25 Euro (zzgl. Versand) im Internet unter [www.airliquide.de](http://www.airliquide.de) angeboten.



## Info-Service technische Innovationen

Der BDI ([www.bdi.eu](http://www.bdi.eu)) und der Verband der deutschen Technologie- und Patentverwertungsagenturen, die TechnologieAllianz e.V. ([www.technologieallianz.de](http://www.technologieallianz.de)) bieten einen kostenlosen Informationsservice über neueste Innovationen und Spitzentechnologien an. Über einen E-Mail-Service werden an Unternehmen Forschungsergebnisse aus deutschen Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen zugesandt. Auf der Internetseite [www.inventionstore.de](http://www.inventionstore.de) können die Nutzer ihr individuelles Interessenprofil definieren. In Kurzform werden die Technologie, das Verwertungs- und Marktpotenzial sowie der Status des Patentschutzes dargestellt. Bei Interesse stehen den Unternehmen dann über 100 Innovationsmanager aus dem Netzwerk der TechnologieAllianz zur Seite.

## Planung von Forschungszentren

In Forschungszentren werden Wissenschaftlern Labor-, Büro- und Serviceflächen räumlich konzentriert zur Verfügung gestellt, um interdisziplinäres Arbeiten zu fördern. Mit der Publikation Forum Hochschule 9 | 2007 erarbeitet die HIS Hochschul-Informationssystem GmbH Planungshilfen für die Organisation, bauliche Konzeption und Ressourcenplanung von interdisziplinären Forschungszentren, aber auch fachbezogenen Laborgebäuden. Die Autoren stützen sich dabei auf das Instrumentarium der Bedarfsplanung naturwissenschaftlicher Hochschuleinrichtungen und werten aktuelle Bauvorhaben der Chemie, Biowissenschaften und Nanotechnologie aus. Die Publikation steht kostenlos zur Verfügung unter [www.his.de/pdf/pub\\_fh/fh-200709.pdf](http://www.his.de/pdf/pub_fh/fh-200709.pdf). Eine Printversion von „Forschungszentren und Laborgebäude“ kann gegen eine Schutzgebühr von 20 Euro bei HIS ([www.his.de](http://www.his.de)) bestellt werden.

## Materialdaten für die Gebäudesanierung online

Sind bei der Sanierung von Gebäuden das Materialverhalten der Baustoffe und die neuen Konstruktionen nicht aufeinander abgestimmt, können Bauschäden wie Schimmelpilzbefall oder Korrosion entstehen. Doch oft sind thermische und feuchtetechnische Eigenschaften nur unzureichend bekannt, insbesondere bei heute nicht mehr üblichen Baustoffen. Das neue BINE-Projekt-Info „Materialdaten für die energetische Gebäudesanierung“ stellt die im Rahmen eines Forschungsprojektes entwickelte Datenbank „Masea“ vor. Sie macht

eine umfangreiche Sammlung charakteristischer Materialkennwerte im Internet frei zugänglich. Auf Grundlage der Materialdatensammlung können bestehende Gebäude in der Form für die energetische Bewertung erfasst werden, in der sie real vorzufinden sind. Für energetische Planungssoftware stellt „Masea“ eine breitere Berechnungsbasis zur Verfügung. Das Projekt-Info ist kostenfrei beim BINE Informationsdienst von FIZ Karlsruhe erhältlich, im Internet unter <http://www.bine.info> oder telefonisch unter 0228 923790.

## NanoProduktion

Im Auftrag des Hessischen Wirtschaftsministeriums hat das Fraunhofer IAO in Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Silicat-Forschung (ISC) die Broschüre „NanoProduktion - Innovationspotenziale für hessische Unternehmen durch Nanotechnologien in Produktionsprozessen“ erstellt. Diese unterstützt KMUs bei der Identifikation von Anwendungsreichen der Nanotechnologie in der Produktion. Die Broschüre kann kostenlos bei der Aktionslinie Hes-

sen-Nanotech des Hessischen Wirtschaftsministeriums bei der HA Hessen Agentur GmbH, Abraham-Lincoln-Str. 38-42, 65189 Wiesbaden, E-Mail: [marcus.laemmer@hessen-agentur.de](mailto:marcus.laemmer@hessen-agentur.de) bestellt werden. Online steht sie unter [www.hessen-nanotech.de](http://www.hessen-nanotech.de) (Rubrik Infos&Termine>Veröffentlichungen) zum Download bereit.



## Energie im Blickpunkt

Seit 30 Jahren sammelt FIZ Karlsruhe Daten und Fakten aus der Energieforschung, stellt Informationen über die Anwendung der Erkenntnisse in neuen Technologien und Produkten bereit und informiert über Fördermaßnahmen. Wie man mit präzisen Informationen Fortschritt und Innovation fördern kann, zeigt die neue kostenlose Broschüre „Energie im Blickpunkt“.

Innovative Technologien aus der Energieforschung des Bundes sind Kernthemen des BINE Informationsdienstes, ein weiteres Thema der Sonderveröffentlichung. BINE baut als zentraler Informationsvermittler Brücken zwischen Forschung und Anwendung und unterstützt die Politik einer nachhaltigen Energieversorgung.

Dass auch der wissenschaftliche Nachwuchs viel versprechende Ideen zur Lösung von Energieproblemen leisten kann, zeigen die in der Datenbank JufoBase ([www.jufobase.de](http://www.jufobase.de)) bereitgestellten prämierten „Jugend forscht“-Arbeiten, die abschließend in der Broschüre behandelt werden.

Außerdem betreibt FIZ Karlsruhe die kostenlose Online-Datenbank „Energy“, die aktuelles Wissen aus der deutschen Energieforschung präsentiert ([www.fiz-karlsruhe.de/energy\\_environment.html](http://www.fiz-karlsruhe.de/energy_environment.html) oder [www.etde.org/etdeweb](http://www.etde.org/etdeweb)).



FIZ Karlsruhe



## Kompetenzforschungszentren

Im Rahmen des EU-finanzierten Projekts COMPERA (Nationale und Regionale Programme und Initiativen zur Schaffung und Unterstützung von Kompetenzforschungszentren) ist vom VDI Technologiezentrum ([www.vdi.de](http://www.vdi.de)) eine neue Website eingerichtet worden ([www.competence-research-centres.eu](http://www.competence-research-centres.eu)), die 350 Kompetenzforschungszentren (Competence Research Centres - CRCs) aus ganz Europa miteinander verbindet. CRCs bringen Partner von Hochschulen, aus der Industrie und dem öffentlichen Sektor mit dem Ziel zusammen, die Kluft zwischen wissenschaftlicher und wirtschaftlicher Innovation zu überbrücken. Das Ziel von COMPERA besteht darin, den Austausch von Erfahrungen und Ideen zwischen den Teilnehmern bestehender CRC-Programme zu unterstützen und die Einrichtung von CRCs in Ländern und Regionen, die derzeit keine solchen Zentren besitzen, anzuregen. Neben den CRC-Profilen umfasst die Website eine Nachrichtenrubrik, einen Veranstaltungskalender und Informationen zur Finanzierung.

## Neues Chemikalienrecht

Als nationale Auskunftsstelle unterstützt die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) Firmen bei der Einführung und Umsetzung des neuen europäischen Chemikaliengesetzes, der REACH-Verordnung. Die Vorträge des Seminars „Vorregistrierung und Registrierung unter REACH“ in Dortmund sind unter [www.reach-helpdesk.de](http://www.reach-helpdesk.de) abrufbar. Sie stellen Inhalte und Zielsetzungen der REACH-Implementierungsprojekte RIP 3.1 und RIP 3.10 vor. Die englischen RIP-Leitfäden befinden sich unter [http://ec.europa.eu/echa/home\\_en.html](http://ec.europa.eu/echa/home_en.html) ECHA (Europäische Chemikalienagentur) be-

## Nanomaterialien

Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) beteiligt sich an der Entwicklung und Durchführung einer nationalen Forschungsstrategie, um etwaige Risiken der Nanotechnologie zu ermitteln und zu bewältigen. In Zusammenarbeit mit dem Verband der Chemischen Industrie (VCI) entstand der „Leitfaden für Tätigkeiten mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz“. Der Leitfaden kann unter [www.baua.de/nano-technologie](http://www.baua.de/nano-technologie) als PDF-Datei heruntergeladen werden. Der Leitfaden soll eine Orientierung über Maß-

nahmen bei der Herstellung und Verwendung von Nanomaterialien am Arbeitsplatz geben. Dazu definiert der Leitfaden den Begriff Nanomaterialien und zeigt Herstellungsverfahren auf und informiert über allgemeine Regelungen des Arbeitsschutzes. Anschließend gibt er Empfehlungen zum Schutz der Beschäftigten beim Umgang mit Nanomaterialien und zeigt den Stand und die Entwicklung der Messtechnik bei Nanopartikeln auf. Im Anhang befindet sich eine Checkliste zur Gefährdungsbeurteilung von Nanomaterialien.

## online-Infos für Benachteiligte

Das Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) optimiert sein Online-Angebot zur Benachteiligtenförderung in der beruflichen Bildung: Neue Themenbereiche, neue Formen der Präsentation und eine neu strukturierte Seitennavigation, dies sind die Kernbestandteile einer Überarbeitung des Internetangebots des Good Practice Center (GPC) im BIBB. Das Portal [www.good-practice.bibb.de](http://www.good-practice.bibb.de) ist seit sechs Jahren das Wissens- und Erfahrungsportal in der beruflichen Förderung benachteiligter junger Menschen.

ziehungsweise unter <http://ecb.jrc.it/reach/rip> ECB (European Chemicals Bureau).

In der Reihe REACH-Info wurde das zweite Heft „REACH-Info 2: Besonderheiten bei Zwischenprodukten und Stoffen in Forschung und Entwicklung“ veröffentlicht. Die Broschüre unterstützt Unternehmen, sicher zu entscheiden, ob sie die Ausnahmeregelungen auf ihre Stoffe anwenden können. Dabei helfen Flussdiagramme und übersichtliche Tabellen, die Stoffe richtig einzuordnen. Die kostenlose Broschüre befindet sich unter [www.reach-helpdesk.de](http://www.reach-helpdesk.de) oder kann per Post bezogen werden.

## Überwachungsbedürftige Anlagen

Einen Ratgeber zur Umsetzung der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) haben das F.A.Z.-Institut und TÜV SÜD veröffentlicht. Unter dem Titel „Überwachungsbedürftige Anlagen“ finden Unternehmen alle nötigen Informationen, um die Chancen der neuen Regelungen zu nutzen und mögliche Risiken zu vermeiden. Ein Serviceteil mit „Fragen und Antworten“, weiterführenden Links und Literaturhinweisen sowie einem Glossar mit einer Erklärung der wichtigsten Begriffe runden den Inhalt ab. Der Ratgeber wendet sich vor allem an kleine und mittlere Unternehmen mit entsprechendem Informations- und Beratungsbedarf. Angesprochen sind Unternehmen, die Dampf- und Druckbehälteranlagen, Aufzugsanlagen, Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen sowie Anlagen zum Umschlag von entzündlichen Flüssigkeiten betreiben. Die Broschüre kostet 38,00 Euro, und kann über den Internetauftritt des F.A.Z.-Instituts ([www.faz-institut.de](http://www.faz-institut.de)) unter „Publikationen“, „Branchen- und Managementdienste“ und „Sonderpublikationen“ bestellt werden.

# Organische Chemie

## Reaktionen an Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen

**1** Nach wem sind die Produkte einer elektrophilen Addition an unpolare Doppelbindungen zwischen Kohlenstoffatomen benannt?

- A** Williamson.
- B** Diels-Alder.
- C** Markownikoff.
- D** Saytzeff.
- E** Chugaev.

**2** Eine C-C-Doppelbindung ist durch funktionelle Substituenten polarisierbar. Welche davon erhöhen die  $\pi$ -Elektronendichte am  $\beta$ -Kohlenstoff der Doppelbindung?

- A** – CN
- B** – NH<sub>2</sub>
- C** – OR
- D** – NO<sub>2</sub>
- E** – COH

**3** Welche Substituenten verringern die  $\pi$ -Elektronendichte am  $\beta$ -Kohlenstoff der Doppelbindung?

- A** – NR<sub>2</sub>
- B** – OH
- C** – SR
- D** – COOR
- E** – COR

**4** Die Keto-Enol-Tautomerie beruht auf der acidifizierenden Wirkung von Substituenten. Welche Verbindungen sind acider als Wasser?

- A** C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH
- B** CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH
- C** RCH<sub>2</sub>CN
- D** CH<sub>3</sub>CO<sub>2</sub>H
- E** C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>

**5** Welche Aussage trifft auf Aldolreaktionen zu?

- A** Ein elektrophiles Enolat reagiert mit einer nucleophilen Carbonylgruppe.
- B** Ein Enolat addiert sich als Nucleophil an die Carbonylgruppe eines Aldehyds oder Ketons.
- C** Aceton geht besonders schnell Aldoladditionen ein.

**D** Enolat und Carbonylgruppe können von verschiedenen Carbonylverbindungen stammen.

**E** Enolat und Carbonylgruppe können von der gleichen Carbonylverbindung stammen.

**6** Wobei handelt es sich um eine Aldolreaktion?

- A** Umsetzung von Aceton unter Basenkatalyse zu 4-Hydroxy-4-methyl-pentan-2-on.
- B** Kondensation von Benzaldehyd mit Aceton unter Säurekatalyse zu E-4-Phenyl-3-buten-2-on.
- C** Kondensation von Benzaldehyd mit Aceton unter Basenkatalyse zu 1,5-Diphenyl-1,4-pentadien-3-on.
- D** Kondensation von Benzaldehyd mit Butanon unter Basenkatalyse zu E-1-Phenyl-1-penten-3-on.
- E** Kondensation von Benzaldehyd mit Butanon unter Säurekatalyse zu E-3-Methyl-4-phenyl-3-buten-2-on.

**7** Was wird als Wittig-Reaktion bezeichnet?

- A** Die Umwandlung einer Carbonyldoppelbindung in eine olefinische Doppelbindung.
- B** Wittig-Umlagerung.
- C** Wittig-Olefinierung.
- D** Die Umsetzung eines Phosphoniumylids mit einem Aldehyd oder Keton.
- E** Die Umsetzung eines Phosphonsäureesters mit einem Aldehyd oder Keton.

**8** Was ist Kennzeichen der Mannich-Reaktion?

- A** Es folgt häufig eine Haloformspaltung.
- B** Formaldehyd als Reagenz.
- C** Es findet ein Chiralitätstransfer statt.
- D** Es ist eine Aldolkondensation.
- E** Imminiumsalze als Zwischenstufe.

**9** Welche Verbindungen reagieren in einer Stork-Reaktion?

- A** Enole

**B** Enamine.

**C** Enamide.

**D** Enantiomere.

**E** Endorphine.

**10** Michael-Systeme ...

- A** ... reagieren in der Michael-Addition mit aktivierten Methylengruppen.
- B** ... sind Nitrile.
- C** ... sind alpha-beta-ungesättigte Carbonylverbindungen.
- D** ... reagieren mit Enaminen.
- E** ... sind Carbonsäureester.

**11** Welche Aussage stimmt zur Claisen-Kondensation?

- A** Es ist die säurekatalysierte Acylierung eines Esters mit einem anderen Ester.
- B** Zwei Estermoleküle reagieren zu einem Ketoester und bei Anwesenheit von Basen zum Esterenolat.
- C** Eine intramolekulare Claisen-Kondensation heißt Dieckmann-Kondensation.
- D** Die Reaktion findet in einem Claisen-Kolben statt.
- E** Disproportionieren die Ester, heißt das Cannizzaro-Reaktion.

**12** Was ist Kennzeichen einer Knoevenagel-Kondensation?

- A** Als Produkt bilden sich Alkene.
- B** Ausgangsstoffe sind Alkene.
- C** Sie ist basisch katalysiert.
- D** Als Katalysator dient NaOH.
- E** Als Katalysator kann Pyridin Verwendung finden.

### Lösungen zu Seite M80 (CLB 010/2007):

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

(Alle Lösungen zu Seite M88 finden Sie in CLB 12/2007 sowie auf [www.clb.de](http://www.clb.de))



### Aufsätze

#### Brauckmann, Barbara

Spezialgefertigte Oligosaccharid-Bausteine aus dem „Synthesizer“: Zuckerhaltige Impfstoffe zur Eindämmung tropischer Infektionskrankheiten..... 146

#### Duggen, Sonja; Lederer, Erich

Metall- und Feinstaubpartikel in der Atemluft: Verstärkte Allergien – Störung des Immunsystems ..... 339

#### Eickenbusch, Heinz

Organische Solarzellen: Langfristig von der Nische in den Markt ..... 27

#### Flottmann, Dirk; Müller, Alexander; Schulz, Wolfgang

Chemometrie: Grundlagen und Anwendungen in der Hauptkomponentenanalyse: Von der univariaten zur multivariaten Datenanalyse (Teil 3)..... 48

#### Gehm, Lothar

Kalibrierung von Viskosimetern: Wie viel Kalibrieraufwand ist sinnvoll? .. ..... 298

#### Grubelnik, Andreas; Meyer, Veronika R.; Bützer, Peter; Schönenberger, Urban W.

Wenig bekanntes Risiko im Laboratorium: Explosionsgefahr mit metallischem Kalium! ..... 424

#### Hartmann, Susanne;

#### Schmolz, Günter; Stier, Stefan;

#### Packert, Michael; Stegen, Dirk;

#### Weiß, Claudia; Frank, Silvia;

#### Kuballa, Thomas

Allergene in Lebensmitteln: Gefahr erkannt – Gefahr gebannt?..... 208

#### Hasenpusch, Wolfgang

Silber und Silberverbindungen: Im Zeichen des zu- und abnehmenden Mondes..... 8

Roskastanien: Nicht nur Spielzeug für Kinder ..... 54

Bernstein – Bernsteinsäure – Dicarbonsäuren: Vom Gold Ostpreußens zu den modernen Chemiefasern 88

Lebensmittelzusatzstoffe: Zu viele Fremdstoffe im Menü? ..... 128

Nanomaterialien – Eingriffe in das Reich der „Zwergstrukturen“: Mit der Winzigkeit ändern sich die Eigenschaften..... 181

Treibhausgase: Die Erde im Schwitzkasten ..... 214

Acylierung: Von der Natur zum chemischen Prozess..... 288

Perfluortenside: Eine weitere Stoffklasse vor dem Aus..... 368

#### Kässer, Mechthild

Stabilisotopenanalyse in den Biowissenschaften: Der kleine Masseunterschied macht´s ..... 94

Zu Risiken und Nebenwirkungen der Nanotechnik: Können uns Nanopartikel gefährlich werden?..... 188

Mikro-RNS als Krankheitsmarker und Angriffsziel für Medikamente: Neues von der kleinen RNS ..... 344

#### Kickuth, Rolf

Auf dem Weg zum gezähmten Sonnenfeuer: Kernfusion – Grundlastversorgung von morgen?..... 168

Vom Hebel zum Gedankenimpuls: Paradigmenwechsel in der Maschinenbedienung als Allegorie gesellschaftlicher Veränderungen ..... 427

#### Kleiner, Joachim;

#### Wachter, Gerhard; Petri, Michael

Atomspetrometrische Elementanalytik: Bestimmung der Ergebnisunsicherheit nach DEV A0-4 ..... 21

#### Maid-Kohnert, Udo

Wege zur papierarmen QM-Dokumentation: Systembrüche meiden, Mitarbeiter einbinden ..... 68

#### Obendrauf, Viktor

Cumarin: Vorkommen, Wirkungen, Analytik für den Unterricht: Zimtsterne im Zwielficht..... 328

NO als Botenstoff und Umweltgift: Nanomol-Experimente mit Stickstoffmonoxid..... 408

#### Schnitzhofer, Wolfgang; Bergmair, Johann; Hopf, Rudolf

Das private Forschungsinstitut Profactor in Steyr (Teil 1): Innovative Energiesysteme ..... 134

#### Schöftner, Rainer; Mühlberger, Michael; Schwinger, Wolfgang

Das private Forschungsinstitut Profactor in Steyr (Teil 2): Funktionelle Oberflächen und Nanostrukturen..... 174

#### Schwedt, Georg

Venezianisches Glas aus Murano: Geheime Produktion auf der Insel unter Androhung der Todesstrafe 16

Das Alte Chemische Institut in Bonn: Ein Tempel für die Chemie .. ..... 64

250 Stationen für die „Lust am realen Entdecken“: Phaeno – Experimentierlandschaft in Wolfsburg ..... 139

Zu Besuch im Duftmuseum von Farina und 471 1: Düfte aus Köln ... ..... 222

Im Roman von Patrick Süskind: Parfüm-Chemie..... 254

Im Mitteldeutschen Chemiedreieck: Das Chemie-Museum Merseburg... ..... 294

Museum für Lebensmittel in Vevey: Das Alimenterium der Nestlé-Stiftung..... 374

Pharmazeut, Chemiker, Chemehistoriker: Johann C. Wiegleb aus Langensalza ..... 420

#### Veith, Michael; Schubert, Martin; Kölbl, Marius

Regulatorische Instrumente für die Nanotechnologie: Weltweite Suche in vollem Gange ..... 261

#### Wandt, Johannes

Jugend forscht 2007: Magnetitstellung aus Eisen(II)-sulfat ..... 248

#### Wiskamp, Volker

Praxisorientierte Chemieingenieur-Ausbildung: Pflanzenschutz – chemisch betrachtet ..... 142

#### Wünschiers, Röbbbe

Lebensmittel und Genomik: Sind wir, was wir aßen? ..... 128

## Rubriken

### Bezugsquellenverzeichnis

39, 79, 119, 159, 199, 239, 279,  
319, 359, 399, 475

### F & E im Bild

3, 43, 83, 123, 163, 203, 243, 283,  
323, 363, 403

### Forschung und Technik

106, 235, 275, 314, 353, 395, 462

### Förderungen / Preise

7, 47, 87, 127, 167, 207, 247, 287,  
327, 367, 407

### Grundlagen

34, 98, 155

### Literatur

37, 74, 116, 396, 466

### Messe / Kongress / Ereignisse

102, 192, 230, 348, 383

### Neue Produkte

76, 117, 158, 198, 238, 278, 318,  
357, 397, 473

### Personalien

6, 46, 86, 126, 166, 206, 246, 286,  
326, 366, 406

### Umfeld Wissenschaft

108, 196, 237, 317, 356, 468

### Umschau

32, 72, 110, 140, 228, 268, 302,  
386, 442

### Unternehmen

4, 44, 85, 125, 164, 205, 244, 284,  
324, 364, 404

## CLB-Memory

### Borngräber, Susanne

Stereoisomere bei bromierten  
Flammenschutzmitteln ..... M46

### Bulmahn, Maren

Schülerlabor, Schnuppertage, Kin-  
deruni und Juniorstudium ..... M21  
Die Jugend-forscht-Bundessieger  
2007 stehen fest ..... M38  
Erste Promotionen in den Natur-  
wissenschaften ..... M78  
Entsorgung von Chemikalien .. M83

### Buswell, Carina;

### Tausendfreund, Ingo

Drogenanalytik in der Chemieaus-  
bildung an der TBS 1 ..... M66

### Dirscherl, Luise

Uni München: Mit künstlichen  
Viren zielstrebig in die Zelle ... M28

### Ebeling, Wolfgang; Hulek, Klaus

Wer war zuerst: Newton oder  
Leibniz? ..... M34

### Emmerich, Robert

Uni Würzburg: Laboranalysen mit  
Laserlicht ..... M31

### Haupt, Rudolf

Hochschule Niederrhein: Vom  
Leinöl zum Linoleum ..... M30

### Ittershagen, Martin

Klimawandel einplanen ..... M25  
Klimarechner des Umweltbundes-  
amtes gibt Antwort ..... M63

### Magister, Kim-Astrid

TU Dresden: Bruchfeste Keramik  
selbst gestrickt ..... M29

### Tausendfreund, Ingo

Nasschemische Analytik in der  
forensischen Chemie ..... M73

### Schelske-Gehm, Jutta

Viskositätsmessung ..... M9

### Schönfelder, Ute

Unni Jena: Urzeitliches Leben aus  
der Retorte ..... M30

### Schwedt, Georg

Lernen aus der Geschichte  
Mallorca: Teil 1 ..... M42  
Teil 2 ..... M50

### Senarclens, Alice

TU Graz: Farm für Mikroorganismen  
..... M29

### Welling, Michael

Farbstoffe in Fleisch finden ..... M45

### Wiskamp, Volker

Wundersame Geldwäsche ..... M81

### Wiskamp, Volker;

### Proske, Wolfgang

Reinigen von Laborgeräten ..... M3  
Ein Chemie-Handwerk-Kanon in  
fünf Stufen ..... M4

### Zerges, Kristina R.

TU Berlin: Biotechnologen im  
Brauereiwesen ..... M27

### Aus der Bildungslandschaft

M23, M31, M39, M47, M55, M69,  
M88

### Lebensmittelanalytik

Funktionelle Lebensmittel ..... M47  
Bochumer Auszubildende enttarnen  
Vitaminpräparate ..... M68  
Serologische Testverfahren ..... M71  
Pharmarückstände in Lebensmitteln  
tierischen Ursprungs 2006 ..... M77  
Lebensmittelchemiker ermitteln  
Nährwertprofile ..... M79

### Nützliche Ratgeber

Aktuelles Thema: Umweltforschung  
..... M12  
Zum Hören, Lesen, Lernen ..... M26  
Von Arbeit und Zukunft ..... M37  
Verfahrenstechnik, Genetik und

Elektrochemie ..... M54

Mehr online-Infos und downloads  
als Hefte ..... M88

## Organische Chemie

Substitutionsreaktionen am sp<sup>3</sup>-  
Kohlenstoff ..... M48  
Eliminierungsreaktionen ..... M56  
Additionen an unpolare CC-Doppel-  
bindungen ..... M64  
Reaktionen von Aldehyden, Keto-  
nen, Carbonsäuren ..... M72  
Reaktionen von Carbonsäurederi-  
vaten ..... M80  
Reaktionen an Kohlenstoff-Kohlen-  
stoff-Doppelbindungen ..... M92

## Qualitative Analyse

Schwefelwasserstoffgruppe ..... M8  
Ammoniumsulfid-Urotropingruppe .  
..... M16  
Ammoniumcarbonat-Gruppe ... M24  
Kationentrennungsgang: Lösliche  
Gruppe: ..... M32  
Identifizieren von Kohlenstoffverbin-  
dungen ..... M40

## Schule, Ausbildung Studium

Vergütungen der Auszubildenden  
2006 ..... M14  
Vereinheitlichung von Prüfungsan-  
forderungen ..... M15  
Stiftung Warentest prüft Eig-  
nungstests ..... M20  
Studie zu Studiumswünschen .M33  
Statistik der Chemiestudiengänge ..  
..... M55  
Ausländische Studierende schätzen  
deutsche Unis ..... M57  
Internationale Bildungsindikatoren  
im Ländervergleich ..... M65  
Studie über Informationen zur  
Berufswahl ..... M87

## Sicherheit

Ein wichtiges Instrument im Ver-  
braucherschutz ..... M1  
Kindersicherer Brenner für Öl-  
lampen ..... M44  
BfR warnt vor Henna-Tattoos .. M49

## Umwelt

Reach ist seit dem 1. Juni in Kraft ..  
..... M41  
Fortschreibung der MAK- und BAT-  
Liste ..... M52  
Spurensicherung mit Nassanalytik  
oder thermischer Ionisation .... M70

## Vermischtes

Energieversorgung – der Beitrag der  
Chemie ..... M19  
Funktionale polymere Schichten ....  
..... M18  
Einigung in der Chemieindustrie....  
..... M17  
Probenahme ..... M58



## Jahresregister

3-Methylcyclopentadecanon ..... 254  
 4-Diisopropylamino)benzonnitril  
 (DIABN) ..... 235

### A

Abnutschen..... M6  
 Acryllatex.....451  
 Acrylsäure..... M18  
 Acrylsäure-Synthese ..... 351  
 Acylierung..... 288  
 Adenin..... 111  
 Adenosintriphosphats, ATP..... 290  
 Adenoviren ..... 352  
 Adipinsäure..... 89  
 Adsorptionskältemaschinen ..... 134  
 Aerogele ..... 175  
 Aesculin..... 63, 334  
 Aesculus hippocastanum ..... 54  
 Affination..... 10  
 Aflatoxine ..... M52  
 Aggregatzustand, Fünfter ..... 311  
 Akaganait..... 248  
 Alchemie ..... 413, M51  
 Aldehyden..... M72  
 Alginate ..... 131  
 Alginsäure..... 132  
 Alimentarium..... 374  
 Alkinen .....462  
 Allergene ..... 208  
 Allergien ..... 108, 339  
 Alumosilikat-Chemie ..... 445  
 Alveolarmakrophagen ..... 188, 341  
 Alveolit ..... 324  
 Amaranth..... 129  
 Ambra..... 255  
 Amine..... M45  
 Aminoglycosid-Antibiotika ..... 146  
 Aminosäuren..... 114  
 Ammoniaksynthese ..... 296  
 Ammoniumcarbonat-Gruppe..... M24  
 Ammoniumsulfid-Urotropingruppe.....  
 ..... M16  
 Amylnitrit .....410  
 Anaerobprozesse ..... 137  
 Analytik von Trockenmörteln.....446  
 Analytische Spektroskopie..... 207  
 Anschütz..... 67  
 Anthocyane.....412  
 Antibiotika ..... 146  
 Antioxidantien ..... 128  
 Äpfelsäure..... 289  
 Aphrodisiaka ..... 328, 413  
 Arbeitssicherheit..... M37  
 Arginin.....412  
 Ascorbinsäure ..... 131  
 Asperula odorata ..... 329  
 Association of the Industry of Juices  
 and Nectars, AIJN..... 95  
 Atomlaser ..... 311  
 Ausbildung..... M17, M73  
 Ausbildung, Chemieingenieure... 142  
 Ausbildungsberufe ..... M88

Ausbildungsvergütungen ..... M14  
 Auslaufbecher ..... M9  
 Ausschütteln..... M6  
 Auszubildende ..... M68  
 Auszubildenden, Vergütungen der .....  
 ..... M14  
 Autoabgase .....417  
 Azadirachtin..... 316  
 Azelainsäure ..... 89  
 Azofarbstoffe..... 415, M45, M49

### B

Bacillus amyloliquefaciens ..... 313  
 Balbach-Thum-Elektrolyse..... 9  
 Balkenwaage ..... 307  
 Basensubstitution..... 112  
 Basentriplets ..... 114  
 BASF..... 364, 445  
 BAT-Liste ..... M52  
 Bauchemie .....453  
 Beatmungsgeräte..... 204  
 BEC-Experimente (Bose-Einstein-  
 Kondensat) ..... 311  
 Benzoesäure..... 90, 130, 255  
 Benzylbromid..... M38  
 Bergamotte ..... 223, 255  
 Bergius, Friedrich ..... 296  
 Bernstein ..... 88  
 Bernsteinsäure ..... 89, 289  
 Bestrahlung..... 232  
 Betonadditive .....445  
 Betriebsräte ..... 364  
 Bildungsindikatoren ..... M65  
 Bioaktiv..... 203  
 Bioanalytik..... 180  
 Biogas ..... 134  
 Bioinformatik .....454  
 Biomass-to-Liquid ..... M13  
 Biomasseprojekte ..... M12  
 Biomethan ..... 135  
 Biomohn ..... M66  
 Biomoleküle..... 315  
 Bionautics ..... 231  
 Biosynthese..... 288, 409  
 Biotechnologie ..... 169, M27  
 Biowasserstoff..... 136  
 Biowissenschaften..... 94  
 Bitterfeld ..... 294  
 Blitzentladung.....415  
 Bluthochdruck .....411  
 Boltzmann-Statistik ..... 94  
 Bonner Universitätsgeschichte..... 64  
 Borakel ..... M20  
 Bortezomib ..... 352  
 Bosch, Carl ..... 296  
 Bose-Einstein-Kondensat (BEC) .. 311  
 Botrytis-Befall..... M71  
 Brain-Computer-Interface .....438  
 Brassilinsäure..... 89  
 Brauereiwesen ..... M27  
 Braulab ..... M21  
 Braunstein-Reste ..... M4  
 Brausegetränke ..... M5  
 Bremsstrahlungskonverter ..... 305

Brennstoffzellen..... 272, 283, 453  
 Brenztraubensäure ..... 289  
 Brinell..... 11  
 British Standards Institution (BSI) 262  
 Brokkoli ..... 315  
 BtL-Kraftstoffe..... M13  
 Buna ..... 294  
 Bundesanstalt für Arbeitsschutz und  
 Arbeitsmedizin ..... 263  
 Bundesanstalt für Materialforschung  
 und -prüfung..... 263  
 Bundesforschungsanstalt für Ernährung  
 und Lebensmittel (BfEL) ..... M45  
 Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB)  
 ..... M14  
 Bundesinstitut für Risikobewertung....  
 .....263, M2  
 Bundesministerium für Umwelt,  
 Naturschutz und Reaktorsicherheit .  
 .....263  
 Buntmetalle ..... 9  
 Buntpigmente .....449  
 Butendicarbonsäuren..... 93  
 Butendisäure..... 292  
 Butylhydroxyanisol ..... 131  
 Butylkautschuk .....451

### C

Calciumcitrat ..... 292  
 Crassulaceae Acid Metabolism (CAM)  
 ..... 96  
 CAM-Photosyntheseweg..... 95  
 Carbon Black..... 184  
 Carbonsäurederivate ..... M80  
 Carbonsäuren..... 289, M72  
 Carotin ..... 129  
 Carotinoide..... M43  
 Carrageen ..... 131  
 Castoreum ..... 255  
 Catenin..... 348  
 CC-Doppelbindungen..... M64, M92  
 Chemie-Dreieck, mitteldeutsches.294  
 Chemie-Handwerk-Kanon ..... M4  
 Chemie-Museum ..... 294  
 Chemieausbildung..... M66, M68  
 Chemiefasern..... 88  
 Chemiehistoriker .....420  
 Chemieindustrie ..... 285, M17  
 Chemieingenieur-Ausbildung..... 142  
 Chemikalienentsorgung..... M83  
 Chemiekombinat Bitterfeld ..... 294  
 Chemielaboranten..... 116  
 Chemieorganisationen..... M19  
 Chemiestudiengänge ..... M55  
 Chemietage, Stuttgarter ..... 350  
 Chemikalien-Flecken..... M4  
 Chemilumineszenz.....414  
 Chemometrie..... 48  
 Chilipulver..... M45  
 Chip ..... 363  
 Chipfalle ..... 311  
 Chloralkalielektrolyse ..... 297  
 Chlorophylle ..... M43  
 Cholesterinspiegel.....412

Chromosomen .....	458	Elaste.....	294	Fibroblasten.....	203
Cinnamum cassia .....	328	Elektrochemie.....	M54	Flammenfärbung.....	421
Citral .....	223	Elektromagnetische Telegrafien.....	99	Flammenreaktor.....	186
Citrullin.....	413	Elektromotoren.....	35	Flammschutzmittel.....	M46
Citrus aurantium L. ....	254	Elektronikchemikalien.....	404	Flavonol.....	62
Cnox-Gen .....	243	Elektronische Nasen.....	387	Flockungsmittel .....	379
Co-Enzym A .....	289	Elementanalytik .....	21, 23	Flourchlorkohlenwasserstoffe.....	368
Coulombschen Gesetze.....	100	Eleutheria dichotoma .....	243	Fluoreszenzfarbstoffe.....	205
Coulometricsystem .....	302	Eliminierungsreaktionen.....	M56	Fluoreszenzmarkierungen .....	83
Cumarin .....	328	Ellipsometer.....	M19	Flüssigstrahl-Laserdesorptions-	
Curtius .....	67	Emulgatoren .....	129	Massenspektrometrie .....	315
Cyanid-Laugerei .....	10	Emulsionspolymerisation .....	448	Förderprogramme .....	367
Cyanidbetrieb .....	204	Endothel.....	410	Foodwatch .....	330
Cyanid, Nachweis von .....	M75	Energie .....	M89	Forensisch .....	M73
Cyclamat.....	132	Energieforschung .....	134	Forschungsförderung.....	356
Cymen.....	224	Energiekrise.....	168	Fotografie .....	12
CyPlus .....	204	Energieversorgung.....	M19	Frauenlohnspiegel.....	M22
Cystein .....	329	Entschwefelung.....	134, 135, 273	Friedel, Charles .....	293
CytoPharma .....	231	Entsorgung.....	M83	Friedel-Crafts-Acylierung .....	293
Cytosin .....	111	Entsorgungskosten .....	379	Fruchtfliege .....	345
Cytostatika.....	329	Entwässerungssysteme .....	380	Fruchtsäure .....	292
<b>D</b>		Enzymgekoppelter Immunadsorptions-		Fumarsäure.....	289
Dampfmaschine .....	98, 427	test (Enzyme Linked Immunosorbent		Functional Food .....	315, M47
Datenanalyse.....	48	Assay, Elisa).....	M71	Fünfter Aggregatzustand .....	311
Defektanalytik.....	317	EPA (Environmental Protection Agency)		Funktionelle Lebensmittel.....	M47
Degussa .....	324	.....	339	Furocumarin .....	334
Dehydroascorbinsäure .....	131	Epithelzellen.....	341	Futtermittelgesetzbuch .....	M70
Deletion.....	112	Eppendorf Award .....	458	Futurelab .....	325
Deutsche Bundesstiftung Umwelt.....		Erdgasqualität .....	135	<b>G</b>	
.....	M12	Ergebnisunsicherheit.....	21	Galectin.....	341
Deutsches Institut für Normung e.V.		Ernst Mach Institut, EMI.....	107	Galium odoratum .....	328
(DIN) .....	262	Ertl, Gerhard.....	383	Galvanisierungsverfahrens .....	34
Diazoniumsalz.....	415	Essigsäure .....	M53	Gammelfleisch .....	M79
Dicarbonsäuren.....	88	ETBE/MTBE-Anlage .....	392	Gashydrat .....	218
Dickblattgewächse .....	96	Ethylendiamintetraessigsäure.....	304	Gasversorgung .....	398
Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT)....		EU-Chemikalienbehörde.....	M41	Gauß.....	100
.....	142	Eugenol .....	331	Geldscheinprüfer .....	336
Dicumarin.....	334	European Committee for		Geliemittel .....	131
Dieselmotor .....	268	Standardization (CEN) .....	262	Genauigkeit .....	298
Dieselfuß.....	340	Evolution .....	113, 367, 395	Gene .....	384
Dioxinbildung .....	143	Evonik .....	324	Generika.....	413
DNA .....	111	Experimente .....	408	Genetik .....	110
DNA-Gerüst.....	33	Experimentierküche.....	105	Gentechnik.....	453
DNA, Replikation der .....	458	Explorative Datenanalyse.....	48	Gentechnikrecht .....	M54
DNA-Sequenzen.....	459	Exsikkator .....	M6	Gentherapie.....	346
Doppelbindungen.....	M64, M92	<b>F</b>		Geraniol.....	255
Dräger .....	204	Fadenwurm.....	345	Geschmacksverstärker.....	129, 131
Dreifachbindung .....	462	Faraday .....	100	Giftig.....	M83
Dreiwegkatalysatoren .....	268	Faraday, Michael .....	418	Glaschemie .....	445
Drogenanalytik.....	M66	Farbstoff-Solarzelle.....	27	Glashütten.....	16
Drogentest von Mahsan.....	M67	Farbstoffe .....	M45	Gleevec.....	348
Duftmuseen.....	222	Färbungen, immunhistologische .	341	Glutamate.....	132
Dunkle Materie.....	123	Farnesol.....	255	Glutamin .....	412
Dünnschichtherstellungsverfahren	27	Feinstaub.....	339	Glutaminsäure .....	132
Dynamit.....	411	Fernstudium .....	M20	Glutarsäure .....	89
Dynamo .....	34	Feroxyhyt.....	248	Glycokonjugate .....	148
<b>E</b>		Ferrocen.....	193	Glycomics.....	146
Edelmetall.....	8	Fest-Flüssig-Extraktion .....	193	Glycosylphosphatidylinositol.....	148
Eich-Normale .....	299	Fettaufnahme.....	37	Glykosid.....	62
Eignungstests.....	M20	Fettsäuren .....	M43	Goethit .....	248
Einhorn-Acylierung.....	293	Fettspeicherung.....	353	Gold .....	129
Eisen(II)-sulfat .....	248	Feuchthaltemittel.....	129	Goldener Schnitt.....	56
Elaidinsäure .....	354	Feuertornado .....	140	Göttinger Sieben.....	99



Grand Prix Chimique.....	192	Ionenstrahltherapie .....	33	Kosmetische Mittel .....	M49
Grätzel-Zelle .....	27	Ionisation, thermische .....	M70	Kovarianz .....	49
Grauschimmel.....	M71	IRMS, isotope ratio mass spectrometry .....	94	Krebs .....	236
Gray (Gy) .....	232	.....	94	Krebs, Hans Adolf.....	290
Green Rust.....	248	Isophthalsäure.....	90	Kreuzallergien.....	209
Griess-Reaktion .....	415	Isotopenanalyse.....	95	Kristallglas .....	17
Grundstudium.....	310	Isotopenhäufigkeit.....	94	Kristallzüchtung.....	M5, M7
Grünes Glas .....	18	Isotopenverteilung .....	95	Kritische Temperatur Tc.....	310
Gruppe, lösliche.....	M32	ITER steht für „International Thermo- nuclear Experimental Reactor“ ..	169	Kugeldruck-Härte .....	11
Guanin.....	111	<b>J</b>		Kugelpackung.....	184
Guanosinmonophosphat .....	132	Jasminum grandiflorum L.....	255	Kunststofferzeuger.....	164
Guanylylcyclase.....	413	Johannisbrotkernmehl .....	131	Kupferlauge .....	296
Guarkernmehl.....	131	Jugend forscht.....	M38	Kyoto-Protokoll.....	220
Guayana.....	328	Juniorlabor .....	M21	<b>L</b>	
<b>H</b>		Juniorstudium .....	M22	Laborberufe .....	116
Haber, Fritz.....	296	<b>K</b>		Lachgas.....	214
Halon.....	368	Kalibriergasgemische .....	309	Lacke .....	449
Hämoglobin .....	113	Kalibrieröl .....	298	Lactoflavin .....	129
Hartkunststoff.....	324	Kalium .....	424	Laserchirurgie .....	277
Harz.....	89	Kaliumhydrogenphthalat.....	304	Lateral-Flow-Schnelltest .....	M71
Hauptkomponentenanalyse.....	48	Kaliumperoxid.....	426	Lebensentstehung.....	460
Hausstaub .....	339	Kalk-Reste .....	M3	Lebensmittel....	208, 232, M47, M77
Heisenbergsche Unschärferelation.....	310	Käpferol .....	63	Lebensmittelanalytik .....	275
.....	310	Karyogramm.....	111	Lebensmittelchemiker.....	M79
Heliotrop .....	257	Kastanie .....	54	Lebensmittelfarben .....	129
Hemimellitsäure.....	90	Katalysatoren ....	268, 383, 389, 462	Lebensmittelzusatzstoffe .....	128
Henna-Tattoos.....	M49	Katalyseforschung .....	M69	Lecithin .....	131
Heparin-Glycosaminglykane .....	146	Kationentrennungsgang.....	M32	Leibnitz, Eberhard.....	295
Herceptin.....	348	Kekulé-Denkmal .....	66	Leibniz-Preisträger.....	468
Herz-Kreislauf-Erkrankungen .....	412	Keramik .....	445	Leibniz, Gottfried Wilhelm .....	M34
Herzforschung .....	127	Kernfusion .....	168	Leichtentzündlich .....	M83
Hexabromcyclododecan (HBCD) .	M46	Kernkraftwerke .....	168	Lepidokrokit .....	248
HFC-23, Trifluormethan .....	215	Kernresonanzspektroskopie.....	95	Leuchtdioden.....	31
Hippocastanaceae.....	54	Kernverschmelzung.....	170	Leuna .....	294
Hornsilber.....	9	Ketone.....	M72	Liebigs Fleischextrakt.....	233
Hubble-Weltraumteleskop .....	154	Kinderuni.....	M22	LifeCom.....	102
Hydratation.....	445	Kläranlagen .....	379	Limonen .....	223
Hydrierwerk.....	M12	Klärschlammwässerung.....	379	Lindan .....	143
Hydroxid-Reste.....	M3	Klimarechner .....	M63	Linde .....	205
Hypertonie.....	414	Klimareport.....	M13	Linearbeschleuniger .....	305
Hypothalamus .....	353	Klimawandel .....	214, M25	Linoleum .....	M30
<b>I</b>		Klon-Katzen.....	403	Lipmann, Fritz Albert .....	290
Imatinib .....	348	Knoblauch-Extrakte .....	412	Liposomen .....	M30
Immunglobulin.....	340	Knoop-Härte.....	10	Llullus, Raimundus .....	M50
Immunhistologische Färbungen..	341	Kohlehydratierung.....	297	Lösliche Gruppe.....	M32
Immunsystems.....	339	Kohlendioxid.....	214	Lotus-Effekt .....	185
Impfstoffe.....	146	Kohlendioxid-Bilanz.....	M63	Lymphozyten .....	344
InCom .....	102	Kohlenmonoxid-Pipeline .....	M88	<b>M</b>	
IndiviMeD .....	231	Kohlensäure .....	216	Magnesit.....	M38
Induktionsgesetz.....	34	Kohlenstoff .....	462	Magnesiumchlorid .....	89
Infektionskrankheiten .....	146	Kohlenstoffatome .....	190	Magnetismus .....	35, 99
Infinitesimalrechnung.....	M3	Kohlenstoff-Kohlenstoff- Doppelbindungen.....	M92	Magnetitherstellung.....	248
Innovationserhebung.....	85	Kohlenstoffnanoröhrchen .....	108	Magnetwaage.....	248
Inosinmonophosphat .....	132	Kohlenstoffverbindungen .....	M40	Mahsan, Drogentest von .....	M67
Insertion .....	112	Kolophonium .....	90	MAK.....	M52
Institute for Analytical Sciences (ISAS) .....	M18	Kolorimetrie.....	M7	Malaria .....	147
International Organization for Standardization (ISO) .....	262	Kondensator.....	98	Maleinsäure .....	292
Iodlösung.....	M82	Konservierungsmittel .....	129	Mallorca .....	M42
Iod-Reste.....	M4	Konstantstrom .....	303	Malonsäure.....	89
Ionenaustauscher .....	M61	Kontrollproben.....	22	Maltol.....	132
Ionenchromatographen ....	M68, 118	Korrelation.....	49	Mangan .....	163

Massenanalyse .....	315	Nanotechnik .....	447	Oxoglutarsäure .....	289
Massenspektrometer .....	M79	Nanotechnologie .....	261	Oxyhämoglobin .....	415
Materie, dunkle .....	123	Nanowelt .....	395	Ozon .....	214
Materiewellen .....	312	Naphthalocyanin .....	314	<b>P</b>	
Medica .....	397	Naphtylehlenamin .....	415	Panspermia-Hypothese .....	107
Medikamente .....	344	Narcissus poeticus L. ....	255	Panspermiethorie .....	460
Medusen .....	243	Nasen, elektronische .....	387	Papierarm .....	68
Melanocortin-System .....	353	Nassanalytik .....	M70	Paraffine .....	M44
Melilotus officinalis .....	328	Nasschemisch .....	M73	Pararot .....	M45
Mellitsäure .....	90	Natriumchlorid .....	89	Parathion .....	128, 143
Mercaptan .....	293	Natriumperoxid .....	426	Parfüm-Chemie .....	254
Merck-TUD-Juniorlabor .....	M21	Natriumquelle .....	M68	Parodontitis .....	108
Merseburg .....	294	Naturstoff-Forschung .....	287	Partikeldeposition .....	189
Meteoriteneinschläge .....	461	Naturstoffe .....	334	Partikelgrößenbestimmung .....	118
Methämoglobin .....	415	Neodym-Eisen-Bor-Magnet .....	248	Pascal, Blaise .....	430
Methan .....	214	Neohesperidin .....	132	PCR .....	205
Methylisocyanat .....	144	Nernstsche Verteilungssatz .....	M61	Pentagondodekaederstruktur .....	218
Mikrochip .....	106	Neroliöl .....	224	Perfluorierte n-Alkane .....	218
Mikrodissektionssystem .....	318	Nestlé .....	374	Perfluortenside .....	368
Mikrofluidisch .....	395	Netzhauserkrankungen .....	228	Peroxide .....	425
Mikroflüssigkeitsstrahl .....	315	Neuron-Chip-Kopplungen .....	437	Peroxonitrit .....	414
Mikroorganismen .....	M29	Neutronenexperiment .....	108	Pest .....	108
Mikrotubuli .....	458	Neutronenstreuung .....	109	Pferdestärke, PS .....	427
Mikrowellen-TS-Messung .....	380	Newton, Isaac .....	M34	Pfizer .....	413
miRNS .....	344	Nickel .....	M53	Pflanzenproteomik .....	M69
Mitochondrien .....	288	Nitrat .....	130	Pflanzenschutz .....	142
mitotischer Spindelapparat .....	458	Nitrit .....	130	PFM, Perfluormethan .....	215
Mitteldeutsches Chemie-Dreieck .....	294	Nitroanilinrot .....	M45	Pharmamarkt .....	284
Möbius-Elektrolyse .....	9	Nitroglycerin .....	410	Pharmarückstände .....	M77
Modellversuche .....	M5	Nitrolingual .....	413	Phasenübergang, quantenstatistischer .....	310
Mohn .....	M66	Nitroso-Verbindungen .....	409	Phenylendiamin .....	M49
Mohs-Härte .....	10	Nobel, Alfred .....	409	Pheromon .....	144
Molybdändisulfid .....	273	Nobelpreise .....	383	Phosgen .....	M53
Monothioessigsäureester .....	288	NO, Biosynthese von .....	409	Phosphatrückgewinnung .....	275
Moschus moschifera L. ....	254	NO-Experiment, Rostocker .....	416	Phosphodiesterase .....	413
mRNA .....	344	Normenausschuss Materialprüfung (NMP) .....	262	Phosphordünger .....	M70
MTA-Preis .....	195	<b>O</b>		Phosphorsäureester .....	143
Multielement-Isotopenanalyse .....	95	Oberflächenchemie .....	383	Photoaktiv .....	29
Multivariat .....	48	Oberflächeneigenschaften .....	174	Photochemische Reaktionen .....	235
Multivitamin .....	M69	Oberflächenspannung .....	M6	Photometrie .....	M7
Murano .....	16	Odotech .....	387	Photonenaktivierungsanalyse .....	305
Musterbildung .....	37	Olah, George .....	293	Photosynthese .....	95
Mutation .....	110, 115	Öl-Reste .....	M3	Photovoltaikindustrie .....	317
Mutationen .....	313	OLED .....	29, 277, 452, 463	Phthalsäure .....	90
<b>N</b>		Oligosaccharide .....	146	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, PTB .....	263
n-Alkane, perfluorierte .....	218	Olivenöl .....	354, M43	Phytopharmazie .....	M69
Nachwachsende Rohstoffe .....	327	Öllampen .....	M44	Pimelinsäure .....	89
Nachweis von Cyanid .....	M75	Ölmühle .....	M42	Pinen .....	223
Nahrungsaufnahme .....	353	Ölsäure .....	M43	Pipettenfilterspitzen .....	278
Nahrungsergänzungsmittel .....	412, M68	Ordnungszahl .....	94	Planeten .....	460
Nahrungsmittelindustrie .....	210	Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) .....	262	Plaste .....	294
Nährwertprofile .....	M79	Organische Chemie .....	M64, M80	Plastiksprengstoff .....	417
NanoBioNet .....	247	Organische Solarzellen .....	27	PLED .....	29
Nanocamp .....	M23	Osteopontin .....	341	Pogostemon cablin .....	255
Nanoimprintlithographie .....	176	Ostwald-Verfahren .....	414	Polarisationsmuster .....	236
Nanokontaktldrucken .....	178	Oszillationsviskosimeter .....	298	Polianthes tuberosa L. ....	254
Nanomaterialien .....	181, M90	Oxalbernsteinsäure .....	289	Polycarboxylat-Fließmittel .....	445
Nanopartikel .....	188	Oxalbinsäure .....	289	Polycarboxylate .....	447
Nanopulver, Schmelzpunkt von .....	184	Oxalensäure .....	89	Polyisocyanuratschaum .....	450
Nanopulverherstellung .....	186	Oxidkrusten .....	426	Polymer-Solarzelle .....	29
Nanoröhrchen .....	190			Polymerbürsten .....	M18
Nanostrukturen .....	174				
Nanostrukturierung .....	313				



Polymerdispersionen .....	448	Röntgenbremsstrahlung.....	305	Soxhlett .....	M7
Polymere.....	M18	Röntgenimpulse, ultrakurze.....	235	Spektralanalyse .....	M6
Polymerelektronik .....	31	Röntgenquelle.....	172	Sphero Tec .....	231
Polyole.....	394	Rosskastanien.....	54	Spülen .....	M3
Polyolefin-Schaumstoffe.....	324	Rost .....	M3	Spurengasmessung.....	238
Polyoxometallates.....	316	Rostocker NO-Experiment.....	416	SQUID, supraleitender Quanten-	
Polyphenolextrakte.....	412	Rotationsverdampfer .....	165	interferometrischer Detektor..	100
Polystyrol .....	M18	Rotationsviskosimeter.....	M9, 298	Stabilisotope .....	97
Polyurethan.....	394	Rotweinpolyphenolextrakte.....	412	Stabilisotopenanalyse .....	94
Polyurethane, silylierte.....	450	Rundfilterchromatographie .....	M5	Stammzellen .....	348
POPs (Persistant Organic Pollutants)...		<b>S</b>		Standardabweichungen .....	49
.....	M46	Saccharin .....	132	Stärken.....	129
Potassium .....	425	Saponine.....	63	Stellarator-Magnetspulen .....	170
Prehnitsäure .....	90	Sartorius.....	205, 325	Stereoisomere.....	M46
Primärnormale .....	309	Satyendra Nath Bose .....	311	Sterna biologicals .....	231
Principal Component Analysis, PCA	48	Sauerstoff-Bombe.....	M61	Stickoxide.....	408
Proanthocyanidine.....	332	Säuerungsmittel .....	129	Stickstoffmonoxid .....	408
Probenahme.....	M58	Schaummittel.....	129	Stickstoffoxid, Biosynthese von ....	409
Profactor.....	134, 174	Scheidewasser .....	412	Stoffwechsel .....	288
Promotionen .....	M78	Schergeschwindigkeit.....	M10	Strahlentherapie .....	32
Propantrioltrinitrat .....	410	Schimmelbefall .....	M71	Streuung.....	22
Proteine.....	37, 341	Schkopau .....	294	Studienführer .....	M37
Proteinexpression.....	412	Schmelzpunkte von Nanopulvern	184	Studium schnupperale.....	M22
Prüfungsanforderungen .....	M15	Schmerzforschung.....	127	Studiumswünsche .....	M33
Pyramiden-Eindrückhärte.....	11	Schmucksilber .....	12	Stuttgarter Chemietage .....	350
Pyromellitsäure .....	90	Schnitt, goldener.....	56	Suberinsäure.....	89
<b>Q</b>		Schnupperstudium.....	M23	Substitutionsreaktionen .....	M48
QM-Dokumentation .....	68	Schotten-Baumann-Acylierung ....	293	Succinate .....	91
Quantencomputer.....	106	Schülerlabor .....	M21	Sudan-Farbstoffe .....	M45
Quanteninformationsverarbeitung	313	Schwefelfluoride .....	218	Südfrankreich .....	386
Quantenstatistischer Phasenübergang.		Schwefelhexafluorid.....	215, 219	Sulfochlorierung .....	295
.....	310	Schwefelwasserstoffgruppe .....	M8	Supraleitung .....	109
Quantenzustand.....	311	Science Center Phaeno.....	139	Süßstoffe .....	129
Qubit-Fälle.....	106	Science4Life-Wettbewerb.....	230	Synapsen .....	355
Quecksilber .....	276	Sebacylsäure .....	89	Synchrotron-Quelle .....	165
Quecksilberanalytik.....	24	Selbstorganisation .....	395	Synchrotronradiographie .....	283
<b>R</b>		Selenaufnahme .....	315	Synchrotronstrahlung.....	317
Radium .....	36	Serologische Testverfahren.....	M71	Systasy Bioscience.....	231
Rauchgasentstickung .....	414	Sertralinhydrochlorid.....	388	Systembiologie.....	197
Reach-Verordnung.....	M41	Sesquiterpene.....	332	<b>T</b>	
Reaktionen, photochemische ....	235	Sevin .....	144	Tabak.....	107
Rechtsmedizin .....	M76	Sexuallockstoff.....	144	Tabakmosaikviren.....	267
Redoxsystemen .....	304	SI-Einheiten ....	34, 36, 98, 155, 427	Tannine .....	412
Referenzlaboratorien .....	M1	Siebdruck .....	28	Tarifabschluss .....	M17
Reflektquant-System.....	415	Sievert .....	36	Tartrazin .....	129
Reinstgase.....	238	Signalprotein.....	348	Tattoos, Henna.....	M49
Replikation der DNA .....	458	Silber.....	8, 129	Tc .....	„Kritische Temperatur
Reproduzierbarkeit.....	25, 298	Silberschicht .....	43	Technikjournalismus .....	127
Ressourcen-Zentrum Marine		Silberschmelze.....	10	Telegraf, Elektromagnetische ...	99
Organismen.....	231	Silicon-Anwendungen.....	390	Teleskope .....	150
Restless-Legs-Syndrom.....	313	Silikone .....	451	Terahertz-Nanoskop .....	237
Resveratrol.....	412	Silizium .....	317	Terephthalsäure .....	90
Ret-Chip .....	228	Siliziumnadeln .....	3	Terpinen .....	223
Retina-Implantate .....	438	Silylierte Polyurethane.....	450	Testverfahren, serologische .....	M71
Rheologisch.....	M9	Sol-Gel-Prozesse .....	445	Textilverbundkeramik .....	M29
Ribosom.....	111	Sol-Gel-Technologie .....	174	Thermische Ionisation.....	M70
Riesenmagnetowiderstand .....	383	Solarforschung .....	317	Thymin .....	111
RNS.....	344	Solarzellen.....	27	Ticona.....	245
Rodos Bio Target .....	231	Sommerozon.....	414	Titandioxid.....	27
Rohphosphate .....	M70	Sonderforschungsbereiche .....	470	Tokamak .....	171
Rohstahlproduktion.....	125	Sonnenenergie.....	168	Tonkabohne .....	328
Rohstoffe, nachwachsende .....	327	Sonnenfeuer .....	168	Trägerstoffe .....	129
Röntgenblitze.....	235	Sorbinsäure.....	130	Trastuzumab .....	348

Treibgase .....	129	Urotropingruppe .....	M16	Weingeist.....	222, 256
Treibhausgase .....	M13, 214	<b>V</b>		Weißdornextrakte .....	412
Treibhausgasemissionen.....	136	Varianz .....	49	Weltklimabericht.....	M25
Trennungsgänge....	M16, M32, M40, M8	Verband der Chemischen Industrie, VCI.....	263	Weltraumteleskop .....	154
Triacylglyceriden .....	M43	Verbrennungsanlage.....	379	Wickbold-Apparatur.....	M61
Trichlorphenol .....	143	Verdickungsmittel.....	131	Wiederholbarkeit .....	22
Trifluormethan.....	215	Verfahrenstechnik.....	M54	Wiegleb, Johann C.....	420
Trimellitsäure.....	90	Vergiftungen.....	37	Windenergie .....	168
Trimercaptotriazin.....	293	Vergütungen der Auszubildenden.....	M14	Winkler, Fritz.....	296
Trimesinsäure .....	90	.....	M14	Wnt-Signalweg.....	349
Trisomie .....	111	Viagra .....	412	Wolframotgermanat .....	316
Trockenmörtel, Analytik von.....	446	Vickers-Härte .....	10	<b>Z</b>	
Trockensubstanzmessung.....	379	Viren .....	M28	Xanthophylle.....	129
Tunnelmikroskopie .....	395	Viskosimeter .....	298	Zedira .....	231
<b>U</b>		Viskositätsmessung .....	M9	Zellen, dendritische.....	344
Überdosierungen .....	37	Vitaminpräparate.....	M68	Zemethydratation.....	446
Ufoplan.....	M13	Volta, Alessandro .....	155	Zentrifugieren.....	M6
Ultradünnschnitte.....	355	Volt (V).....	155	Zentrosom .....	458
Ultrakurze Röntgenimpulse .....	235	<b>W</b>		Zeolith.....	296
Umbelliferon.....	334	Wachstumsfaktor .....	M28	Zertifizierungsanalyse.....	308
Umweltbundesamt .....	263, M25	Waldmeister.....	328	ZEW-Innovationserhebung.....	85
Umweltforschung.....	M12	Wallach.....	67	Zigarettenrauch.....	417
Umweltgesetzgebung.....	8	Wärmeleitfähigkeit.....	323	Zimt.....	329
Umweltgift.....	408	Wasserdampf .....	214	Zink-Terephthalato-Komplex.....	186
Umwelttechnik .....	275	Wasserstoffperoxid-Anlage.....	284	Zinkstaub-Fällung .....	10
Universitätsgeschichte, Bonner.....	64	Watt, James.....	98	Zinkstäube .....	339
Uno-Klimareport .....	M13	Watt (W) .....	98	Zitronensäure-Zyklus .....	288
Unpolare CC-Doppelbindungen	M64	Weber, Wilhelm Eduard .....	99	Zaubertricks, alchemistische.....	M81
Unschärferelation, Heisenbergsche.....		Weber (Wb) .....	100	Zonenschmelzverfahren.....	10
.....	310	Weichmacher.....	453	Zuckercoleur.....	129
Unsicherheitsabschätzung.....	24	Wein.....	M71	Zuse, Konrad.....	430

## Impressum

**CLB**  
Chemie in Labor und Biotechnik

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

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

**Herausgeber:**  
Prof. Dr. Dr. U. Fitzner, Düsseldorf  
Prof. Dr. K. Kleinermanns, Düsseldorf  
Prof. Dr. Heinz-Martin Kuß, Duisburg,  
Prof. Dr. J. Schram, Krefeld  
Prof. Dr. Georg Schwedt, Bonn  
Dr. Wolfgang Schulz, Stuttgart  
Prof. Dr. G. Werner, Leipzig.

**Redaktion:**  
Rolf Kickuth (RK, verantwortlich;  
E-Mail: kickuth@clb.de),  
Dr. Maren Bulmahn (MB, CLB-Memory,  
E-Mail: redaktion@clb.de),  
Dr. Christiane Soiné-Stark  
(CS, E-Mail: stark@clb.de).

**Ständige Mitarbeiter:**  
Ans de Bruin (Grafik), Heidelberg; Prof.  
Dr. Wolfgang Hasenpusch, Hanau;  
Dr. Mechthild Kässer, Diekhöfen; PD Dr.  
Röbbe Wünschiers, Quedlinburg.

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

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

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

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

CLB erscheint monatlich.

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

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

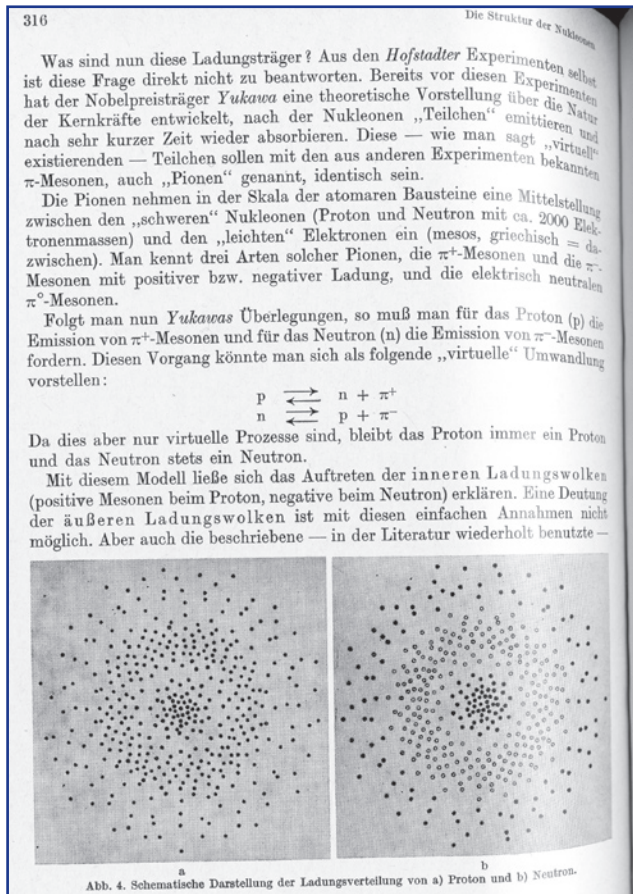
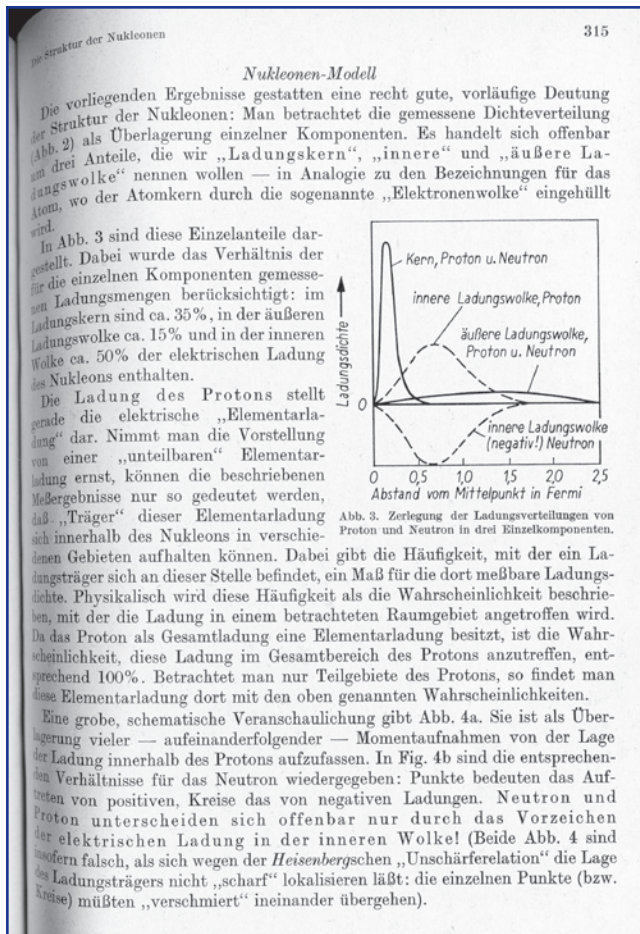
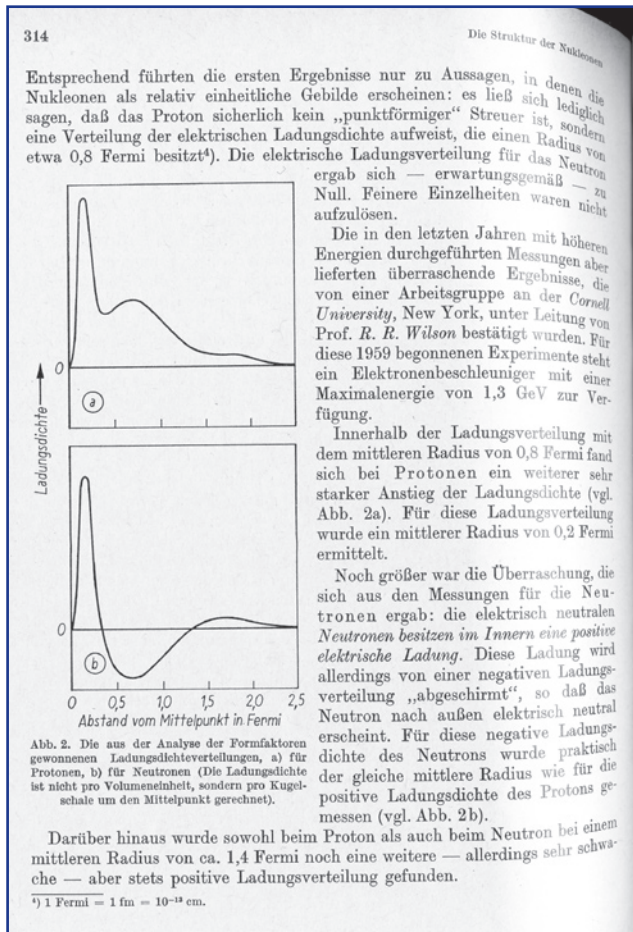
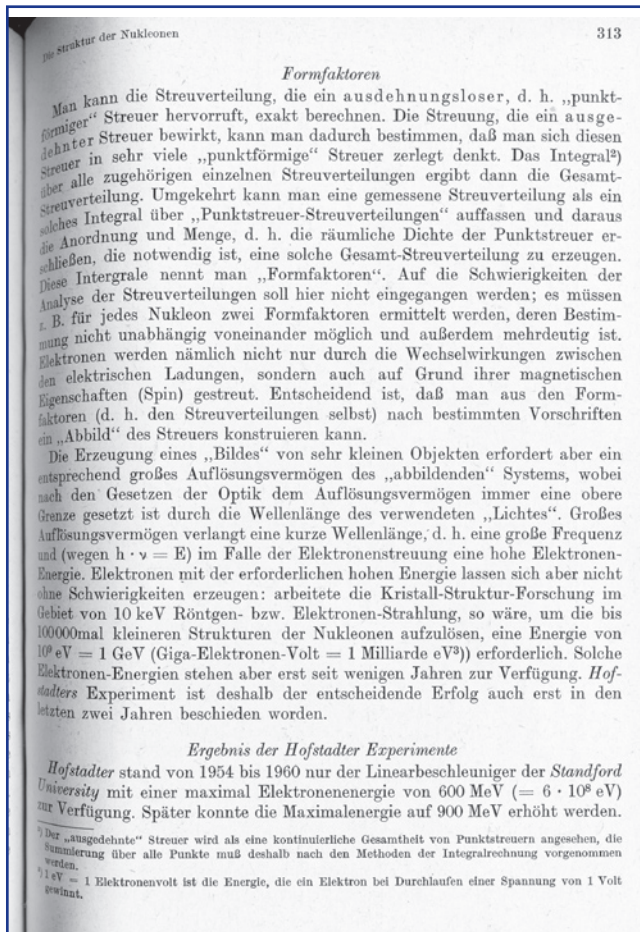
**Anzeigenpreisliste:**  
Nr. 46 vom 01. 12. 2006.

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

ISSN 0943-6677







Letzter Teil siehe Seite 476





# NÖTHLICHS Bio- und Gentechnik

Das Recht der Bio- und Gentechnik gewinnt immer mehr an Bedeutung. Schon jetzt sind mehr als fünf Millionen Beschäftigte bei ihrer Tätigkeit potentiell gefährlichen biologischen Arbeitsstoffen ausgesetzt.

## Dieser Kommentar informiert detailliert zum komplexen Recht der Bio- und Gentechnik.

Er berücksichtigt insbesondere den Schutz der Arbeitnehmer vor Gefahren, die von Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen ausgehen. Da die Gentechnik ein Teilgebiet der Biotechnik ist, bildet das entsprechende Recht einen weiteren Kernbereich dieses Werks:

- Die Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen (Biostoffverordnung – BioStoffV) und ihre Kommentierung,
- das Gentechnikgesetz und seine Kommentierung sowie die auf Grund des Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen.

Aber auch das wichtige einschlägige EU-Recht, Unfallverhütungsvorschriften, Richtlinien und Merkblätter der Unfallversicherungsträger sowie Verwaltungsvorschriften und Richtlinien des Bundes und der Länder, soweit sie für die Auslegung des Rechts der Bio- und Gentechnik hilfreich sind, werden in diesem Kommentar berücksichtigt.

Darüber hinaus haben Sie Zugriff auf sämtliche Technischen Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) und die Beschlüsse des Ausschusses für biologische Arbeitsstoffe. Diese Regeln konkretisieren die allgemeinen Schutzziele der BiostoffV.

- ! Weitere Informationen und Bestellmöglichkeit zum Loseblattwerk unter [www.ESV.info/9783503050932](http://www.ESV.info/9783503050932),
- zur CD-ROM unter [www.SICHERHEITSTECHNIKdigital.de](http://www.SICHERHEITSTECHNIKdigital.de)

## Arbeiten Sie lieber mit digitalen Informationen? Kein Problem:

„Bio- und Gentechnik“ gibt es auch auf CD-ROM – als Themenmodul von SICHERHEITSTECHNIKdigital

Auch die digitale Version von „Bio- und Gentechnik“ stellt Ihnen aktuelle und fundierte Informationen zur Verfügung – komfortabel aufbereitet auf CD-ROM.

**Weiteres Plus für Sie:** Print und Digital im Doppelpack – zum besonders günstigen Preis! **Sie sparen beim Doppelbezug 46 Euro!** Das schont Ihr Budget.

## Bio- und Gentechnik

Kommentar zur Biostoffverordnung und zum Gentechnikgesetz

Begründet von **Matthias Nöthlich** †, ehemals Ministerialdirigent im Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung.

Bearbeitet von **Dr. Dieter Heublein**, Ministerialrat im Bayerischen Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz und **Dr. Gernot Schubert**, Ministerialrat im Bundesministerium für Gesundheit.

**Printausgabe:** Loseblattwerk, 1.686 Seiten, Euro (D) 68,- inkl. 7% USt. und zzgl. Versandkosten, ca. 1 Ergänzungslieferung pro Jahr. ISBN 978 3 503 05093 2  
Sonderausgabe aus Schmatz/Nöthlich, Sicherheitstechnik

**Digitale Ausgabe:** Einzelmodul von SICHERHEITSTECHNIK digital, CD-ROM im Amaray-Case inkl. 20 Seiten Schnelleinstieg, Euro (D) 74,-, ISBN 978 3 503 10617 2, für **Bezieher der Printausgabe Euro (D) 28,-**, ISBN 978 3 503 10619 6, jew. inkl. 19% USt. und zzgl. Versandkosten. Updates bei Bedarf. Preise der Updates richten sich nach dem Umfang der Aktualisierungen. Bezieher der Printausgabe erhalten auch die Updates zum ermäßigten Preis. Mehrfachlizenzen auf Anfrage.



ERICH SCHMIDT VERLAG  
[www.ESV.info](http://www.ESV.info)