

# CLB

*Chemie in Labor und Biotechnik*

Analytik

Biotechnik

Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung

- **Wirtschaftsgut Zucker**
- **Zukunft der Analytik**
- **Selbstreplizierende Systeme**
- **Analytik und Kriminaltechnik**



## Halbleiter und Transistoren

Den diesjährigen Nobelpreis für Physik erhielt eine Arbeitsgruppe von drei amerikanischen Wissenschaftlern aus den Laboratorien der Bell Telephone Company „für ihre Arbeiten zur Entwicklung des Transistors“. Die Träger des Physikpreises sind: William Shockley, Jay Bardeen und Walter H. Brattain.

### Die Halbleiter

Es dürfte allgemein bekannt sein, daß die hohe Leitfähigkeit der Metalle auf ihren leicht beweglichen Elektronen beruht, die sowohl Wärme als auch den elektrischen Strom mit gleicher Leichtigkeit zu transportieren vermögen. Daher ist der Widerstand, den ein Metallwürfel von 1 cm Kantenlänge dem Fluß der Elektrizität entgegensetzt, nur in der Größenordnung von etwa 1 millionstel Ohm. Umgekehrt besitzen die typischen Isolatoren keine beweglichen Elektronen. Sie enthalten zwar auch eine fast ebenso große Zahl dieser negativen Elektrizitätsteilchen, diese liegen aber in Bindungen (z. B. organische C-C-Bindung usw.) sehr fest und können durch ein angelegtes elektrisches Feld normalerweise nicht bewegt werden. Natürlich ist es möglich, durch Steigerung der Spannung auch am Isolator schließlich Elektronen loszureißen. Dieser Fall einer „erzwungenen“ Leitfähigkeit ist aber weitaus weniger interessant als eine Körperklasse, die zwischen den Leitern und den Nichtleitern steht, deren Elektronen bereits unter Aufwand eines geringen Energiebetrages frei gemacht



504

Nobelpreise 1956

werden können. Was bei einem Isolator nur unter Aufwand hoher Energien gelingt, das erreicht man bei den sogenannten Halbleitern schon mit geringeren Energien, z. B. allein durch genügende Erwärmung.

Die Leitfähigkeit von Metallen nimmt mit steigender Temperatur ab, während sie bei den Isolatoren ganz beträchtlich ansteigt. Glas z. B., bei Zimmertemperatur noch ein ausgezeichneter Isolator, besitzt bei Rotglut bereits so wenig Widerstand, daß eine Glasschmelze durch einen hindurchgeschickten Strom flüssig gehalten werden kann. Die Temperaturabhängigkeit ist bei den Halbleitern ähnlich wie bei den Isolatoren, obwohl der absolute Wert des Widerstandes manchmal recht nahe an dem der echten Leiter liegt. Germanium, von dem hier im weiteren noch die Rede sein wird, besitzt einen spezifischen Widerstand von etwa 50 Ohm · cm. Echte Isolatoren dagegen haben Werte von rund  $10^{17}$  Ohm · cm. Typische Halbleiter sind neben Germanium, Silicium, Siliciumcarbid, Bleisulfid, Bleiselenid usw.

### Der Halbleitereffekt

Die Erklärung des Halbleitereffektes ist erst in den letzten 20 Jahren einigermaßen gelungen; sie stellt in dieser Form einen großartigen Erfolg der Quantentheorie fester Körper dar. Wenn wir uns in diese Vorstellungen, die durchaus nicht schwierig sind, einarbeiten wollen, beginnen wir am besten mit dem Bild, das man jetzt von dem Aufbau der Metalle besitzt. Wir wissen, daß alle Metalle in ihren Atomen bestimmte, ganz besonders locker gebundene Elektronen enthalten, die das chemische Verhalten dieser Elemente bedingen. Wenn nun solche Metallatome, sei es aus dem Gaszustand, der Schmelze oder sonstwie zu einem festen Kristallgitter zusammentreten, dann besetzen die Atome die ihnen zukommenden Punkte, geben aber gleichzeitig ihre Valenzelektronen sozusagen an die Allgemeinheit ab: die Bindung zwischen Atomrumpf und dem äußersten Elektron wird gelockert, das negative Elektrizitätsteilchen gehört jetzt mit einer „Wolke“ von seinesgleichen innerhalb des Metallgitters zusammen, kurzzeitig in schwache Wechselbeziehungen mit seinem oder einem benachbarten Atomrumpf tretend, in dessen Nähe es der Zufall, bzw. die Wärmebewegung bringt. Man hat die lockeren Elektronen in ihrer Gesamtheit auch als „Elektronengas“ bezeichnet, es ist verständlich, daß diese leicht beweglichen Körperchen, die nirgend wohin feste Beziehungen haben, von anliegenden elektrischen Feldern innerhalb des Leiters bewegt werden können:

Beim Nichtleiter sitzen die Elektronen (zumeist sind es ja Bindungselektronen, die den Zusammenhalt zwischen den Atomen bewirken) wie gute Schulkinder

**Zu nebenstehendem Bild:** Die drei amerikanischen Wissenschaftler, die für ihre Arbeiten zur Entwicklung des Transistors den diesjährigen Nobelpreis für Physik erhalten haben. Die Aufnahme zeigt von links nach rechts: Jay Bardeen, William Shockley und Walter H. Brattain. (Die Photos der Nobelpreisträger in diesem Heft mit Ausnahme von Sir Cyril Hinshelwood: Associated Press, Frankfurt a. M.; Sir Cyril Hinshelwood: dpa-Bild Hamburg).

506

Nobelpreise 1956

brav auf ihren Plätzen. Nur unter Anwendung sehr erheblicher Gewalt kann man sie dazu veranlassen, aus den Bindungen herauszuspringen.

Der Halbleiter dagegen besitzt nach der Quantentheorie im Gitter zwar genügend Platz, in welchem Elektronen fließen könnten, die Atomrümpfe halten aber ihre Außenelektronen so fest. Es ist somit leicht einzusehen, warum sich die Leiter (z. B. Ag, Cu, Na) im Perioden-System vorwiegend auf der linken Seite finden, welche die starken Basen enthält. Dort wird das Valenzelektron, ganz im Einklang mit dem rein chemischen Verhalten, leicht abgegeben. Die typischen Halbleiter dagegen befinden sich unter Übergangselementen, z. B. in der vierten Gruppe, während die Isolatoren, man denke nur an Schwefel, dort stehen, wo die Tendenz zur Abgabe von Elektronen äußerst gering ist. So kann man direkte Beziehungen zwischen der Chemie der Metalle einerseits und der rein physikalischen Größe der Leitfähigkeit andererseits aufstellen.

Im allgemeinen besitzt ein Halbleiter keine lockeren Elektronen, wohl aber alle übrigen Vorbedingungen des metallischen Leiters. Ein elektrischer Strom wird also nicht weitergeleitet. Durch irgendwelche sekundären Ereignisse können aber gebundene Elektronen abgelöst werden, z. B. außer durch die Wärme durch eingestrahktes Licht. Wenn die Ablösungsenergie genügend hoch ist, dann kehrt das Elektron nicht auf seinen Platz zurück. Es irrt als „vagabundierendes“ Elektron innerhalb des Kristallgitters umher, bis es nach einer relativ langen Freiheit wieder an einer Stelle eingefangen wird, wo zuvor ebenfalls ein Elektron abgelöst worden war. Solange die Elektronen frei beweglich sind, können sie die Funktion der Leitungselektronen in den Metallen übernehmen, d. h. also, solange der Halbleiter belichtet wird, verhält er sich annähernd wie ein Metall. Das ist z. B. der Fall bei dem metallischen Selen, das lange Zeit wohl einzigartig dastand, und erst in neuerer Zeit in den Halbleiter-Photozellen Nachfolger gefunden hat. Schließlich kann man die „Photozelle“ so aufbauen, daß die abgelösten Elektronen nur in einer Richtung fließen können. Daher liefert eine solche Anordnung ohne angelegtes elektrisches Feld direkt Strom: also nicht nur Widerstandsänderung, sondern Stromerzeugung durch Belichtung. Die Zellen der weitverbreiteten „photoelektrischen“ Belichtungsmesser arbeiten alle nach diesem Prinzip.

Sowohl beim Lichteffect wie bei der Wärmeerzeugung von Elektronen bleibt nach dem Abfliegen des Elektrons eine Lücke zurück, die positiv geladen ist, denn dort fehlt ja ein Elektron. Dieses „Loch“ ist Anlaß zu einer zweiten Art von Stromleitung im Halbleiter. Es ist nämlich möglich, daß Elektronen, unter dem Einfluß der Wärmebewegung, in die benachbarte Lücke hineinspringen. Das springende Elektron hinterläßt seinerseits wieder ein „Loch“, das auf diese Weise durch das Kristallgitter wandert, bis es schließlich durch ein aufgenommenes Elektron entladen wird. Die wandernde Lücke entspricht praktisch einer Verschiebung von positiver Ladung; man nennt diesen Leitungstyp daher auch den positiven oder p-Typ. Der Stromtransport durch Elektronen heißt

Der nebenstehende (und auf Umschlagseite 3 weitergeführte) historische Artikel aus der CLB von 1956 erschien unter der Gesamtüberschrift „Nobelpreise 1956“. Vor 50 Jahren war das Nobelpreis-Komitee mit dieser Auszeichnung ziemlich auf der Höhe der Zeit; schließlich lag die Erfindung des Transistors durch die drei Wissenschaftler nur acht Jahre zurück. Wesentliche Entwicklungsarbeiten zu Transistoren lieferte übrigens auch Walter Schottky, der nach dem 2. Weltkrieg etwa 30 Jahre lang im Siemens-Forschungszentrum im fränkischen Pretzfeld bei Forchheim arbeitete. Leider gab es in Deutschland wieder einmal keinen Visionär, der so etwas wie ein „Müller'sches Gesetz“ – dem „Moore'schen Gesetz“ entsprechend – postuliert und zu einem „Siemens inside“ motiviert hätte ;-)

Der Artikel oben bemerkt: „Die Erklärung des Halbleitereffektes ... stellt ... einen großartigen Erfolg der Quantentheorie fester Körper dar.“ Wer sich mit Grundlagen und aktuellen Entwicklungen der Quantenphysik befassen will, dem sei das Buch von Silvia Arroyo Camejo empfohlen, das auf Seite 75 besprochen wird – ausführlich, denn es ist sowohl von seiner Art (zwischen einführender Literatur und Lehrbüchern) wie insbesondere von der Autorin her bemerkenswert. Sie fing mit 17 Jahren an, das Buch zu schreiben!

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

liebe Chemielaborantin, lieber Chemielaborant, Sie verdienen nach Angaben des Bundesinstituts für Berufsbildung zur Zeit im Durchschnitt etwa 2400 Euro brutto im Monat – sofern Sie schon fünf Jahre im Beruf tätig sind. Was die Auszubildenden erwartet, ist auf den Seiten M12 und M13 zu lesen. Insgesamt stiegen die Vergütungen 2005 nur wenig – ganz im Unterschied übrigens zu den über 13 000 Beschäftigten der Investmentsparte der Deutschen Bank (Gesamtbeschäftigtenzahl: Über 63 000): Sie erhielten mit im Durchschnitt 415 000 Euro 21 Prozent mehr als 2004!



Auch wenn Sie sich jetzt irgendwie im falschen Film fühlen: Immerhin zählen Laborantenberufe zu den gesuchten Berufsfeldern; die Bundesagentur für Arbeit verzeichnete im Januar etliche tausend offene Stellen

dafür. Wie das Institut Dr. Flad in Stuttgart auf seiner Homepage [www.chf.de](http://www.chf.de) beschreibt steigen gerade die Arbeitsmarktchancen für Chemisch-Technische Assistent/innen.

Was ebenfalls stark steigt ist das Volumen des weltweiten Marktes für Mikrosystemtechnik. Es beläuft sich mit einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 16 Prozent pro Jahr auf rund zwölf Milliarden US-Dollar. Ausschlaggebend hierfür ist die enorme Innovationsdynamik und die Branchen übergreifende Querschnittsbedeutung für nahezu alle Wirtschafts- und Industriebereiche, von Automobil und Maschinenbau über die Telekommunikation bis hin zur Chemie, Medizintechnik und – natürlich – der Analytik. Den Stand der Technik auf diesem Gebiet erläutert

auf den Seiten 54 bis 57 CLB-Mitherausgeber Prof. Heinz-Martin Kuß.

Dass der von CLB ausgerufene Wettbewerb „Jugend lehrt“ ein *vorhandenes* Potenzial bei Jugendlichen mobilisieren will zeigt übrigens ein Buch, das jetzt auf den Markt gekommen ist: „Skurri-le Quantenwelt“ (siehe Seite 75). Ich hatte das Vergnügen, die Autorin Silvia Arroyo Camejo zusammen mit dem bekannten Quantenphysiker Prof. Hans Dieter Zeh kennen zu lernen. Das eigenständige Interesse, die Unnachgiebigkeit, ein Ziel zu erreichen und die Bescheidenheit der jungen Frau sind für mich in einer Zeit gesellschaftlicher Fehlentwicklungen – Kreationismus, Einschränkung der Meinungsfreiheit – ein heller Lichtschein für die Zukunft.

A propos Evolution – den Kreationismus sollte man lieber gar nicht erwähnen: Einen Teilbereich dieses spannenden Themas können Sie auch in dieser CLB verfolgen: Auf den Seiten 58 bis 63 werden Forschungen vorgestellt, die dazu beitragen, das Geheimnis der chemischen Evolution als Ausgangspunkt für die Entstehung des Lebens auf der Erde zu lüften.

Geheimnisse der Kriminalistik löst auch die moderne Analytik. Wie, das erläutert der langjährige CLB-Autor Hans-Dietrich Martin ab Seite 64. Wer eher den süßen Dingen des Lebens zugetan ist, sieht in dem Artikel von Prof. Wolfgang Hasenpusch ab der Seite 48, dass es aber auch hierbei um schnöden Mammon geht – womit sich der Kreis zu meiner Eingangsbemerkung geschlossen hat ;-)

Ihr

# INHALT

## Aufsätze

Zucker als Wirtschaftsgut Süßer Stoff mit bitterem Beigeschmack? _____	48
Mini- und Mikrosysteme Die Zukunft in der Analytik _____	54
Suche nach dem chemischen Ursprung des Lebens Moleküle, die sich selbst vermehren _____	58
Analytik in der Kriminaltechnik (Laborserie Teil 26) Spuren verraten den Täter _____	64



**Zum Titelbild:**  
Das Bild zeigt eine Computergrafik des Miller'schen Experiments (siehe Artikel „Suche nach dem Chemischen Ursprung des Lebens“ ab Seite 58; Abb.: Uni Bochum/Reimold).

## Rubriken

Editorial _____	41
Impressum _____	43
F & E im Bild _____	43
Unternehmen _____	44
Personalia _____	46
Förderungen / Preise _____	47
Forschung und Technik _____	68
Grundlagen _____	69
Umfeld Wissenschaft _____	72
Literatur _____	74
Neue Produkte _____	76
Bezugsquellenverzeichnis _____	79

## CLB-Memory

Deutsche Gesellschaft für Psychologie plant Test für Studieneignung	
Alternative zum Auswahlgespräch _____	M9
Nützliche Ratgeber 59 – 64 _____	M10
Tarifliche Ausbildungsvergütungen 2005	
Sehr schwacher Anstieg gegenüber Vorjahr _____	M12
Trinkwasserqualität sichern: Labore schulen Expertenwissen	
Jahrestagung Trinkwasserringversuche _____	M14
Wissenschaftsranking Luftschadstoffe	
GSF auf Platz 1 in Europa _____	M15
Elemente und ihre Darstellung und Gewinnung	
Alkali- und Erdalkalimetalle – es kann mehr als eine Antwort richtig sein _____	M16

Fusion  
in Form

Der erste große Fertigungsauftrag für das Fusionsexperiment Wendelstein 7-X, die Herstellung der Plasmakammer, ist erfolgreich abgeschlossen: Die 20 Sektoren des bizarr geformten, 35 Tonnen schweren Gefäßes wurden aus mehreren hundert Einzelteilen zusammengefügt – ein handwerkliches Meisterstück. Die Montage der komplexen Gesamtanlage, die im Frühjahr 2005 im Teilinstitut Greifswald des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik (IPP) begonnen hat, wird rund sechs Jahre dauern. Um die bizarre Form in Stahl nachzubilden, wurde das 35 Tonnen schwere Gefäß aus 200 einzelnen Ringen aufgebaut. Jeder Ring wiederum besteht aus mehreren fingerdicken und 18 Zentimeter breiten Stahlblechstreifen, die vielfach geknickt die geschwungenen Konturen nachformen. 299 Öffnungen, durch die später das Plasma beobachtet und geheizt sowie wärmebelastete Wandpartien gekühlt werden sollen, wurden anschließend mit scharfem Wasserstrahl in die Gefäßteile geschnitten. Das Bild zeigt ein Teilstück der Plasmakammer von Wendelstein 7-X (Foto: IPP, W. Filser).

## 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:**  
Dr. Dr. U. Fitzner, Düsseldorf · Prof. Dr.  
K. Kleinermanns, Düsseldorf · Priv.  
Doz. Dr. H.-M. Kuß, Duisburg · Prof.  
Dr. J. Schram, Krefeld · Prof. Dr. Georg  
Schwedt, Clausthal-Zellerfeld · 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: bulmahn@clb.de),  
Dr. Christiane Soiné-Stark  
(CS, E-Mail: stark@clb.de).

**Ständige Mitarbeiter:**  
Ans de Bruin (Grafik), Heidelberg;  
Werner Günther, Düsseldorf; Prof.  
Dr. Wolfgang Hasenpusch, Hanau;  
Dr. Mechthild Kässer, Diekhöfen; Hans  
Dietrich Martin, Köln; Dr. Rösbe Wün-  
schiers, Köln.

**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 Khilian  
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: anzeigen@clb.de

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

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

CLB erscheint monatlich.

**Bezugspreise:**  
CLB Chemie in Labor und Biotechnik mit  
der Beilage „CLB-MEMORY“. Einzelheft  
– außerhalb des Abonnements – 8,60  
Euro, im persönlichen Abonnement jähr-  
lich 87 Euro zuzüglich Versandkosten;  
ermäßigter Preis für Schüler, Studen-  
ten und Auszubildende (nur gegen Vor-  
lage der Bescheinigung) jährlich 67,10  
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. 45 vom 01. 01. 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

**Leica Microsystems CMS GmbH** und die dänische **Koheras A/S** haben eine nichtexklusive Lizenzvereinbarung zur Nutzung von Leica-Schutzrechten für Superkontinuum-Lichtquellen unterzeichnet. Koheras darf von Leica patentierte Superkontinuum-Lichtquellen produzieren und vertreiben. Koheras beliefert Leica mit Lichtquellen für konfokale Mikroskopsysteme.

**Die CureVac GmbH**, ein in Tübingen ansässiges biopharmazeutisches Unternehmen mit Schwerpunkt auf Medikamentenentwicklung gegen Krebs, gibt den Abschluss ihrer Serie B Finanzierungsrunde bekannt. Neue Investoren sind die Beteiligungsgesellschaften DH Capital GmbH & Co. KG und OH Beteiligungen GmbH & Co. KG, die der Familie des SAP-Mitbegründers Dietmar Hopp gehören.

**Whitehouse Scientific** hat das Bestell- und Zahlungssystem auf seiner Website besser und sicherer gemacht. Bei gegenüber dem Vorjahr um 20% gestiegenen Verkaufszahlen soll das neue System dem wachsenden Wunsch der Kunden gerecht werden, die Kalibrierungsstandards des Unternehmens über das Internet zu bestellen und per Kreditkarte zu bezahlen.

**InProcess Instruments**, Spezialist für die Online Gasanalyse aus Bremen, hat einen neuen Vertriebs- und Servicepartner für Dänemark, Finnland, Island, Norwegen und Schweden. Die schwedische Mass Analys Nordic AB aus Uppsala ist auf die Bereiche Prozessanalyse mit Schwerpunkt auf Massenspektrometrie und Chromatographie spezialisiert, und verfügt über ein etabliertes Netzwerk in Nordeuropa. Mass Analys Nordic bietet Instandhaltungsdienstleistungen, Softwareintegration und Schulungen an.

Die **Topas Advanced Polymers GmbH** hat das Topas-Cycloolefin-Copolymer-Geschäft der Celanese-Tochter Ticona übernommen. Das erklärten die Unternehmen Daicel Chemical Industries Ltd. (Daicel Chemical), Poly-plastics Co., Ltd. (Polyplastics) sowie die neu gegründete Topas Advanced Polymers, kurz TAP. TAP ist ein Jointventure von Daicel Chemical und Polyplastics, die Anteile von 55 beziehungsweise 45 Prozent halten. Der Hochleistungskunststoff Topas COC besitzt eine starke Position im Markt.

**Hybrigenics SA** hat die Lizenz für die weltweiten exklusiven Rechte an inecalcitol erworben, ein synthetisches Vitamin D Analog. Hybrigenics plant, ein oral einzunehmendes Medikament zu entwickeln, das beispielsweise bei Hormon-induziertem Prostatakrebs eingesetzt werden kann.

**CEM** hat im abgelaufenen Quartal seinen Umsatz um 12,4 % gesteigert. Dabei wurde der Absatz an Mikrowellen-Synthesegeräten (Peptid-Synthese sowie chemische, organische Synthese) gar um 43 % gesteigert. Der Vertrieb von Mikrowellen-Aufschlussgeräten MARS zur Elementanalytik wurde zudem deutlich um 19 % in einem nicht wachsenden Marktsegment gesteigert.

Ocean Optics:

## Hope-Diamant untersucht

**Als die Smithsonian Institution in Washington D.C. Wissenschaftler des Forschungslabors der US-Marine (NRL) dazu einlud, die optischen Charakteristiken einer Reihe farbiger Diamanten, darunter auch die des berühmten Hope-Diamanten, zu analysieren, war Ocean Optics dabei.**

Dr. Roy Walters war Teil des Teams, das Spektroskopietests am 45,52-karätigen Hope-Diamanten, am „Blue Heart“-Diamanten (30,62 Karat) und an 239 anderen Diamanten durchführte. Er nutzte ein USB2000-FL-Spektrometer für die meisten UV/Vis-Analysen, eine Deuterium/Quarz-Lichtquelle, einfache Lichtleitkabel und 7 Faserbündel als Beleuchtung sowie einen 732 nm-Festkörperlaser und ein IR512-Spektrometer für Raman-Analysen.

Es handelte sich um eine seltene Gelegenheit, optische Fehler im Kristallgerüst in natürlichen farbigen Diamanten, darunter auch Fehler im größten bekannten blauen Diamanten, zu untersuchen. Blaue Diamanten sind aufgrund ihrer elektrischen Halbleitereigenschaften von besonderem Interesse. Die Forscher führten eine Raman-Spektroskopie durch

und untersuchten Absorptions-, Fluoreszenz-, Phosphoreszenz- sowie spektrale und temporale Eigenschaften der Phosphoreszenz.

Das NRL beschäftigt sich schon seit Jahren mit der Herstellung synthetischer Diamanten und ihrem potenziellen Einsatz als Wärme-, optische und elektrische Halbleiterwerkstoffe für Anwendungen des US-Verteidigungsministeriums. In synthetischen Diamanten auftretende Fehler im Kristallgerüst können leichter vermieden werden, wenn mehr über Verunreinigungen in natürlichen Diamanten bekannt ist.



Cognis Innovation Award 2005

## Schutz von Haut und Haaren

**Aus Moringa-Samen gewonnene, pflanzliche Peptide reinigen Haut und Haare und schützen vor schädigenden Umwelteinflüssen. Als Anerkennung für den Markterfolg der Produkte haben die an der Entwicklung beteiligten Mitarbeiter den Cognis Innovation Award 2005 erhalten.**

Moringa oleifera stammt ursprünglich aus Indien und ist heute in tropischen und subtropischen Gegenden der Welt beheimatet. Alle Teile des Baums werden für die Herstellung von Heil- oder Nah-

rungsmitteln genutzt, von den Blättern, über die Blüten, den Früchten und dem Holz bis hin zu den Samen. Proteine, die aus den Samen isoliert wurden, zeigten aufgrund ihres geringen Molekulargewichts und ihres kationischen Verhaltens interessante Eigenschaften. Studien haben gezeigt, dass Luftverschmutzung den Griff und die physikalische Struktur von Haaren schwer schädigen kann. „Puricare“ verhindert solche Schädigung und hält das Haar zugleich sauber: Das Peptid erschwert, dass Schmutzpartikel am Haar haften.

## Rund 7,6 Millionen Euro für Sicherheit in der Nanotechnologie

### BMBF und Industrie starten Nanoforschung

**Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und die Industrie investieren in die Forschung zur Sicherheit von Nanomaterialien. Dafür werden im BMBF-Projekt NanoCare Industrie und Wissenschaftseinrichtungen gemeinsam die Auswirkungen industriell hergestellter Nanopartikel auf Gesundheit und Umwelt untersuchen.**

Das BMBF stellt für NanoCare in den nächsten drei Jahren rund fünf Millionen Euro zur Verfügung. Die Industrie beteiligt sich selbst noch einmal mit 2,6 Millionen Euro.

Das Mitglied des Vorstands und der Sprecher der Forschung der BASF AG, Stefan Marcinowski, sieht in der Nanotechnologie eines der ergiebigsten Wachstumsfelder der kommenden Jahre. Sie bietet Lösungen für wichtige Zukunftsthemen

wie Energie, Gesundheit, Mobilität, und neue Materialien.

Der NanoCare-Koordinator vom Forschungszentrum Karlsruhe, Harald Krug, sieht in dem Projekt auch eine Chance, die Akzeptanz der Nanotechnologie zu erhöhen. „Neue Technologien können auch Risiken für Gesundheit und Umwelt mit sich bringen. Um der Verantwortung für die Gesellschaft und für das Individuum gerecht zu werden, müssen begleitend zur Technologieentwicklung die Auswirkungen auf Mensch und Umwelt untersucht werden.“

Genau diese Arbeiten sind im Leitprojekt NanoCare vorgesehen. NanoCare soll neue wissenschaftliche Erkenntnisse über Umwelt und Gesundheitsauswirkungen von Nanopartikeln zu Tage bringen und diese einer breiten Öffentlichkeit vermitteln. Die Projekt-Partner aus

Industrie und Wissenschaft wollen dazu neuartige Nanopartikel herstellen und in Modellsystemen auf ihre toxikologische Wirkung untersuchen.

Beteiligt sind 13 Partner. Auf Seite der Industrie sind es die Degussa AG, BASF AG, Bayer MaterialScience AG, Solvay Infra Bad Hönningen GmbH und die SusTech GmbH&Co. KG. Von wissenschaftlicher Seite beteiligen sich die Universitäten Münster, Bielefeld und Saarbrücken sowie das Forschungszentrum Karlsruhe. Weitere Partner sind die IUTA e.V., die ItN Nanovation GmbH, das Institut für Entwicklung und Anwendung von Verfahren zur biologischen Emissionsbewertung und das Institut für Gefahrstoff-Forschung der Bergbau-Berufsgenossenschaft an der Ruhr-Universität Bochum. Das Projekt wird vom Forschungszentrum Karlsruhe koordiniert.

## L.U.M. fördert internationale Jugend

### KMU-Firma mit Ausbildungs-Engagement

**Die L.U.M. GmbH, Berlin-Adlershof, Hersteller von Geräten zur Stabilitätsanalytik und Partikelcharakterisierung von Dispersionen, bietet seit 2002 europäischen Praktikanten im Rahmen des EU-Berufsbildungsprogramms „Leonardo da Vinci“ die Gelegenheit, aktiv an den Geschäftsprozessen in einem investitionsgüter-produzierenden Betrieb teilzunehmen.**

„Erstmalig haben wir zurzeit drei Praktikanten gleichzeitig bei LUM, bei 15 festangestellten Mitarbeitern. Am Anfang stand die Zusammenarbeit mit der Universität Miskolc, Ungarn, welche wir auch in diesem Jahr traditionell für den Bereich Marketing fortsetzen“, erzählt Prof. Lerche, Geschäftsführer der Firma. „Zusätzlich haben wir in diesem Jahr aus mehreren Bewerbungen zwei weitere Praktikanten

aus Portugal und Spanien für den Bereich Forschung und Entwicklung ausgewählt“, fährt Lerche fort. „Wir erhalten wesentliche Unterstützung durch diese erfahrenen Praktikanten in unseren nichtproduzierenden Prozessen und sehen diese Entscheidung als Investition sowohl in die Zukunft des Unternehmens als auch in die der jungen Leute.“

Für Klara Bagoly (Master in Economics, HU) bieten die acht Monate Marketingpraktikum bei der Gelegenheit, ihre internationalen Erfahrungen zu vergrößern und aktiv an den Geschäftsprozessen teilzunehmen. „Besonders genieße ich die Vorteile einer kleinen, aber feinen Firma und erhalte vielfältige Einblicke in alle Bereiche“, freut sie sich und erwartet positive Auswirkungen auf ihre zukünftige Karriere. Nelson Pereira Quintas,

Chemieingenieur aus Portugal, sammelt seine ersten Berufserfahrungen in diesem Praktikum und schätzt insbesondere die hohe Flexibilität, schnelle Entscheidungen und die Wertschätzung seiner Arbeit. Der Diplom-Chemiker Raúl Montalvo aus Spanien wählte für sein sechsmonatiges Wirken bewusst den Arbeitsort in Europas modernstem Wissenschaftspark Adlershof und genießt wie alle die attraktive Weltstadt Berlin.

Am 26. April 1999 hat der Rat der Europäischen Union die zweite Phase des europäischen Berufsbildungsprogramms „Leonardo da Vinci“ bis Ende dieses Jahres verabschiedet. Dies soll die grenzüberschreitende Zusammenarbeit zur Weiterentwicklung der Qualität, der Innovation und der europäischen Dimension in den Berufsbildungssystemen und -praktiken stärken.

**APPLIED BIOSYSTEMS** Mark Bloomfield, zuletzt Direktor im europäischen Geschäftsbereich von Thermo Elektron mit langjähriger Marketingerfahrung, ist neuer Vice President Sales Molecular Biology Europe bei Applied Biosystems.

**CSNI DER OECD NEA** Der technisch-wissenschaftliche Geschäftsführer der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, **Lothar Hahn**, wurde zum Vorsitzenden des internationalen Komitees für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen (Committee on the Safety of Nuclear Installations, CSNI) der Kerne-energieagentur der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD Nuclear Energy Agency, NEA) gewählt.

**DATALOGIC GMBH** Das Unternehmen mit Sitz in Erkenbrechtsweiler hat mit **Thorsten Ley** einen neuen Key Account Manager, der für die Produkte Hand Held Readers zuständig ist. Ley wird dabei den Kundenbereich der Systemintegratoren betreuen. Vor dem Wechsel zu Datalogic war Ley als Key Account Manager bei der Transflow Deutschland GmbH und Bruck Technologies GmbH.

**DMV** Prof. Günter M. Ziegler ist neuer Präsident der Deutschen Vereinigung der Mathematiker (DMV). Der C4-Mathematik-Professor der Technischen Universität Berlin wird Nachfolger von Prof. Günther Wildenhain. Prof. Ziegler studierte in München Mathematik und Physik und promovierte am MIT in Cambridge bei Boston.

**ISES** Prof. Dr. Klaus Vajen, Inhaber der Professur für Solarthermie an der Universität Kassel, wurde zum Vizepräsidenten im Weltfachverband für Solarenergie ernannt. Die International Solar Energy Society (ISES) ist ein von Wissenschaftlern gegründeter Verband, der seit 1954 für die Verbreitung und Nutzung erneuerbarer Energien eintritt.



**PTB** Der bisherige Vizepräsident der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt Prof. Dr. Manfred Kochsiek, geht in den Ruhestand und übergibt sein Amt an Prof. Dr. **Manfred Peters**, jetziger Leiter der Abteilung „Mechanik und Akustik“. Peters gilt als ausgewiesener Experte des deutschen und internationalen Messwesens.

**TUM** Die Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz der TU München in Garching bekam den Maschinenbauer **Dr.-Ing. Ingo Neuhaus** (34) als neuen Technischen Direktor. Er tritt die Nachfolge von Prof. Klaus Schreckenbach an.

**WR** Der Wissenschaftsrat den Münchner Mittelalter-Philologen hat **Peter Strohschneider** zu seinem neuen Vorsitzenden gewählt. Strohschneider tritt die Nachfolge des Berliner Neurologen Karl Max Einhäupl an, der den Wissenschaftsrat von 2001 bis 2005 geleitet hat. Neue Vorsitzende der Wissenschaftlichen Kommission des Wissenschaftsrats ist **Karin Lochte**, Professorin für Biologische Ozeanographie am Leibniz-Institut für Meereswissenschaften an der Universität Kiel. **Rüdiger Bormann**, der zum stellvertretenden Vorsitzenden gewählt wurde, ist Professor für Werkstoffphysik und Werkstofftechnologie an der Technischen Universität Hamburg-Harburg und Direktor am GKKS-Forschungszentrum Geesthacht.

## EHRUNGEN

Den diesjährigen **Otto-Bayer-Preis** erhält Prof. Dr. **Alois Fürstner** vom Max-Planck-Institut für Kohlenforschung in Mülheim/Ruhr. Die Auszeichnung von der gleichnamigen Stiftung ehrt den 43-jährigen Chemiker für seine Leistungen auf dem Gebiet der Naturstoffsynthese mit dem Schwerpunkt der Katalyseforschung. Bayer-Vorstandsvorsitzender **Werner Wenning** überreichte den mit 50 000 Euro dotierten Preis in Leverkusen.

**Alexandra Trkola**, Förderprofessorin an der Universität Zürich, wird mit dem diesjährigen **Scientist Award der Elizabeth Glaser Pediatric Aids Foundation** für ihre Forschung an neutralisierenden Antikörpern gegen HIV ausgezeichnet. Der mit rund 700 000 \$ dotierte Preis ist eine der bedeutendsten Auszeichnungen weltweit auf dem Gebiet der HIV- und AIDS-Forschung. Trcolas Ergebnisse tragen dazu bei, das Verständnis für die menschliche Immunabwehr gegen HIV zu verbessern.



**Professor Manfred Kleber** (63), Ordinarius für Theoretische Physik am Physik Department der TU München in Garching, wurde zusammen mit Professor Raymond Y. Chiao (Berkeley) und Professor Roy J. Glauber (Harvard) mit der „**Willis E. Lamb Medal for Laser Science and Quantum Optics**“ ausgezeichnet. Er erhielt die Auszeichnung für seine Beiträge zum Verständnis der Tunnelzeit und dem Auftreten von Quanteninterferenzen bei Anwesenheit äußerer Felder.





## Eine Aufgabe der Kommunikation

# Die CLB eröffnet den Wettbewerb „Jugend lehrt“

**M**öchtet ihr zeigen, dass ihr Verständnis für Naturwissenschaft und Technik habt? Ihr gehört aber nicht zu den „Tüftlern und Bastlern“, die beim Wettbewerb „Jugend forscht“ mitmachen? Jetzt gibt es auch für euch eine Plattform: Die CLB eröffnet den Wettbewerb „Jugend lehrt“. Das Preisgeld beträgt 6000 Euro. Die Bestplatzierten dürfen auf der nächsten InCom mit LifeCom vom 12. bis zum 15. März 2007 an der Heinrich-Heine-Universität in Düsseldorf vortragen; dort wird dann der Gewinner ermittelt (siehe auch: [www.jugend-lehrt.de](http://www.jugend-lehrt.de)).

Forschen ist die eine Seite des Erfolges einer hochtechnisierten Gesellschaft wie unserer. Die andere, nicht minder wichtige ist die Vermittlung der Grundlagen und Ergebnisse aus der Forschung und aus Wissenschaft und Technik allgemein. Der bekannte Wettbewerb „Jugend forscht“ motiviert bereits seit nunmehr 40 Jahren erfolgreich junge Menschen zur investigativen Beschäftigung mit Naturwissenschaft und Technik. Die Unterrichtung darüber – dem Dualismus Forschung und Lehre folgen auch unsere Universitäten – wird jedoch noch nicht durch einen für die Jugend motivierenden Wettbewerb unterstützt.

Um dies zu ändern eröffnet die CLB den Wettbewerb „Jugend lehrt“. Er wendet sich an Euch, wenn ihr 16 bis 21 Jahre alt seid.

Wurden nicht etliche von euch schon einmal in der Schule oder in den ersten Semestern der Universität von Klassenkollegen und Kommilitonen angesprochen: „Hey, was der Prof da vorhin vor sich hin gebrabbelt hat hab‘ ich irgendwie nicht so richtig kapiert. Kannst Du mir helfen?“

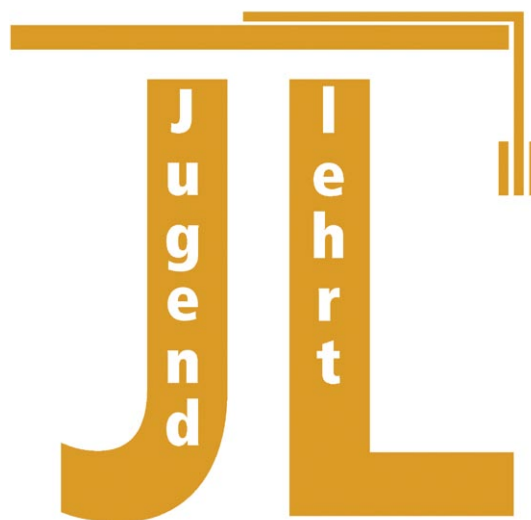
Und ihr stellt fest: „So kompliziert war der Lehrstoff eigentlich gar nicht. Aber tatsächlich war der Professor nicht nur undeutlich in

der Aussprache; die gesamte Struktur seiner Vorlesung ist recht konfus. Ich könnte das besser machen, dann würden es mehr Mitschüler und Kommilitonen verstehen.“

Wenn ihr so etwas schon erlebt habt, dann seid ihr genau die Richtigen für eine Teilnahme an dem Wettbewerb. Er fängt auch recht einfach an: Zunächst sucht ihr euch einfach ein Thema aus Naturwissenschaft und Technik (incl. Mathematik, Informatik) aus, das ihr gut kennt oder interessant findet. Ein Thema, von dem ihr meint, es ist von grundlegender Bedeutung, oder es wird künftig sehr wichtig sein. Dieses Thema beschreibt ihr in einem Übersichtsartikel. Er sollte etwa fünf bis zehn Schreibmaschinen lang sein (10000 bis 20000 Zeichen). Dazu können Grafiken oder Bilder kommen. Zur weiteren Visualisierung eines Kernproblems oder einer Kernaussage sollen Vorschläge gemacht werden (könnte man in einem Forschungslabor einen Film drehen, ein Interview mit einem Wissenschaftler machen, eine 3D-Computergrafik entwerfen, eventuell sogar animiert?)

In einer zweiten Stufe werden die Besten aus dem ersten Teil eine weitere Aufgabe bekommen: Es gilt, eine Art Lehrplan zu entwerfen, wie der Stoff anderen am besten zu vermitteln wäre. Zusätzlich sollten diese Gewinner des ersten Teils ihre Vorschläge zur Visualisierung ausarbeiten. Das kann geschehen als Film oder Computergrafik eines Teilaspektes des vermittelten Stoffes in einem Umfang bis zu fünf Minuten. Wer dazu nicht die Mittel oder die Übung hat schreibt einfach ein Drehbuch oder ein Skript einer solchen Visualisierung.

In die Endrunde kommen schließlich nur drei Bewerber. Sie dürfen über ihre Arbeit einen Vortrag von ca. 15 Minuten Dauer halten, vor Publikum und Juroren auf der InCom an der Universität Düsseldorf, 12. bis 15. März 2007.



Dort werden dann der 1., der 2. und der 3. Sieger – oder natürlich auch Siegerin – ermittelt. Sie teilen sich das Preisgeld (3000, 2000 und 1000 Euro für Platz 1, 2 bzw. 3).

Alles klar? Also nicht zögern, gleich anmelden und mitmachen. Es gibt nichts zu verlieren, nur zu gewinnen! Anmelden könnt ihr euch bei der Redaktion der CLB oder über die Webseite des Wettbewerbs von Jugend lehrt:

[www.jugend-lehrt.de](http://www.jugend-lehrt.de).

Teilnehmen kann jeder, der seinen Hauptwohnsitz in Deutschland, Österreich oder der Schweiz hat. Die Sprache für die Übersichtsartikel, visuellen Beiträge und Vorträge ist deutsch. Die Übersichtsartikel für die 1. Runde sollten spätestens am **Samstag, den 30. September 2006** in der Redaktion der CLB eintreffen. Die Einreichung kann als Ausdruck auf Papier und Transport per Post oder als PDF-Datei per e-Mail an [jury@jugend-lehrt.de](mailto:jury@jugend-lehrt.de) erfolgen.

Als Juroren konnten renommierte Professoren verschiedener Wissenschafts-Disziplinen gefunden werden, die neben ihrer wissenschaftlichen Tätigkeit ausgewiesene Fähigkeiten zur Wissenschaftskommunikation haben. Die Entscheidung der Juroren ist endgültig und kann nicht angefochten werden.  
*Rolf Kickuth*

# Süßer Stoff mit bitterem Beigeschmack?

Wolfgang Hasenpusch, Universität Siegen

Mit den ersten Diskussionen um die Abschaffung oder Einschränkung der Subventionen für die Europäische Zucker-Agrarwirtschaft in den letzten Jahren erhoben sich vehemente Proteste. Immerhin wird der Zuckerindustrie in Europa ein Mindestkilopreis von 63 Cent garantiert, während sich der Weltmarkt mit maximal 23 Cent zufrieden geben muss. Das Grundnahrungsmittel Zucker kann auf eine wild bewegte Geschichte zurückgreifen, hat Höhen und Tiefen durchlebt und steht heute aufgrund verschiedener Diskussions-Fronten wieder im öffentlichen Interesse: neben dem Subventions-Dilemma sind da die gesundheitlichen Risiken beim erhöhten Zucker-Konsum, der Ersatz durch andere kalorienfreie Süßstoffe sowie der Einsatz als Rohstoff für diverse Folge-Produkte zu nennen. Zusammen mit den physikalisch-chemischen Eigenschaften des Zuckers lassen sich diese Themen hier nur plakativ streifen.

## Geschichte des Zuckers

Die Zuckerrohr-Pflanze gab es im Südpazifik und Indien schon viele Jahrhunderte vor Christi Geburt. Ein Heerführer Alexander des Großen (356 bis 323 v. Chr.) ließ nach der Rückkehr von einem seiner Feldzüge im fernen Osten verlautbaren, dass er auf Menschen gestoßen sei, die aus dicken Schilfrohren einen honigsüßen Saft gewinnen, der ohne eine einzige Biene entstanden ist.

Das ursprünglich von den nordöstlich Australiens gelegenen Salomon-Inseln im Südpazifik stammende Zuckerrohr wurde danach bis in die südlichen Mittelmeerländer verbracht und kultiviert. Nördlich der Alpen war es bis 1100 n. Chr. unbekannt. Es diente hier zunächst medizinischen Zwecken und wurde als seltenes „Gewürz“ an den Höfen des Adels verwendet.

1493 brachte Christus Kolumbus einige Zuckerrohr-Stecklinge von den Kanaren auf die Insel Hispaniola,

### Der Autor

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



den heute in Haiti und Dominikanische Republik gespaltenen Inselstaaten.

In den folgenden Jahrhunderten erlebte das Zuckerrohr einen unbeschreiblichen Boom, in dem sich die wenigen Zucker-Barone der Karibik der importierten Sklaven aus Afrika auf brutalste Weise bedienten. Allein im 18. Jahrhundert, zwischen 1701 und 1810, wurden über 900 000 Afrikaner auf die Inseln Jamaika und Barbados verschifft.

1747 entdeckte Andreas Sigismund Marggraf, Direktor der chemischen Laboratorien an der Akademie der Wissenschaften in Berlin die aus dem Zuckerrohr identische Saccharose in der Zuckerrübe, *beta vulgaris altissima*. Seinem Schüler Franz Carl Achard (1753 – 1821) war es vorbehalten, die erste Zuckerrübenfabrik in Berlin zu errichten. Der richtige Aufschwung der Zuckerproduktion aus Zuckerrüben setzte erst 1840 ein. Damals wies die Zuckerrübe nur Saccharose-Gehalte um 5% auf. Da die höchste Konzentration im unteren Bereich zu finden ist, schickten die Bauern bis vor wenigen Jahrzehnten nur die untere Hälfte zu den Zuckerfabriken. Durch Züchtungen erreichen die Zuckerrüben heute Gehalte von bis zu weit über 20%, wodurch die gesamte Rübenfrucht für die Zucker-Produktion Verwendung findet.

Seit den 60-iger Jahren des 20. Jahrhunderts hat sich die Zuckerproduktion weltweit auf 140 Mio. Tonnen verdoppelt. Davon entfallen 100 Mio. t (= 71,4%) aus der Zuckerrohr-Ernte und 40 Mio. t aus Zuckerrüben. 1983 waren es noch 96 Mio. t mit 61 Mio. t (= 63,5%) Rohrzucker und 1959 gar nur 29,1 Mio. t Rohrzucker (59,4%) und 19,9 t Rübenzucker.

## Subventionierte Süße

Während sich die Entwicklungsländer mit Weltmarktpreisen von 125 bis 230 Euro die Tonne Raffinat-Zucker zufrieden geben müssen, garantiert die Europäische Zuckermarktordnung seit 1968 einen Mindestpreis von 632 Euro die Tonne. 2001 unterstützte die Europäische Union seine Zucker-Industrie mit 6,5 Milliarden Euro. Tobias Zach beschrieb dieses aktuelle „Wirtschaftsdrama“ unter dem Titel „Der Fall  $C_{12}H_{22}O_{11}$ “ in der März-Ausgabe 2005 von GEO: Der Streit zwischen Arm und Reich um eine faire Gestaltung des globalen Zuckermarktes gestaltet sich immer mehr zu einer unlösbaren Aufgabe.

Wie Europa mit einem Weltmarktanteil von 14% schotten sich auch die USA und Japan durch hohe

Zölle gegen die armen Zuckerrohrländer ab. Dabei sind gerade die Drittländer auf diese Exporte angewiesen. Mauritius beispielsweise verschifft 90% seines Zuckers für andere Staaten. Insgesamt landen rund 30% des Zuckers auf dem Weltmarkt, der Rest ist Eigenbedarf der produzierenden Staaten.

So beliefen sich die jährlichen Zucker-Exporte aus Brasilien auf 13 Mio. t, aus der EU auf 6,5 Mio. t, davon 150 000 t in die Schweiz, Thailand 4,5 Mio. t, Australien 4, Kuba 3, Guatemala 1,4 und Süd-Afrika 1,3 Mio. t. Gegen den langfristigen Subventions-Abbau laufen die Vertreter der EU-Zuckerindustrie derzeit Sturm. Sie haben hohe Investitionen in die Zukunft getätigt und allein in den vergangenen zehn Jahren 17 000 Mitarbeiter abgebaut.

### Ist zuviel Zucker ungesund?

In einem ihrer ersten Strategiepapier-Entwürfe forderte die Weltgesundheits-Organisation WHO, den Menschen klarzumachen, dass ihr täglicher Energieverbrauch nur durch 10% freien Zucker, einschließlich Honig, Limonaden, usw., abgedeckt sein soll. Das wären nur rund 250 Kalorien (etwa 1000 Joule) oder etwa 60 g Zucker. Intensive Proteste seitens der Zucker-Industrie haben bewirkt, dass die Endfassung nur noch die pauschale Empfehlung zur Zucker-Reduktion enthält.

In Deutschland beispielsweise, wie in fast allen Industrieländern, hat sich der Zuckerverbrauch in der Nachkriegszeit erheblich gesteigert: er liegt bei uns derzeit jährlich um die 33 kg/ Person, täglich also bei 90 g. In den letzten Jahren ging der Zuckerverbrauch auch in Deutschland zurück. Vor fünf Jahren lag er noch über 100g (Abbildung 1).

Ob der gestiegene Zuckerverbrauch mit der starken Zunahme von Zuckerkranken ursächlich im Zusammenhang steht, findet auch nicht durchweg ihre Akzeptanz. Zwar fördert Übergewicht die Neigung zu Diabetes, die Ursachen liegen jedoch nicht allein am hohen Verzehr von Süßigkeiten.

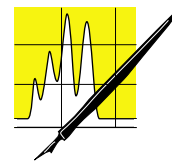
In Frankreich wurde immerhin ein Verbot erlassen, Süßigkeiten-Automaten an öffentlichen Schulen zu installieren.

Unbestritten ist die fördernde Eigenschaft des Zuckers zur Karies-Bildung, wobei die Verweilzeit im Mund eine entscheidende Rolle spielt.

Die „International Sugar Organisation, ISO“ beklagt seit einigen Jahren stagnierende oder gar schrumpfende Zucker-Verbräuche und Exporte der Länder. Gesundheitsbewusstsein und Süßstoff-Produzenten tragen sicherlich dazu bei, zumal sich die heraufbeschworene Krebsgefahr zumindest bei mäßigem und nicht ausschließlichem Süßstoffverzehr und Konsum von Light-Produkten als haltlos herausgestellt hat.

Tabelle 1 gibt einen kleinen Überblick über die derzeitige Süßstoff-Palette. Am gebräuchlichsten davon sind Cyclamat und Saccharin. Die auf Polypeptiden basierenden Süßstoffe mit Saccharose-

Aquivalenz-Faktoren von 1000 und höher sind über längere Zeit noch nicht hinreichend stabil. Für die gebräuchlichsten Süßstoffe, Saccharin und Cyclamat, zeigt Abbildung 2 Struktur sowie einige Daten.



AUFSÄTZE

Abbildung 1: Pro-Kopf-Verbrauch an Zucker in Deutschland.

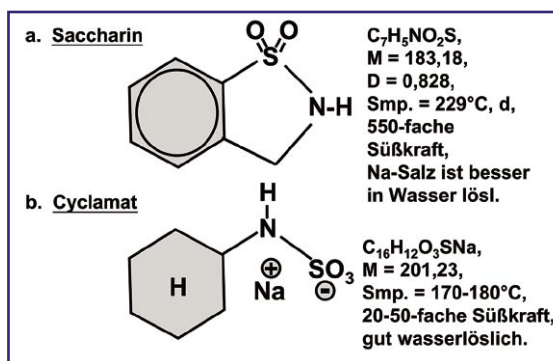
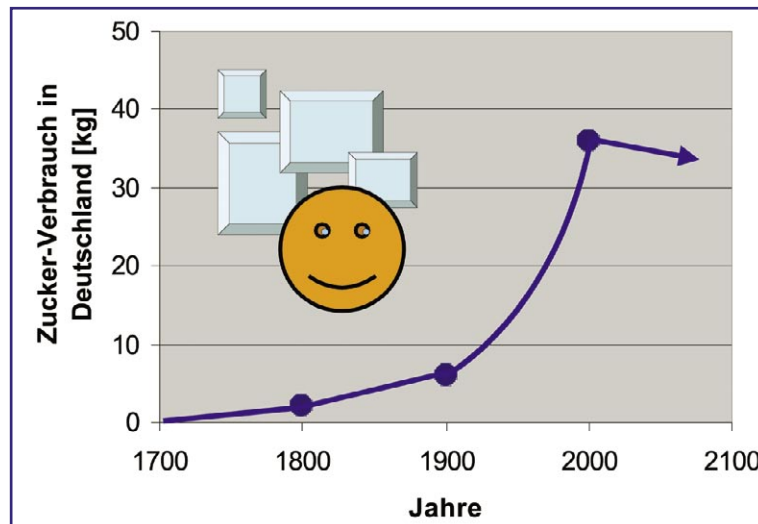


Abbildung 2: Süßstoffe.

Tabelle 1: Süßstoffe.

Name	Formel	Molekulargewicht	Süßkraft-Faktor
Cyclamat*	C6H12O3NSNa	201	20 - 50
Glycyrrhizin	C42H62O16, Süßholzzucker	883	50
Acesulfam-K	C4H4NO4SK	201	80 - 250
Steviosid	C38H60O18	805	etwa 300
Naringin-dihydrochalcon	C27H34O14	583	250 - 350
Saccharin*	C7H5NO2S	183	200 - 700
Neohesperidin-dihydrochalcon	C28H36O15	512	500 - 2.000
Thaumatococin	207 Aminosäuren mit 8 Disulfidbrücken	22 000	etwa 2000
Monellin	2 Polypeptid-Ketten	11 500	1500 - 2500

\* gebräuchlichste Süßstoffe

## Produktion von Zucker

Während das Zuckerrohr nur in tropischen Gegenden angebaut werden kann, wachsen die Zuckerrüben besonders in den nördlichen Teilen unserer Erdkugel bis hinauf nach Finnland.

Entsprechend der Vegetation, der Bewässerung, Boden-Konditionierung enthalten sowohl Zuckerrohr als auch Zuckerrüben an die 20% Saccharose,  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . In ärmlischeren Gegenden, zu denen heute auch das Paradiesland des Zuckers Kuba gehört, mangelt es an agrarwirtschaftlicher Pflege von Boden und Pflanze, weil das dazu notwendige Geld fehlt. So sind die Zuckerrohr-Pflanzen hier auf 2,5 cm Durchmesser abgemagert, während sie in wohlhabenderen Gegenden mehr als den doppelten Durchmesser mit entsprechend erhöhtem Zucker-Anteil aufweisen. Die

Ernten geschehen heute mit Maschinen zum Ende des Kalenderjahres. Die Herstellung des Zuckers läuft in entsprechend zeitlichen Kampagnen ab. Dabei ähneln sich die prinzipiellen Verfahrensschritte beider Ausgangspflanzen weitgehend (Abbildungen 3 und 4): Nach dem Auslaugen der gehexelten Zuckerrohre oder Rüben mit heißem Wasser entsteht ein Rohsaft, der neben kolloidalen Eiweißverbindungen, Säuren und Mineralien um 15% Saccharose enthält. Die Rübenschnitzel dienen als Viehfutter, die ausgelaugten oder ausgepressten Rückstände des Zuckerrohres, die „Bagasse“ werden vielfältigen Zwecken zugeführt: sie lassen sich energetisch verwerten, was in der Regel in Form der Verstromung direkt in der Zuckerfabrik geschieht, oder zu Papier, Pappe und Baumaterial weiterverarbeiten.

Mit Kalkmilch wird der leicht saure pH-Wert neutral gestellt, wodurch die meisten Begleitstoffe weitgehend ausfallen. Ein Kalkmilch-Überschuss lässt sich durch Einleiten von Kohlendioxid vermeiden. Dem bei der Neutralisation niedergeschlagenen „Zuckeralk“ lässt sich durch separate  $CO_2$ -Behandlung ein Großteil der mitgefällten Saccharose entziehen.

Nach mehreren Eindampf-Schritten erhält man einen sirupartigen Dicksaft, aus dem der Rohzucker in Form brauner 2 bis 4 mm großer Kristalle ausfällt. Ein Bleichen oder der Zusatz optischer Aufheller, wie bei der strahlend weißen Wäsche, ist in Deutschland verboten.

Durch verschiedene Adsorptionsmittel und Umkristallisation (= Raffination) erhält man den handelsüblichen Kristallzucker. Er ist derzeit zu einem fast einheitlichen Kilopreis von 92 Cent auf dem

Abbildung 3: Vergleichbare Gesamt-Zuckerbilanzen.

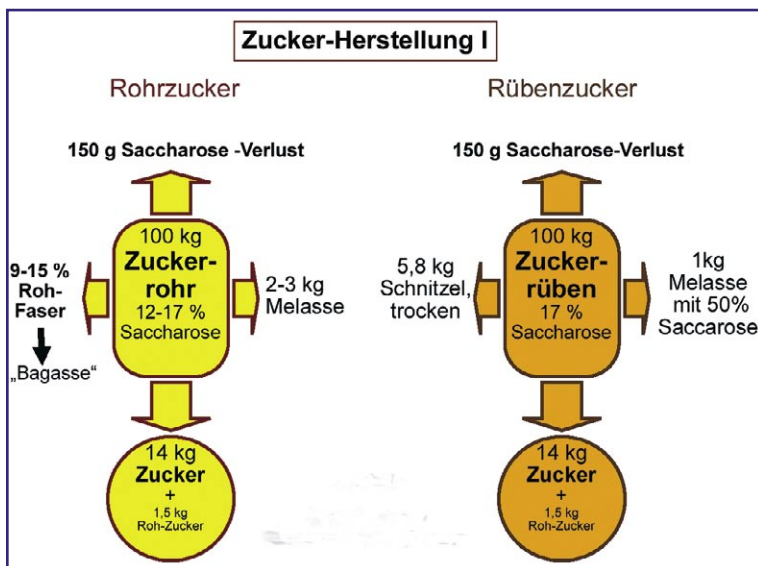


Abbildung 4: Gesamt-Prozess.

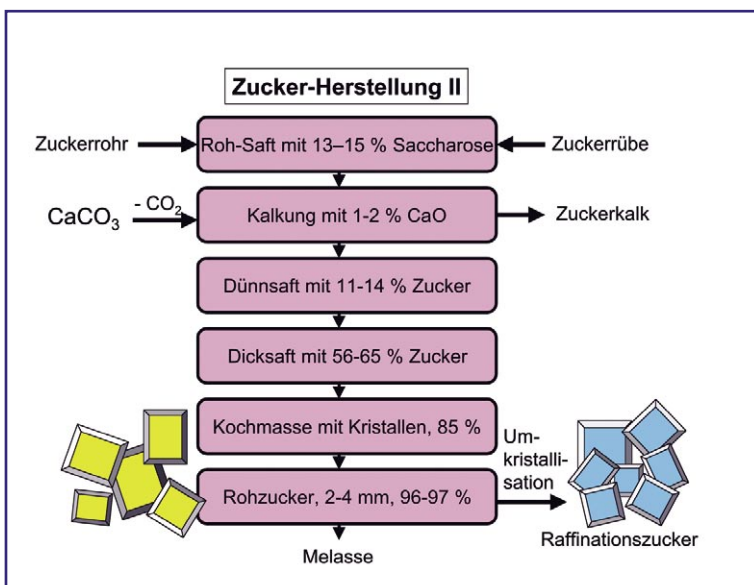


Tabelle 2: Zuckerarten und ihre derzeitigen Preise (Januar 2006)

Sorte	Verkaufsverpackung [g]	Kilo-Preis [Euro]
Raffinade	1.000	0,92
Puder	250	1,38 - 1,60
Kandis	500	2,58 - 2,78
Grümmelkandis	500	3,10 - 3,38
Krustenkandis	500	2,78 - 2,98
Kluntje, großer Kandis	1.000	2,09
Hagelzucker	250	3,00
Würfel	500	1,50
Glückswürfel	500	1,98
Zuckerhut	250	5,56
Rohrzucker	500	2,50
Gelierzucker	1.000	1,39 - 2,98
Traubenzucker	500	1,90
Subventionierter EU-Preis:		0,62 Euro/kg;
Weltmarkt-Preis:		0,13-0,23 Euro/kg

Markt. Die Zuckerarten-Verordnung beschreibt weitere Spezifikationen, wie Kandis, Kluntje (große Kristalle, 2-3 cm), Grümmelkandis (kleine Kristalle (1-5 mm) Würfel- und Glückswürfel-Zucker, Puder- und Hagel-Zucker, Zuckerhüte für die Feuerzangen-Bowle, sowie Vanille- und Gelierzucker.

Diese Folge-Produkte werden naturgemäß mit höheren Preisen angeboten, die aber auch von Geschäft zu Geschäft sehr schwanken. Tabelle 2 zeigt derzeitige Preise (Januar 2006) einiger Zuckerarten und Handelsformen.

### Saccharose und ihre Eigenschaften

Wenn der Chemiker von Zuckern spricht, meint er damit gleich eine ganze Stoffklasse: es sind nach dem RÖMPP-Chemie-Lexikon organische Verbindungen mit einer halbacetal-bildenden Carbonyl- sowie mehreren Hydroxy-Gruppen im Molekül. Man unterscheidet Mono-, Di-, Tri-Saccharide, Oligosaccharide mit bis zu 10 Monosacchariden sowie schließlich die Polysaccharide, zu denen die Stärke und die Cellulose zählen. Bei unserem gebräuchlichen Haushalts- und Speisenzucker, der Saccharose,

handelt es sich um ein Disaccharid, bestehend aus den Halbacetal-Ringen Glucose (6-Ring) und Fructose (5-Ring). Diese Ringe nehmen eine energiegünstige „Sesselform“ ein, damit jedes Kohlenstoff-Atom eine möglichst unverzerrte Tetraeder-Umgebung und die Sauerstoff-Atome ihren üblichen Winkel von etwa  $104^\circ$  einnehmen können (Abbildung 5).

Obwohl die Kristallisation von Zuckern im Allgemeinen keine einfache Angelegenheit darstellt, ist der Zucker-Industrie dieser Verfahrens-Schritt in beliebiger Perfektion gelungen. Besonders große Kristalle weisen die Riesen-Kandis-Kristalle, in Nord-Deutschland, wo sie vermehrt zum Süßen von Tee verwendet werden, auch Kluntjes genannt, auf (Abbildungen 6 und 7). An ihnen kann auch die Morphologie und der Kristall-Habitus am besten studiert werden. Das Handbook of Chemistry and Physics beschreibt die Saccharose-Kristalle unter dem englischen Namen „sucrose“ (cane sugar) als monoklin mit einer Drehung des polarisierten Natrium D-Lichtes bei  $20^\circ\text{C}$  um  $+66,37^\circ$  (Rechts-Drehung).

Abbildung 5: Rohr- oder Rübzucker, ein Disaccharid aus Traubenzucker und Fruchtzucker (der Übersichtlichkeit halber werden die Wasserstoffe an den C-Atomen der Ringe zur Vervollständigung der Tetraeder weggelassen)

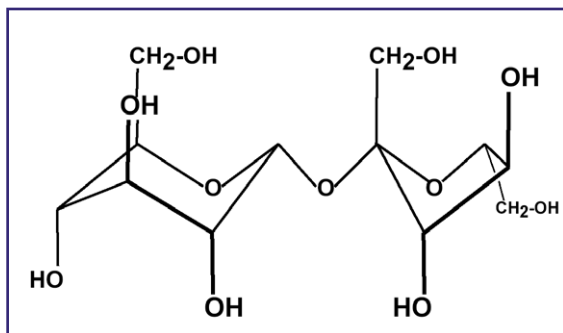


Abbildung 7: Abmessungen eines Kandiszucker-Kristalls in mm (Beispiel).

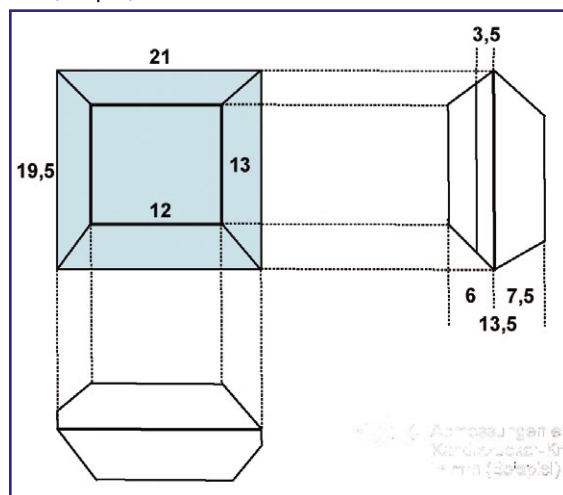


Abbildung 6: Kristall-Habitus von Kristall- und Kandis-Zucker.

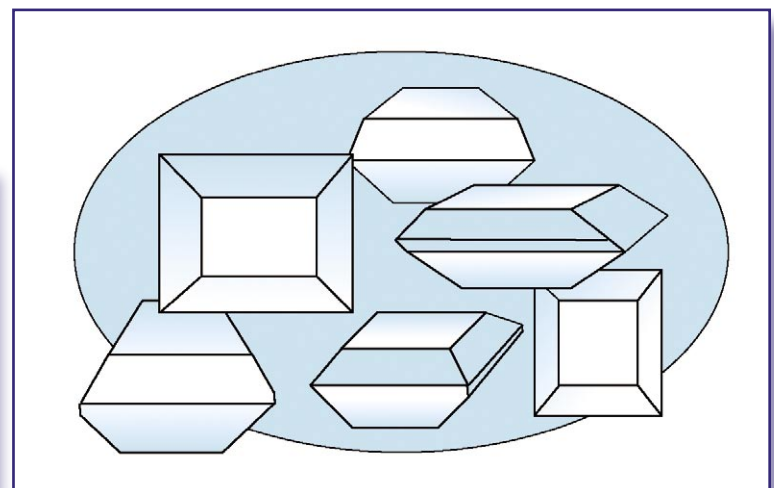
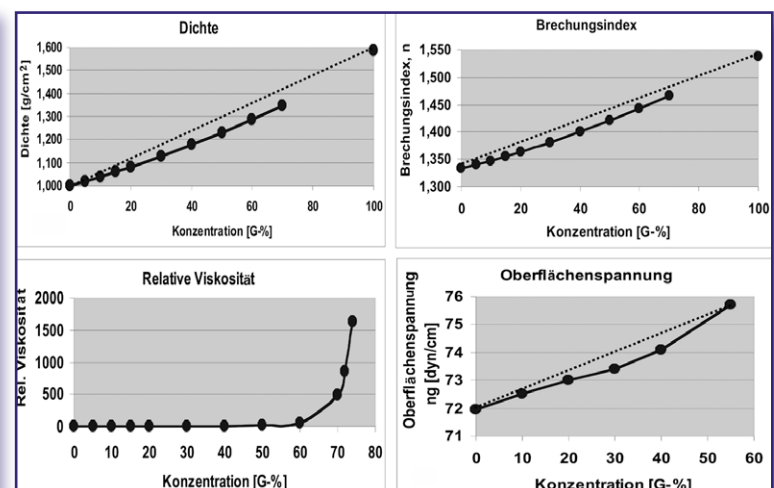


Abbildung 8: Physikalisch-chemische Daten der Saccharose (Rüben- oder Rohrzucker).



Die monoklinen Prismen der Saccharose weisen eine Dichte von 1,588 und einen Brechungsindex von 1,4660 bei 20°C auf. In Wasser ist Zucker relativ leicht löslich: bei 20°C lösen sich in 100 g Wasser 200g Saccharose, bei 100°C ist es genau die doppelte Menge. Nur sehr wenig löst sich in Alkohol, was der alchimistischen Regel „Gleiches löst sich in Gleichem“ zu widersprechen scheint. Durch stärkere intra- und intermolekulare Absättigung der polaren OH-Gruppen ist dem Ethanol die Möglichkeit einer Solvolyse weitgehend genommen. Völlig unlöslich verhält sich die Saccharose in Diethylether. Die neutrale wässrige Zucker-Lösung wirkt nicht reduzierend.

Weitere physikalische Daten in Abhängigkeit von der Konzentration sind in den vier Darstellungen der Abbildung 8 wiedergegeben: Sowohl die Dichte als auch der Brechungsindex und die Oberflächenspannung sind ein hinreichend genaues Maß, um die Zucker-Konzentration zu bestimmen, auch wenn ihre Beziehungen zur Konzentration nicht exakt linear verlaufen.

Abbildung 9: Saccharose-Octaacetat aus Saccharose.

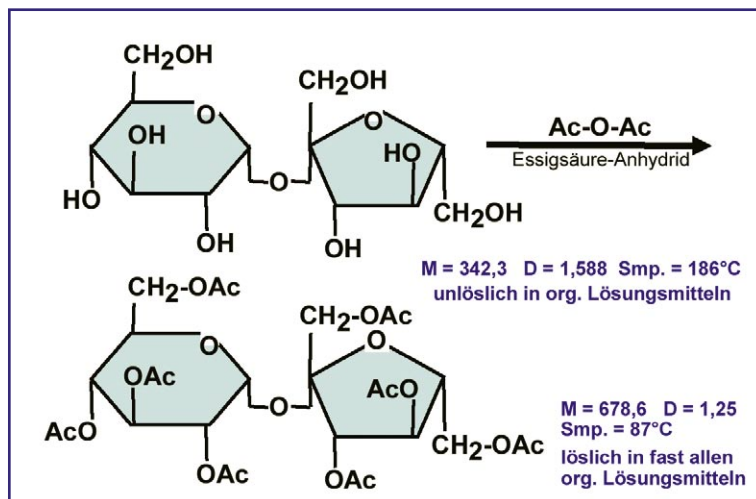
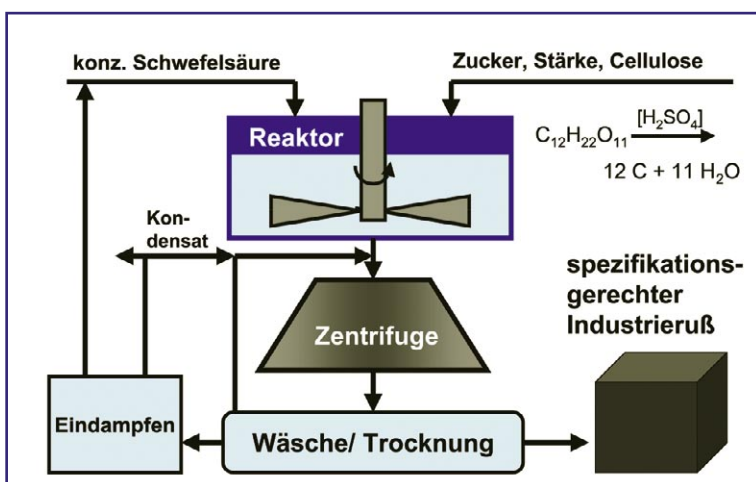


Abbildung 10: Herstellung spezieller Industrierübe aus Saccharose u.a.



Die Viskosität zeigt bei einer Konzentration oberhalb von 60% eine rapide zunehmende Erhöhung der Zähigkeit bei Raumtemperatur, so dass sie nur noch nach Erwärmen handhabbar ist.

Durch Säuren und durch das Ferment Invertase spaltet sich das Disaccharid (+ 66,37) in die Monosaccharide Glucose und Fructose, die eine polarisierte Lichtebene jedoch nach links drehen. An dieser Zurückdrehung oder „Inversion“ lässt sich der Fortschritt der relativ rasch verlaufenden Zucker-Spaltung auch gut verfolgen. Die entstehende +D-Glucose dreht das polarisierte Licht zwar auch um + 52,7°/Mol nach rechts, dieses wird jedoch von der starken Linksdrehung der -D-Fructose von - 133° überkompensiert. Diese Invertzucker fanden bei der Herstellung von Kunsthonig in der Nachkriegszeit ihre Anwendung. Im Bienenhonig liegt auf natürliche Weise hergestellter Invertzucker vor.

Die Löslichkeit der Saccharose in organischen Lösungsmitteln lässt sich in der Form seines Octaacetats erheblich verbessern. Die Anlagerung des Acetats an alle acht OH-Gruppen der Saccharose vollzieht sich mit Essigsäureanhydrid relativ einfach. Die Reaktion dieser Veresterung und die unterschiedlichen Daten der Verbindungen sind in Abbildung 9 aufgeführt. Das Saccharose-octaacetat,  $\text{C}_{28}\text{H}_{38}\text{O}_{19}$ , schmilzt unzerstört bei 86 bis 87°C und löst sich in Alkohol, Ether, Aceton, Benzol und vielen anderen organischen Lösungsmitteln. Aus Alkohol kristallisieren farblose Nadeln. In Chloroform dreht das Octaacetat polarisiertes Licht nach rechts mit einem Winkel von + 59,6°, also nur wenig geringer als die Saccharose mit + 66,4°. Das Octaacetat findet auch technische Anwendungen: etwa zur Papierimprägnierung, als Weichmacher für Celluloseester, für Klebstoffe sowie durch den bitteren Geschmack zur Denaturierung von Ethanol.

Bei der thermischen Zersetzung durch Erhitzen über den Schmelzpunkt von 185-6°C hinaus entsteht zunächst Karamel. Der Name leitet sich von dem lateinischen canna mellis (= Rohrzucker) ab. Je nach Temperatur und Dauer des Temperns entstehen unterschiedlich braune Produkte von mehr oder weniger bitterem Geschmack. Bei dieser leichten Pyrolyse entstehen Aromastoffe, wie Maltol (3-Hydroxy-2-Methyl-4H-Pyran-4-on), Biacetyl, Methylglyoxal und verschiedene Furane. Karamel dient als Lebensmittel-Farbstoff für Biere, Rum, Essig, Liköre, Tabak, Bratensoßen, usw.

Bei weiterem Erhitzen der Saccharose entsteht Zuckerkohle, die eine besonders hohe Oberfläche und Adsorptionskraft aufweist. Bei ihrer Herstellung will man die organischen Nebenprodukte möglichst vermeiden, um eine hohe Kohlenstoff-Ausbeute nach der Gleichung:  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \xrightarrow{\text{Erhitzen}} 12 \text{ C} + 11 \text{ H}_2\text{O}$  zu erreichen.

Ein interessantes Verhalten zeigt die Brennbarkeit von Zucker: Während sich beispielsweise ein Stück Würfelzucker mit einem Streichholz oder Feuerzeug

nicht anzünden lässt, reicht ein wenig Zigaretten-Asche, um ihn zum Brennen zu bringen. Der Zigaretten-Asche wird hier eine katalytische Eigenschaft nachgesagt.

## Zucker-Folgeprodukte

Die Anwendungstechnik der Zuckerindustrie hat bereits eine ganze Reihe von Folgeprodukten auf den Markt gebracht. Denn der Rohr- oder Rübenzucker in seiner hohen Reinheit ist ein idealer Ausgangsstoff für Chemikalien und Pharmazeutika.

So lassen sich beispielsweise eine ganze Reihe von Zuckerestern synthetisieren, von denen das Octaacetat nur eines ist. Daneben sind vor allem die Nitrate zu nennen, die als „Nitrozucker“ in der Sprengstoff-Industrie eine Bedeutung haben.

Durch Oxidation sind die Zuckersäuren, in Form der Mono- oder Dicarbonsäuren erhältlich, die sich wiederum mit Alkoholen verestern lassen.

Auch Tenside werden auf Basis von Zucker hergestellt. Die Zuckertenside zeichnen sich durch besondere Hautfreundlichkeit sowie Umweltverträglichkeit aus.

Eine interessante Herstellungs-Variante von Industrieruß geht von nachwachsenden Rohstoffen, wie Zucker, Stärke und Cellulose aus. Das lange bekannte Verfahren der Verkohlung durch die stark Wasser entziehende konzentrierte Schwefelsäure lässt sich zu einem Prozess kultivieren, der durch Veränderung der Parameter gezielte Ruß-Eigenschaften und durch Kreislaufführungen eine nachhaltige Verfahrens-Variante zur derzeitigen Pyrolyse von schwefelhaltigen Teerölen aus der Erdölindustrie darstellt. Ein vereinfachtes Reaktions-Schema gibt Abbildung 10 wieder. Spezialruße finden weniger in der Reifenproduktion als beispielsweise in der Farbstoff-, Textil- und Lackindustrie ihre Anwendung.

Schon vor über 25 Jahren stieg Brasilien von der reinen Zuckerproduktion verstärkt in die Ethanol-Vergärung zur Kraftstoff-Gewinnung um, nachdem bereits seit vielen Jahren vorher Alkohol-Zusätze zum Sprit üblich waren. Auch wenn sich der 100-prozentige Ersatz nicht durchgesetzt hat, wird heute ein Großteil des Benzins in Brasilien problemlos mit Ethanol aus einheimischen Zuckerrohr-Ernten gestreckt.

Auch die Rum-Produktion aus Rückständen der Zuckerproduktion ist heute lukrativer als die Herstellung und Raffination des Rohstoffes und des Lebensmittels Zucker selbst.

## Zusammenfassung

Die europäische Zuckerindustrie durchlebt derzeit eine schwere Zeit: Der schrittweise Abbau von Subventionen, durch die der Rübenzucker dem Rohrzucker aus tropischen Regionen Paroli bieten konnte, treibt die Rübenbauern und die Zuckerindustrie in

eine existenzielle Enge. Der vielfachen Verwertbarkeit des relativ pflegeleichten Zuckerrohrs steht die anspruchsvolle Zuckerrübe mit seinen Futter-Rückständen gegenüber. Tatsächlich verschiebt sich das Verhältnis von Rohr- zu Rübenzucker in der Weltproduktion immer stärker zum Rohrzucker hin. 1959 waren es noch knapp 60% Rohrzucker, derzeit bereits über 70%. Abbildung 11 zeigt den Verlauf der Weltproduktionen und ihre Relation in den vergangenen Jahrzehnten. An dem abnehmenden Anteil des Rübenzuckers spiegelt sich auch ein Teil der Misere in der Europäischen Zucker-Industrie wieder.

Die Lebensmittel-Branchen werden der Zucker-Wirtschaft nicht weiter unter die Arme greifen können. Da ist das Ende der Fahnenstange erreicht. Der Zucker muss nicht strahlend weiß sein! Es darf mitunter auch etwas weniger sein! Auch der teilweise (!) Ersatz des Zuckers durch Süßstoffe wird sich fortsetzen. Und das gerade in den Industriestaaten-Gemeinden, wie Europa, deren Zucker aus der Rübe gewonnen wird.

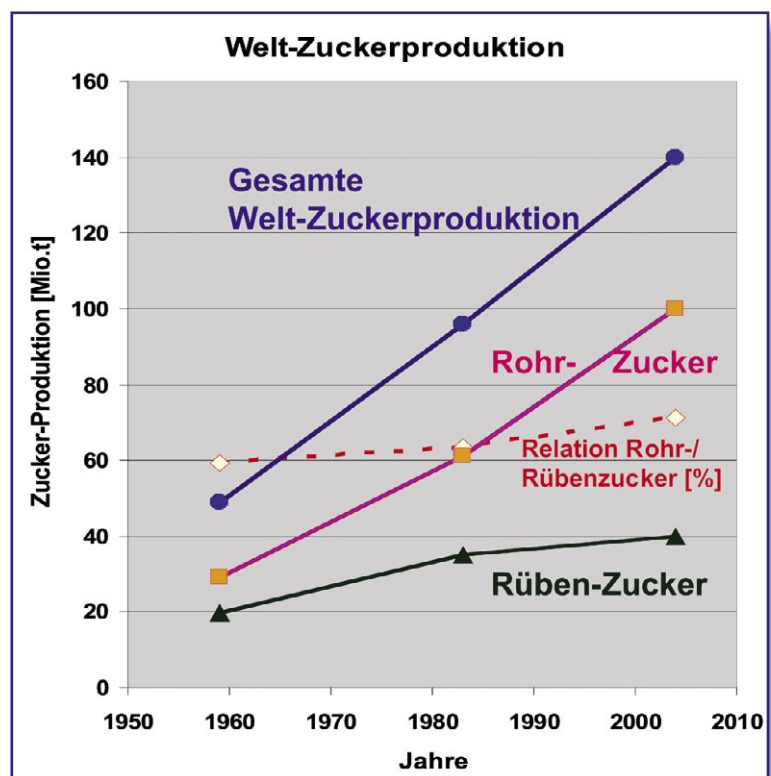
Die Chemie kann sich mit dem nachhaltigen Rohstoff „Zucker“ als Hoffnungsträger hervortun: Die Veresterung mit den Fettsäuren des Rapsöls war beispielsweise ein solch verheißungsvolles Projekt. Die umfangreichere Vergärung zu Kraftstoff-Zusätzen wäre eine weitere Möglichkeit der „Zucker-Veredlung“.

CLB



AUFsätze

Abbildung 11: Unterschiedliche weltweite Zunahme von Rohr- und Rübenzucker.



# Die Zukunft in der Analytik

Heinz-Martin Kuß, Duisburg

In jüngster Zeit tauchen in der Literatur immer wieder Begriffe wie Miniaturisierung, Mikrosysteme, Nanotechnologie auf. Davon ist die Beschreibung analytischer Forschungs- und Anwendungsergebnisse nicht ausgenommen. Die Analysensysteme werden immer kleiner, erfüllen aber in besonderem Maße die Forderungen an die moderne Analytik, wie schnell zu sein, wenig Probenmaterial und Reagenzien zu benötigen, kostengünstig, flexibel und vielseitig einsetzbar zu sein. Trennmethode, wie chromatographische oder elektro-phoretische Systeme eignen sich besonders für die Kompaktlaboratorien, wie sie auch genannt werden. In einigen Jahren können diese Mikrosysteme die klassischen Geräte ersetzen, nur noch sehr komplexe Großgeräte werden in wenigen Laboratorien für Forschungs- und Entwicklungsaufgaben zur Verfügung stehen.

„In vielleicht 10 bis 20 Jahren werden chemisch-analytische Laboratorien gänzlich anders aussehen als heute,“ das war die Quintessenz eines Brainstormings einiger Analytiker über neue Trends in der analytischen Chemie. In den Laboratorien werden die Geräte eingesetzt, die für die gestellten Aufgaben geeignet sind. Da gibt es chromatographische Zentren und Laboratorien für spektroskopische Methoden, elektro- wie auch thermoanalytische Verfahren finden Anwendung. Tischgeräte stehen neben Großgeräten. Wir alle kennen diese Laboratorien, arbeiten wir doch jeden Tag darin. Wie aber kann sich ein solches Laboratorium verändern?

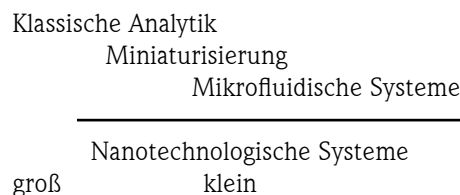
Vor einigen Jahren tauchten in der wissenschaftlichen Literatur Namen wie  $\mu$ -TAS oder mikrofluidische Systeme oder Lab-on-a-chip im Zusammenhang mit analytischen Methoden auf. Noch früher hat das Wort „Miniaturisierung“ von Analysensystemen eine neue Entwicklungsrichtung vorgegeben. Heute reizt die Analytiker die Nanotechnologie, die doch in so vielen Bereichen Einzug hält oder Einzug halten möchte. Trotzdem sind die meisten Laboratorien

noch so, wie wir sie kennen, ausgestattet mit den üblichen Analysengeräten.

Daneben sind wohl die meisten Betreiber von analytischen Laboratorien darauf aus,

- umweltfreundliche Analysenverfahren anzuwenden,
- Mess- und Analysenfehler, so weit es möglich ist, zu vermeiden,
- Kosten zu senken,
- Analysenzeiten zu verkürzen,
- mit immer geringeren Probenmengen auszukommen.
- In vielen Fällen wünscht man die Analyse genau da durchzuführen, wo die Probe anfällt.
- Dann ist Automatisierung gefordert, die nicht immer nur zum Abbau von Arbeitsplätzen eingeführt wird, sondern in vielen Fällen den Mitarbeitern zu höherwertigen anderen Aufgaben verhelfen kann und gleichzeitig die Effizienz der eingesetzten Analysenverfahren erhöhen soll.

Die Veränderung der klassischen analytischen Methoden und Systeme muss dazu dienen, die genannten Forderungen besser erfüllen zu können, als es mit den üblichen Methoden und Analysensystemen möglich ist. Die Analysen werden mit immer kleineren Systemen ausgeführt:



Die **Miniaturisierung** von klassischen Analysenmethoden führt nur zum Teil zum Erfolg. Eine Analysenmethode bleibt bestehen, lediglich die Bauteile werden verkleinert, die methodische Grundlage bleibt erhalten. Die Grenzen sind aber schnell erreicht, wenn nämlich die analytischen Ziele wie Empfindlichkeit, Nachweisgrenze oder Präzision der miniaturisierten Systeme schlechter werden als die der klassischen Methode. Festzuhalten ist, dass die Analysenmethode nicht verändert wird.

Anders ist es bei **mikrofluidischen** System. Hier wird mit Proben- und Messvolumina manipuliert, die bei nur wenigen Mikrolitern bis hin zu Nanolitern liegen können. Damit verlässt man den klassischen Aufbau von Analysengeräten, neue Analysenmethoden werden entwickelt. Vor etwa 20 Jahren sind



## Der Autor

Dr. Heinz-Martin Kuß studierte Chemie an der RWTH Aachen. Er lehrt und forscht auf dem Gebiet Instrumentelle Analytik im Rahmen des Internationalen Bachelor/Master-Studienganges „Wasser: Chemie Analytik Mikrobiologie“ an der Universität Duisburg-Essen, Campus Duisburg. Er ist Mitherausgeber der CLB.



die ersten Arbeiten in dieser Richtung erschienen, wenn sie auch noch nicht für analytische Arbeiten direkt entwickelt worden sind. Damals ging es um Tintenstrahldrucker, für die man eine ganz neue Art finden musste, winzig kleine Flüssigkeitsmengen kontrolliert einzusetzen. Mikrofluidische Systeme finden sich heute im Grenzbereich von Biotechnologie, medizinischer Anwendung, Chemie und mikro-elektro-mechanischen Systemen. Kernstück der Entwicklung ist, winzige Flüssigkeitsmengen zu beherrschen. Im Gegensatz zu miniaturisierten Systemen verfolgt man in mikrofluidischen Systemen ganz neue methodische Ansätze.

Noch konsequenter verfolgt man in der Nanotechnologie die Reduzierung von Proben- und Reagenzienmengen. In Nano- oder sogar Picolitern von Lösungen sollen analytische Untersuchungen durchgeführt werden. In diesem Zusammenhang taucht immer wieder das Wort Lab-on-a-chip auf. Damit sind komplette Analysensysteme oder -laboratorien gemeint, die auf einem Chip Platz haben. Für solche „mikroskaligen Laboratorien“ auf einer Fläche von z. B. einem Quadratzentimeter braucht man vollkommen neue Entwicklungen von Mischern, Pumpen, Ventilen, Detektoren usw.

Allen neuen Entwicklungen ist gemeinsam, die oben aufgestellten Forderungen an die heutige und zukünftige Analytik zu erfüllen. Wie die Forderungen in den einzelnen Stufen erfüllt werden können, soll in diesem Beitrag an Beispielen aufgezeigt werden.

## Miniaturisierung

Analytikern fällt es nicht so schwer, ein Analysensystem für ihr Laboratorium zu akzeptieren, das nach dem schon lange bekannten Analysenprinzip arbeitet aber gleichzeitig die Anforderungen an die moderne Analytik oder zu einem großen Teil erfüllt. In der klinisch-chemischen Analytik sind schon seit ca. 20 Jahren automatisch arbeitende Analysensysteme eingeführt, die auf photometrischen Messungen gefärbter Lösungen beruhen. Wesentliche Ziele dieser Entwicklung waren kurze Analysenzeiten, Höchstmaß an Automatisierung, um Fehler durch das Personal zu vermeiden. Seit wenigen Jahren werden diese miniaturisierten Systeme, bei denen im Volumenbereich bis etwa 100 µL gearbeitet wird, auch z. B. in der Wasser-, Wein- und Getränkeanalytik eingesetzt.

Die zugrunde liegenden Analysenverfahren entsprechen denen in der klassischen Arbeitsweise, lediglich – aber darin steckt das Besondere dieser Systeme – sind alle Operationen wie Abmessen von Proben- und Reagenzienmengen, Transport von Volumina, Mischen von Lösungen, Einhalten von Reaktionszeiten bis hin zur photometrischen Messung optimiert bei hoher Präzision und somit vollkommen automatisiert. Lediglich die Probeneingabe muss

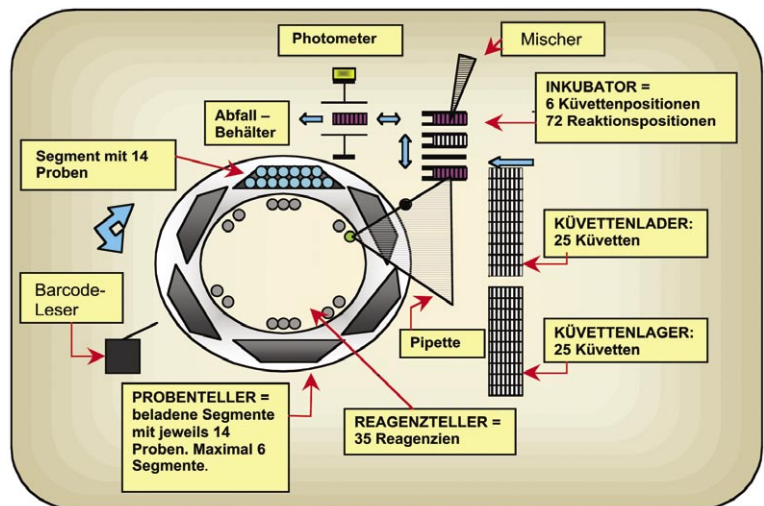
Al	F <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>-</sup>	CSB
B	Cl <sup>-</sup>	SiO <sub>4</sub> <sup>4-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Farbe
Ca	Br	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
Cu		S <sup>2-</sup>		
Fe	CN <sup>-</sup>			
Mg	SCN <sup>-</sup>			
Mn				
Mo				
Zn				
Cr(VI)				

Tabelle 1: Parameter, die mit dem diskreten Analysator Aquakem 250 (Thermo Electron) bisher analysiert werden können.

noch von Hand durchgeführt werden. Aber auch hier gibt es schon „Analysenstraßen“, wo Proben- oder Messlösungen auf einem Transportband zum jeweiligen Messgerät transportiert werden. Auf einem Barcode sind die Analysenanforderungen für jede Probe separat verzeichnet und können von den einzelnen Analysensystemen mittels Barcodelesern aufgenommen werden. Die Proben werden automatisch mit einem Arm vom Band zum Analysengerät transportiert.

Miniaturisierung ist eine gute Voraussetzung für Automatisierung. In Abbildung 1 ist der schematische Aufbau eines diskreten Analysators gezeigt, mit dem photometrisch z. B. eine Vielzahl typischer wasseranalytischer Parameter bestimmt werden kann. Das System erfüllt die gestellten Forderungen, kurze Analysenzeit, geringe Proben- und Reagenzienmengen, hohe Präzision, vollkommen automatisch arbeitendes System. Es ist kompakt, leicht beweglich und vollkommen automatisiert. Bisher sind für die

Abbildung 1: Schematischer Aufbau des diskreten Analysators Aquakem 250 (Thermo Electron) (nach A. Bilic, Universität Duisburg-Essen).



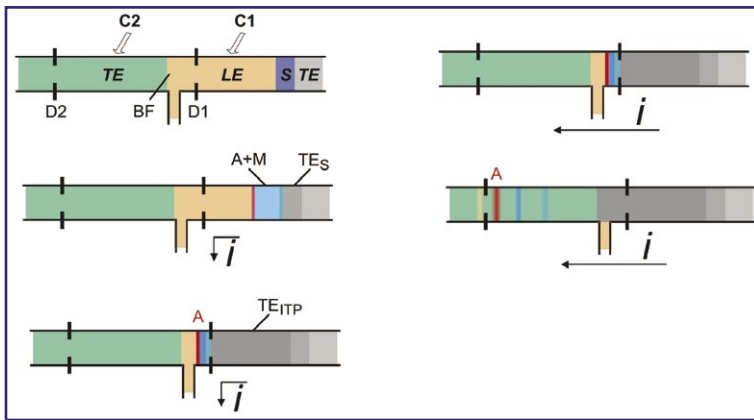


Abbildung 2: Zonenelektrophorese mit isotachophoretischer Probenvorbehandlung (nach D. Kanisansky, Comenius Universität Bratislava). Erläuterungen siehe Text Seite 57.

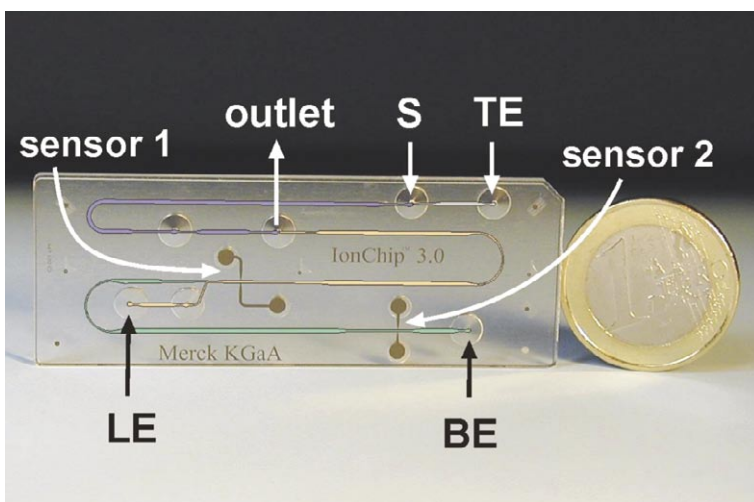
in Tabelle 1 gezeigten Parameter Analysenverfahren entwickelt worden. Für weitere Parameter sind die experimentellen Arbeiten schon abgeschlossen. Die Miniaturisierung führt zu einem kompakten Laboratorium, auch wenn das Gerät selbst dies noch nicht glauben machen will. Es ist in den Ausmaßen noch so groß wie ein übliches Analysengerät. Im Innern befindet sich aber ein miniaturisiertes Analysenlabor. (siehe auch CLB Nr. 03/2004, Aufsatz Kuß, Rütten)

### Mikrofluidische Systeme

Folgt man den Skalierungsgesetzen [1], ist es richtig, die Verkleinerung der Systeme voranzutreiben. Verkleinert man ein Analysensystem um das Zehnfache, kann die Diffusionszeit um den Faktor 100 reduziert werden. Folglich können Reaktionen um den Faktor 100 schneller ablaufen. Damit einher geht auch, dass Probenmengen auf das 1000fache verringert werden

Abbildung 3: Chip für die elektrophoretische Trennung von Ionen oder ionisierbaren Verbindungen mit Leitelektrolyt LE und Folgeelektrolyt (Terminating electrolyte) TE; zwei elektrochemische Sensoren 1 und 2; Probeneingabe S und Aus- oder Eingabe 'outlet'.

Der Chip wurde von der Fa. Merck KGaA hergestellt (nach D. Kaniansky, Comenius Universität Bratislava).



können. Vor etwa 15 Jahren erschien erstmals in der Literatur das Konzept des  $\mu$ TAS = „Miniaturisiertes Totales Analysen-System“. Die Entwicklung von  $\mu$ TAS ging rasant voran. Wenn auch die Optimierung chemischer Reaktionen im Vordergrund stand, griffen Analytiker das Konzept auf und entwickelten  $\mu$ TAS für analytische Aufgaben.

Fließsysteme, wie chromatographische oder elektrophoretische Trennsysteme, eignen sich für das  $\mu$ TAS-Konzept. So ist es kein Wunder, dass gerade die elektrophoretische Trennung schon sehr früh angewandt wurde. Alle ionischen bzw. ionisierbaren Analyten, so wie sie häufig in wässrigen Systemen vorliegen, sind für kapillarelektrophoretische Trennungen gut geeignet.

In der elektrophoretischen Methodik unterscheidet man Isotachophorese (ITP) von Kapillarzonenlektrophorese (CZE). Aufgrund der unterschiedlichen elektrophoretischen Mobilität werden bei der Isotachophorese Ionen oder ionisierbare Analyten in einem elektrischen Feld getrennt. In der ITP werden ein Leit- und ein Folgeelektrolyt eingesetzt. Die Ionen konzentrieren sich in diskreten, engen Zonen zwischen den beiden Elektrolyten und wandern unter dem Einfluss des Feldes mit gleicher Geschwindigkeit durch das System.

In der Kapillarzonenlektrophorese arbeitet man mit einem kontinuierlichen Elektrolyten, was zur Folge hat, dass die Analyten mit unterschiedlicher Geschwindigkeit wandern. Am Ende der Trennstrecke passieren sie z. B. einen elektrochemischen oder spektroskopischen Detektor und führen zu einem peakförmigen Signal. Die Kopplung der Anreicherung mittels Isotachophorese und die anschließende Trennung in der Kapillarzonenlektrophorese ist eine hervorragende Kombination zur Analytik von ionischen oder ionisierbaren Systemen.

Viele anorganische Ionen können bei niedrigem pH-Wert z. B. in Gegenwart hoher organischer Matrixkonzentration getrennt werden [2]. Die Trenneigenschaften der CZE können neben der Einstellung eines entsprechenden pH-Wertes auch noch durch weitere Änderung des Elektrolytsystems optimiert werden. So können Metall-Ligand-Komplexe durch Zufügen eines geeigneten Kations zu dem Trägerelektrolyt verändert werden. Ebenso sind Ionenpaarbindungen geeignet, Analyten oder Matrixkomponenten so zu verändern, dass es zur Änderung der Mobilitäten der zu trennenden Spezies kommt. Auch durch Wechselwirkung anorganischer Anionen mit elektroneutralen oder positiv geladenen Polymeren kann es zu verbesserten Trennungen kommen.

So eignet sich z. B. bei der Trennung von anorganischen Anionen mittels ITP und CZE  $\alpha$ -Cyclodextrin als Einschlussreagenz und führt zu einer erheblichen Verbesserung der Auflösung bei der Trennung. Die Mobilität der Ionen kann auch durch Zusatz einer oberflächenaktiven Substanz zum Trägerelektrolyten

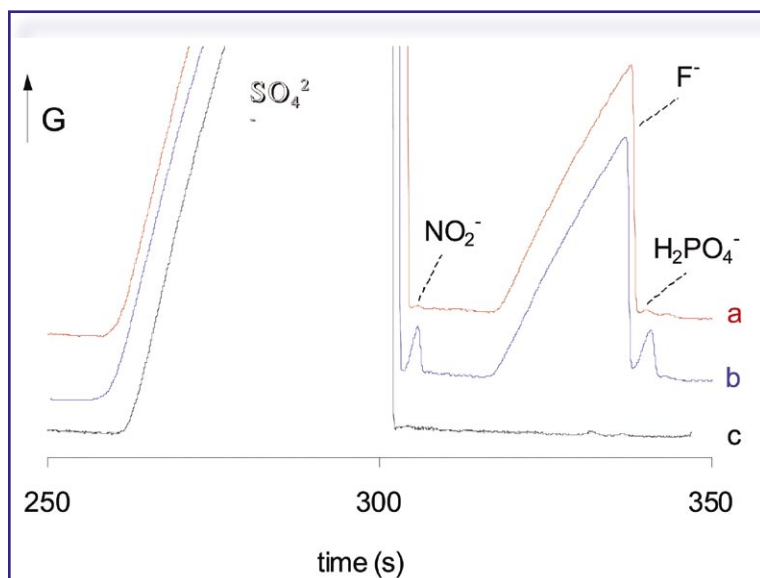


Abbildung 4: ITP-CZE eines Mineralwassers (nach D. Kaniansky, Comenius Universität Bratislava).

verändert werden, wie z. B. 3-(N,N-dimethyldodecylamino)propansulphonat (DDAPS), das zu einer erheblichen Verbesserung bei der CZE-Trennung von anorganischen Anionen führt.

ITP eignet sich hervorragend zum Aufkonzentrieren von Analyten vor einer nachfolgenden Trennung und Detektion und bietet sich daher als eine viel versprechende Alternative für spurenanalytische Anwendungen an [3]. Ionogene Matrixkonzentrationen bis zum  $10^7$ -fachen relativ zur Analytkonzentration können so noch erfolgreich abgetrennt werden, geringe Nachweisgrenzen sind möglich, wenn leistungsstarke Detektoren eingesetzt werden können.

Betrachten wir die elektrophoretische Trennung im Einzelnen, dann sind folgende Schritte zu miniaturisieren:

- Probenvorbereitung
- Probenaufschluss und Derivatisierung der Analyten
- Aufkonzentrieren der Analyten
- Trennung in einer Trennstrecke
- Detektion

In vielen Fällen sinnvoll ist die Kopplung der isotachophoretischen Probenvorbereitung, d.h. Aufkonzentrierung und Aneinanderreihung entsprechend der Mobilität der Ionen zwischen Leit- und Folgeelektrolyt, und der anschließenden Trennung mittels Kapillarzonenelektrophorese, wie es in Abbildung 2 gezeigt ist. TE sind die Folgeelektrolyten oder Terminalen Elektrolyten und LE ist der Leit- oder Leading Elektrolyt. Die Probe S wird zwischen LE und TE im rechten Teil der Trennstrecke eingeführt. Um den Folgeelektrolyten auf der linken Seite der Trennstrecke nicht aus dem System zu entfernen, folgt der Stromfluss im ersten Teil der Analyse dem rechtwinkligen Verlauf, bis der Leitelektrolyt aus dem System entfernt ist. Dann folgt die CZE zur Auftrennung der kompakt zusammenhängenden Ionen.

Abbildung 3 zeigt einen Chip, der aus zwei Kunststoffplatten zusammengesetzt ist. Die ersten Versuche wurden mit Quarzplatten durchgeführt. Jedoch hat man unter Berücksichtigung des Zieles, auch die Kosten zu senken, von diesem Material Abstand genommen und Kunststoffplatten in Form eines Sandwichs zusammengesetzt. Dadurch sinken die Kosten für einen Chip auf wenige Euro. Das Ergebnis der elektrophoretischen Trennung ist dann immer ein peakförmiges Signal wie es in Abbildung 4 beispielhaft für die Trennung von Anionen in einem Mineralwasser gezeigt ist.

Die Peaks haben die typische Form, langsam ansteigend mit einem sehr steilen Abfall bei höheren

Zeiten. Auch kleine Signale können neben sehr großen Signalen gut getrennt detektiert werden. Durch Variation und Optimierung des Elektrolyten lassen sich die Peaks weiter voneinander trennen. Durch die Einschlusskomplexierung (Gast-Wirt) mittels einer geeigneten Substanz z. B.  $\alpha$ -Cyclodextrin lassen sich die Migrationszeiten individuell verändern und damit die Trenneigenschaften verbessern.

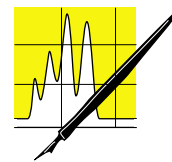
Zu dem Chip gehören lediglich noch eine Pumpeinheit für die verschiedenen Lösungen und die elektrische Einheit für die beiden Detektoren. Man kann mit Recht sagen, dass der Chip ein „Laboratorium“ für die Analytik von Ionen und ionisierbaren Verbindungen ist.

Der Trend geht also eindeutig zu kleinen und immer kleiner werdenden Analysensystemen. In einigen Jahren werden die klassischen Chromatographen durch Chipsysteme, wie sie heute schon auf dem Markt sind, zum großen Teil ersetzt sein.

Wie könnte also ein Labor der Zukunft aussehen? Einerseits werden Mikrosysteme im Nanoliterbereich eingesetzt. Wegen der kleinen Abmessungen eignen sie sich auch als Vor-Ort-Analysensysteme. Andererseits werden hoch komplexe Analysensysteme für extreme Aufgaben gerade in der Forschung eingesetzt, die sich möglicherweise nur große analytische Zentren leisten können. Die Zukunft der Analytik hat begonnen. **CLB**

#### Literatur:

- [1] A. Manz, J.C. Eijket, Pure Appl. Chem. 73, 1555 (2001)
- [2] D. Kaniansky, M. Masár, J. Marák, R. Bodor, J. Chromatogr. A 834, 133-178 (1999)
- [3] M. Hutta, D. Kaniansky, E. Simunicová, V. Zelenská, V. Madajová, A. Sisková, J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles, 163, 87-98 (1992)



AUFSÄTZE

# Moleküle, die sich selbst vermehren

Insa Reimold-Stahl, Malte Reimold, Bochum

Methan, Wasserstoff, Ammoniak und Wasserdampf setzte Stanley Miller in einer eigens dafür entwickelten Apparatur gewaltigen elektrischen Entladungen aus und stellte mit diesem Experiment die Prozesse der Uratmosphäre nach. Bestätigt sah er sich durch das Ergebnis: Aminosäuren, die Grundbausteine der Proteine, hatten sich gebildet. Auch wenn sein Experiment aus dem Jahre 1953 den heutigen Vorstellungen über die Bedingungen der Uratmosphäre nicht mehr entspricht, begründete er damit doch die präbiotische Chemie als Forschungsrichtung: Heute geht es den Forschern weniger um die Bausteine selbst als um das „Bauprinzip des Lebens“. In der CLB haben bereits die Artikel „Künstliche Chemie“ (12/2003 und 01/2004) sowie „Das kleinste Genom“ (01 und 02/2003) diese Thematik berührt.

Die Suche nach möglichen Entstehungswegen für das Leben auf der Erde beschäftigt die Forschung seit jeher. Ziel der präbiotischen Chemie ist es, die Entstehung des Lebens auf chemischem Niveau schrittweise nachzuvollziehen. Wie konnten etwa die Grundbausteine des Lebens, zum Beispiel die DNA-Erbmoleküle, entstehen?

Lebende Systeme müssen sich selbst erhalten und optimieren können. Damit eine Evolution im Sinne Darwins möglich ist, müssen sie aber auch in der Lage sein, sich verändernden Umweltsituationen anzupassen. Entsprechende Systeme können sich vervielfachen (selbstreplizieren) und spontan verändern (mutieren). Typisch für selbstreplizierende Reaktionssysteme ist, dass die Reaktionsprodukte ihre eigene Bildung nicht nur beschleunigen (katalysieren) können, sondern dass während der Reaktion auch Informationen übertragen werden. Die Reaktionsprodukte besitzen einen größeren Informationsgehalt als ihre Ausgangsbausteine (Vererbung der Information).

Bei der einfachsten Variante eines selbstreplizierenden chemischen Systems können bestimmte

## Die Autoren

Dr. Insa Reimold-Stahl befasst sich am Lehrstuhl für bioorganische und supramolekulare Chemie an der Ruhr-Universität Bochum mit der Analyse und Klassifizierung selbstreplizierender Minimalsysteme auf der Grundlage einer Diels-Alder-Ligationschemie sowie mit der NMR-spektroskopischen Analyse erkenntungsgesteuerter Reaktionen.

Dr. Malte Reimold am selben Lehrstuhl untersucht die Vervielfältigung von DNA-Nanostrukturen auf Chips, stellt reaktive Polyacrylamid-Gele her, untersucht die Synthese von DNA Dendrimer-Konjugaten und schafft visuelle Präsentationen der Forschung. Der Artikel erschien ähnlich in dem Magazin der Ruhr-Universität Bochum (Rubin).

Erkennungsstellen der beiden Ausgangsmoleküle A und B an die entsprechenden Erkennungsstellen des Moleküls C binden, das wie eine Matrize (Templat) wirkt (siehe Abbildung 1a). Verbinden sich alle drei Moleküle, dann entsteht ein termolekularer Komplex ABC. Dabei handelt es sich um eine reversible Reaktion, bei der sich die freien Moleküle A, B sowie C und der Komplex ABC im Gleichgewicht befinden. Durch die Ausbildung des Komplexes ABC gelangen die reaktiven Zentren von A und B in räumliche Nähe zueinander, was eine Reaktion zwischen ihnen begünstigt. Das Produkt dieser irreversiblen Reaktion stellt eine Kopie des Moleküls C dar. Somit entsteht aus dem termolekularen Komplex ABC durch Verknüpfung von A und B ein Komplex  $C_2$  aus zwei Molekülen C. Dieser Templatduplex  $C_2$  kann in einer weiteren Gleichgewichtsreaktion in die einzelnen Template C zerfallen. Jedes dieser freien Moleküle steht wieder als Matrize für einen weiteren Reaktionszyklus zur Verfügung.

In der Literatur sind selbstreplizierende Systeme auf der Grundlage unterschiedlicher Verbindungen beschrieben. So kann das Templat C etwa ein Biopolymer sein, also ein großes Molekül, das aus einer Kette gleichartiger Untereinheiten besteht. Beispiele hierfür sind DNA-Erbmoleküle oder Peptide, aus denen beispielsweise Enzyme aufgebaut sind. Neben diesen aus der Natur abgeleiteten Systemen gibt es auch künstliche Systeme. Unter bestimmten Voraussetzungen zeigen sie das Verhalten selbstreplizierender Reaktionssysteme.

Die Untersuchung solcher nicht natürlicher (artificialer) selbstreplizierender Systeme ist ein Bereich unserer Forschung. Als Bausteine setzen wir kleine Moleküle, bestehend aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Stickstoff, ein (Abbildung 1b), die sich mit Methoden der präparativen organischen Chemie herstellen lassen. Für die Verknüpfung der Ausgangskomponenten A und B zum Produkt C erwies sich bei unseren Untersuchungen die „Diels-Alder-Reaktion“ als vorteilhaft: Sie kommt ohne zusätzliche Hilfsagenzien aus und läuft in einem Schritt ab. Für die Entdeckung dieser in der organischen Chemie wichtigen Reaktion erhielten die deutschen Chemiker Otto Paul Herrmann Diels und Kurt Alder 1950 den Nobelpreis.



Das Titelbild ist eine Computergrafik des Miller'schen Experiments (alle Abbildungen: Uni Bochum).



Während bei bisherigen Studien vor allem möglichst effiziente selbstreplizierende Systeme gesucht wurden, wollen wir in erster Linie die Prinzipien und Eigenschaften eines solchen Systems nachvollziehen und verstehen.

## Methodik erlaubt „Blick“ auf das Reaktionsgeschehen

Diese Aufgabe setzt eine spezielle Methodik voraus, mit der wir die jeweiligen Reaktionen verfolgen können. Als analytische Methode dient uns die Magnetische Kernresonanzspektroskopie ( $^1\text{H}$ -NMR-Spektroskopie), ein Messverfahren, das ein Spektrum charakteristischer Signale für die in den untersuchten Molekülen enthaltenen verschiedenen Wasserstoffatome liefert. Die Position eines Signals bezeichnet man als chemische Verschiebung  $\delta$ , die in der Einheit ppm (parts per million) angegeben wird. Die durch ein Signal begrenzte Fläche (Integral) stellt ein Maß für die relative Anzahl der Wasserstoffatome dar, die für dieses Signal verantwortlich sind (siehe Abbildung 2a). Messungen der Probenlösung in bestimmten Zeitabständen zeigen, wie die Signale eines bei der Reaktion verbrauchten Moleküls mit der Zeit abnehmen. Entsprechend verstärken sich die Signale eines bei der Reaktion neu gebildeten Moleküls. Je stärker ein Signal ist, desto höher ist auch die Konzentration des entsprechenden Moleküls in der Probenlösung. Die Auswertung der Reaktion erfolgt anhand von Konzentrations-Zeit-Kurven, die wir durch die Bestimmung der Integrale in Abhängigkeit von der Reaktionszeit erhalten (siehe Abbildung 2b).

Für selbstreplizierende Systeme ist ein S-förmiger Kurvenverlauf typisch. Die Bildung des Reaktionsprodukts verläuft zunächst langsam, da nur die Ausgangsbauusteine vorliegen. Erst wenn ein Produkt gebildet wurde, kann dieses die Produktion weiterer Moleküle durch seine katalytische Wirkung beschleunigen. Reaktionen ohne Templatbeteiligung verlaufen wesentlich langsamer als solche, bei denen ein Produkt aus den Bausteinen A und B unter Beteiligung eines Templatmoleküls gebildet wird. Gegen Ende der Reaktion flacht die Produktbildungskurve wieder ab, da die Ausgangskomponenten nur in begrenzter Menge vorliegen und schließlich fast vollständig verbraucht sind (siehe Abbildung 2b).

Die Konzentrations-Zeit-Kurven einer Reaktion liefern uns Informationen über das zugrunde liegende selbstreplizierende System. Um dieses analysieren zu können, stellen wir zunächst ein Reaktionsmodell auf, das die einzelnen Reaktionsschritte, aus denen sich die Gesamtreaktion zusammensetzt, umfasst. Mit Hilfe spezieller Computerprogramme berechnen wir dann entsprechend des gewählten Reaktionsmodells theoretische Konzentrations-Zeit-Kurven. Durch eine Variation der Geschwindigkeitskonstanten der

einzelnen Reaktionsschritte passen wir diese an die experimentellen Kurvenverläufe an („Fitting“). Als Ergebnis erhalten wir die Geschwindigkeitskonstanten, die zu der besten Übereinstimmung von experimentellen und berechneten Kurven geführt haben. Ein solches „Fitting“ setzt voraus, dass das gewählte Modell für die Reaktion geeignet ist. Für die Auswertung kinetischer Experimente haben wir ein spezielles Programm (SimFit) entwickelt, auf das auch andere Arbeitsgruppen bei der Analyse komplexer Reaktionssysteme zurückgreifen. Anhand der Geschwindigkeitskonstanten charakterisieren wir die einzelnen Reaktionsschritte des betrachteten Systems: So lässt eine größere Geschwindigkeitskonstante auf eine schnellere Reaktion schließen. Wir überprüfen die erhaltenen Daten, indem wir möglichst viele dieser Parameter durch unabhängige Experimente bestimmen und mit den Ergebnissen der Gesamtauswertung vergleichen.

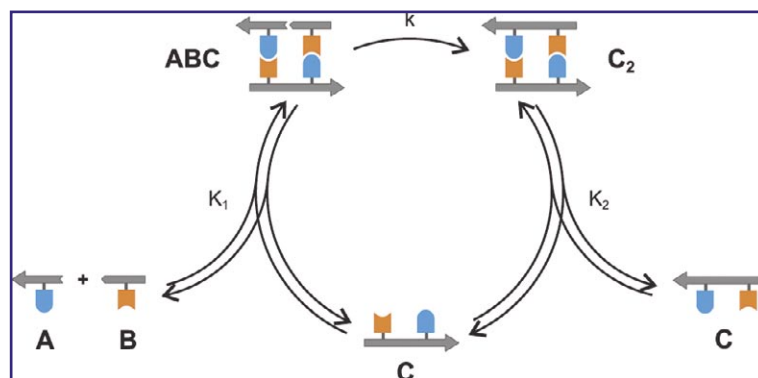
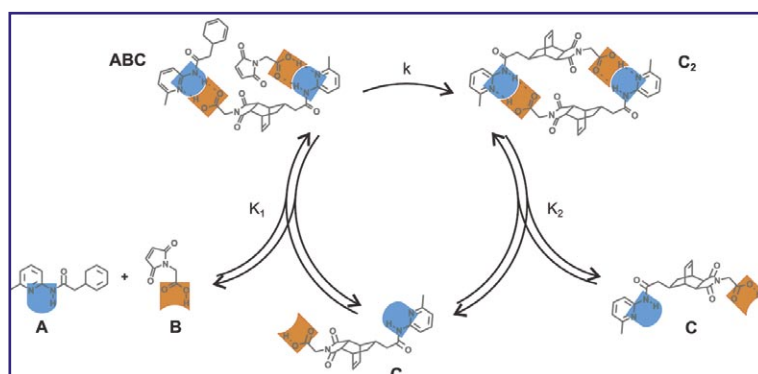


Abbildung 1a (oben):

Schema eines selbstreplizierenden Systems: Das Produktmolekül C katalysiert die eigene Bildung, indem es die Bausteine A und B bindet. Dadurch gelangen A und B in räumliche Nähe zueinander und verknüpfen sich zu einem weiteren Molekül C.

Abbildung 1b (unten):

Das selbstreplizierende System: Die Ausgangskomponenten A und B sind unterschiedliche, kleine Moleküle, die sich zum Produktmolekül C verknüpfen. Dabei wirkt C als Matrize, indem es die beiden Ausgangskomponenten bindet. Es entsteht der termolekulare Komplex ABC. Im nächsten Schritt werden die beiden Moleküle A und B zu einem weiteren Produktmolekül C verknüpft. Da A und B während dieses Schrittes zugleich an die Matrize gebunden sind, bildet sich ein Komplex C2 (Die Bindungsstellen von A und B an C beziehungsweise von C an C sind entsprechend Abbildung 1a farbig hinterlegt).



## Spezielles Programm für komplexe Systeme

Für den Reaktionsverlauf selbstreplizierender Systeme ist die Bildung verschiedener Molekülkomplexe von Bedeutung. Neben den Komplexen ABC und  $C_2$  (siehe Abbildung 1a), berücksichtigen wir für eine detailliertere Betrachtung der Reaktion und die Aufstellung eines entsprechenden Reaktionsmodells weitere Komplexe wie AC, BC aber auch AB. Die Stabilität solcher Komplexe wird durch eine Stabilitätskonstante beschrieben, die wir aus den Geschwindigkeitskonstanten für die Bildung und den Zerfall des jeweiligen Komplexes berechnen. Von den Stabilitäten der an der Reaktion beteiligten Komplexe und deren Verhältnis zueinander hängt ab, welche Eigenschaften ein selbstreplizierendes System besitzt. Diese Zusammenhänge zu kennen, ist daher für die nähere Klassifizierung des betrachteten Systems ungemein wichtig.

Die Bildung unterschiedlicher Komplexe im Verlauf der Reaktion wirkt sich auf die Signale in den NMR-Spektren aus: So ändern bestimmte Signale während einer Reaktion ihre Lage im Spektrum, das heißt, ihre chemische Verschiebung  $\delta$  ändert sich. Wir lesen daran ab, dass im Verlauf der Reaktion bestimmte Bausteine in unterschiedlichen Spezies vorkommen. Betrachten wir etwa ein Signal eines Wasserstoffatoms in A, so hat dieses eine bestimmte chemische Verschiebung  $\delta_A$ . Liegt A in einem Komplex mit B (AB) oder C (AC) vor, so liefert dieses Wasserstoffatom eine jeweils andere Signallage  $\delta_{AB}$  beziehungsweise  $\delta_{AC}$ . Ändern sich bei einer Reaktion

Abbildung 2a: Was die Reaktionslösung mithilfe der NMR-Spektroskopie signalisiert: Mit fortschreitender Reaktionsdauer nehmen die Signale der Ausgangskomponenten des selbstreplizierenden Systems (Baustein A, rot) ab und die Produktsignale zu. Bestimmte Signale verändern ihre Lage im Spektrum (chemische Verschiebung  $\delta$ ). Das erste Spektrum, das die Situation zu Beginn der Reaktion wiedergibt, ist farbig (blau) hervorgehoben. Die rot dargestellten Flächen (Integrale) stellen ein Maß für die Anzahl der Wasserstoffatome dar, die für das entsprechende Signal verantwortlich sind (Ausschnitt des Gesamtspektrums).

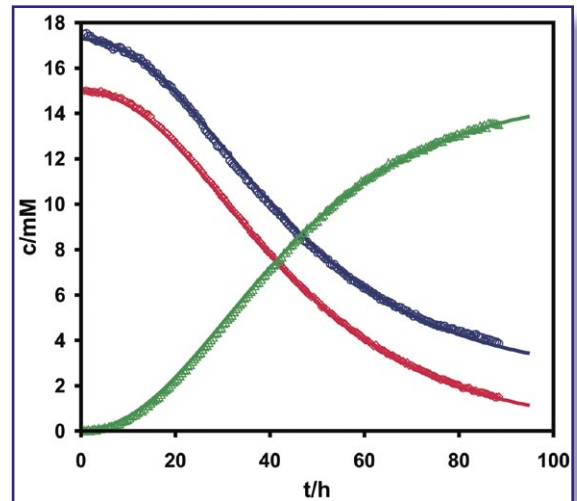
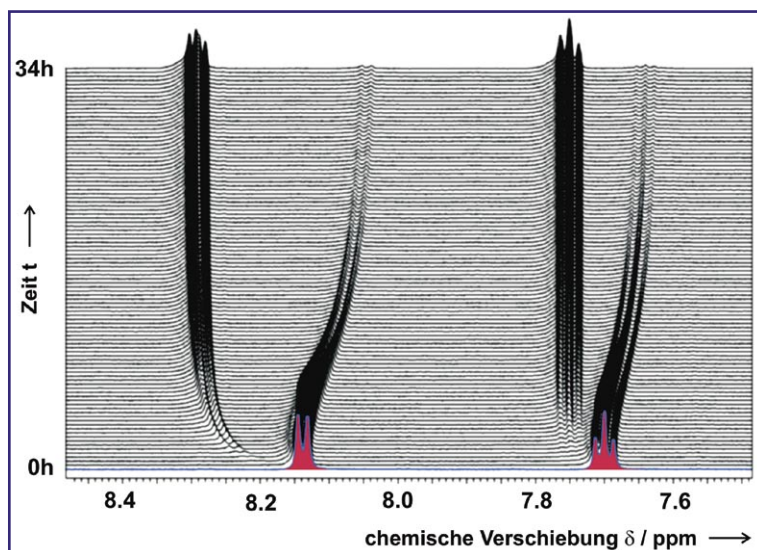


Abbildung 2b: Konzentrations-Zeit-Kurven: Die Größe des Integrals der betrachteten Signale nach unterschiedlichen Reaktionszeiten zeigt die zeitliche Entwicklung der Konzentrationen im Verlauf der Reaktion. Auch hier wird deutlich, dass die Ausgangskomponenten in der Reaktionslösung abnehmen, während die Konzentration des Produkts in gleichem Maß ansteigt (S-förmige Kurve).

ständig die Zusammensetzung der Reaktionslösung und somit auch die Verhältnisse der Spezies, an denen A beteiligt ist (im Beispiel A, AB und AC), dann wird man für das betrachtete Wasserstoffatom in A ein Signal  $\delta_{\text{beobachtet}}$  erhalten: Es stellt eine Mittelung der Werte für  $\delta$  dar, die für die jeweils reinen Spezies beziehungsweise Komplexe A, AB, und AC gelten. Dies ist der Fall, wenn die Lebensdauer der einzelnen Spezies sehr kurz ist, so dass wir keine separaten Signale erhalten können. Auf der Grundlage dieser „kinetischen Titration“ berücksichtigen wir nicht nur die Größe der Signale in den NMR-Spektren, sondern auch die Änderung der chemischen Verschiebungen bestimmter Signale.

## „Ein Ding“ mit zwei Gesichtern

Bei der Untersuchung selbstreplizierender Systeme sind wir an verschiedenen Fragestellungen interessiert. So ist eine der Ausgangskomponenten (A) des Systems in Abbildung 1b chiral, das heißt sie kommt in zwei unterschiedlichen Formen (AR und AS) vor, die sich in der Anordnung ihrer Atome wie Bild und Spiegelbild verhalten. Wollte man beide Moleküle aufeinander legen, so ließen sie sich, vergleichbar einer rechten und linken Hand, nicht zur Deckung bringen (Chiralität, auch Händigkeit). Beide Formen haben mit Ausnahme der optischen Aktivität dieselben chemischen und physikalischen Eigenschaften und sind daher in den NMR-Spektren nicht zu unterscheiden. Aufgrund der zwei verschiedenen Formen AR und AS können jedoch zwei Produkte entstehen, je nachdem, ob die eine oder die andere Form des Ausgangsbausteins A mit dem Baustein B verknüpft worden ist. Auch wenn sich AR und AS in den che-

# CLB – Memory

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

Februar 2006

## Deutsche Gesellschaft für Psychologie plant Test für Studieneignung Alternative zum Auswahlgespräch

**D**ie Hochschulen in Deutschland haben die Wahl: Seit der Novelle des Hochschulrahmengesetzes (HRG) von 2004 steht es ihnen frei, ihre Studierenden auch in den NC-Fächern wie Medizin und Psychologie zu einem großen Prozentsatz selbst auszuwählen. Vorgeschrieben ist lediglich, dass die Abiturnote einen maßgeblichen Einfluss haben muss. Doch zu der Abiturnote können weitere Auswahlkriterien hinzukommen. In manchen Bundesländern ist dies sogar zwingend vorgeschrieben.

Damit ändert sich die Auswahl der Studierenden grundlegend. Die fachspezifische Eignung für ein Studium wird nun bedeutsam und die allgemeine Eignung (Abiturnote) tritt ein Stück weit zurück. Hatten bisher die Abiturbesten die begehrtesten Studienplätze bekommen, werden künftig auch Bewerberinnen und Bewerber eine Chance erhalten, die für ein bestimmtes Fach geeignet sind, ohne mit Bestnoten aufwarten zu können.

Aber wie kann man die Eignung für ein Studium feststellen? Viele denken dabei zunächst an das Auswahlgespräch und haben die Hoffnung, aus den Antworten auf mehr oder weniger standardisierte Fragen auf die Motivation und Eignung der Bewerberinnen und Bewerber schließen zu können. Doch die hohe subjektive Gewissheit, die „Richtigen“ im persönlichen Gespräch erkennen zu können, ist

trügerisch. Studienergebnisse aus Deutschland und den USA zeigen, dass Auswahlgespräche nur einen sehr bescheidenen Beitrag zur Verbesserung der Vorhersage des späteren Studienerfolgs leisten können. Auswahlgespräche sind für alle Beteiligten sehr aufwändig, insbesondere für die Bewerberinnen und Bewerber, die bei den heute üblichen Mehrfachbewerbungen zu jedem einzelnen Gespräch extra anreisen müssen. Auswahlgespräche sind leicht trainierbar, da davon auszugehen ist, dass die Fragen schnell bekannt werden. Im Gespräch haben die sprachlich Gewandteren die besseren Chancen. Damit erhöht sich die Gefahr einer noch stärkeren sozialen Selektion, die ohnehin in Deutschland stark ausgeprägt ist. Was sind die Alternativen? Wie lässt sich eine wissenschaftlich begründete und gesellschaftlich verantwortbare Auswahl gestalten, die eine gegenseitige Passung von Studienfach und Bewerberinnen und Bewerbern fördert?

Die Deutsche Gesellschaft für Psychologie e.V. (DGPs), die in Forschung und Lehre tätigen Psychologinnen und Psychologen in Deutschland vertritt, schlägt Studierfähigkeitstests vor, wie sie auch in den angloamerikanischen Ländern erfolgreich eingesetzt werden. Studierfähigkeitstests sind neben der Abiturnote am besten zur Vorhersage des Studienerfolgs geeignet. Sie sind objektiv, für alle Beteiligten ökonomisch und anforderungsbezogen, da sie gezielt die

fachliche Eignung für ein Studieneinfach prüfen. Durch internet-gestützte Beispielaufgaben können sich zudem alle Bewerber und Bewerberinnen im Vorfeld mit den Anforderungen vertraut machen.

Prof. Dr. Olaf Köller und Prof. Dr. Oliver Wilhelm von der HU Berlin haben für das Fach Psychologie einen Studierfähigkeitstest entwickelt, der als Modell auch auf andere Studienfächer übertragbar ist. Der Test besteht aus vier Modulen, die spezifische Anforderungen für das Psychologiestudium erfassen. Er soll dezentral an einem Tag im November an allen beteiligten Studienorten gleichzeitig durchgeführt werden. Die Testaufgaben werden fortlaufend neu entwickelt, so dass ein „Aufgabenklau“ nutzlos ist: Jeder neue Bewerbungsjahrgang startet somit unter den gleichen Voraussetzungen. Die Testergebnisse sollen zentral durch die ZVS in die Bewerbungen eingefügt und den Hochschulen zur Verfügung gestellt werden. Die Institute haben dabei die Möglichkeit, im Rahmen ihrer Profilbildung einzelne inhaltliche Module des Tests spezifisch zu gewichten. Die Vorteile eines solchen Verfahrens liegen auf der Hand: Die Bewerber brauchen nur einen Test zu absolvieren und qualifizieren sich damit für alle am Verfahren beteiligten Studienorte, die sie dann nach ihren Vorlieben auswählen können. Und vor allem: Der Test ist objektiv und wählt diejenigen aus, die für das getestete Studienfach am besten geeignet sind.

## Nützliche Ratgeber 59 – 64

# Arbeitsschutz, Umwelt und Ausbildung

## Manipulierte Schutzeinrichtungen

Manipulierte Schutzeinrichtungen sind Arbeitsschutzexperten zufolge ein weit verbreitetes Risiko für die Sicherheit der Beschäftigten in Deutschland. Das ist das Ergebnis eines Reports zu Manipulationen an Maschinen, den der Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG) jetzt veröffentlicht hat. Demnach sind mindestens 37 Prozent aller stationären Industriemaschinen ständig oder vorübergehend betroffen: Schutzeinrichtungen werden absichtlich unwirksam gemacht – zum Beispiel, um die Arbeit zu erleichtern oder zu beschleunigen.

Zwar weisen die Statistiken der Berufsgenossenschaften Unfälle aufgrund von Manipulationen nicht direkt aus. Aber: „Die Zahlen für die Jahre 1998 bis 2004 zeigen, dass sich mehr als 400 000 Unfälle an scheinbar fehlerfrei arbeitenden Maschinen ereigneten“, erklärt Dr. Walter Eichendorf, stv. HVBG-Hauptgeschäftsführer. Das

sind 60 Prozent aller Unfälle an stationären Industriemaschinen.

Zwischen September 2003 und Dezember 2005 haben berufsgenossenschaftliche Forscher Informationen zur Häufigkeit von Manipulationen an Schutzeinrichtungen in den Betrieben gesammelt, die Gründe analysiert und Lösungen für das Problem erarbeitet: technische, organisatorische, psychologische und ergonomische. Mehr als 200 aktuelle Manipulationsfälle wurden dabei im Detail erfasst. Von den Ergebnissen zeigt sich Dr. Kai Lüken, verantwortlicher Projektleiter im Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitsschutz (BGIA), beunruhigt: „Die große Mehrzahl der manipulierten Maschinen ist neueren Baujahrs und trägt ein CE-Zeichen! Wir haben es hier also nicht mit veralteter Technik zu tun.“ Besonders erschreckend sei zudem, dass der Maschinenlieferant die Möglichkeiten zu manipulieren teilweise selbst aufzeige und sogar

das Manipulationswerkzeug, zum Beispiel Schlüssel, mitliefern.

Um die Situation zukünftig zu verbessern, liefern die Arbeitsschützer konkrete Handlungsempfehlungen, wie Manipulation zu verhindern ist. Die Präventionsvorschläge reichen von Schulungsmaßnahmen, über entsprechende Normenänderungen bis hin zur Schaffung eines Forums, in dem sich Konstrukteure, Anwender und Arbeitsschützer austauschen können. Der Report enthält außerdem umfangreiche Informationen zur Verantwortlichkeit und Haftung bei manipulierten Maschinen.

Den Report „Manipulation von Schutzeinrichtungen an Maschinen“ haben das Berufsgenossenschaftliche Institut für Arbeitsschutz (BGIA), das Berufsgenossenschaftliche Institut Arbeit und Gesundheit (BGAG) und die Metallberufsgenossenschaften erarbeitet. Er steht unter [www.hvbg.de](http://www.hvbg.de), Webcode 1855742 zum Download bereit.

## EIGA-Award für unfallfreies Arbeiten

Gleich zwei Auszeichnungen für unfallfreies Arbeiten hat die Air Liquide Deutschland GmbH vom europäischen Industriegasverband EIGA (European Industrial Gases Association) erhalten. Auch die Indolor Chemie GmbH aus Bitterfeld präsentiert eine vorbildliche Lösung für die Sicherheit der Mitarbeiter.

Beide Sicherheits-Auszeichnungen, mit denen die EIGA vorbildliche Unternehmensleistungen rund um Arbeitssicherheit und Unfallverhütung ehrt, gingen in diesem Jahr nach Ostdeutschland: Der Air Liquide-Standort in Bernburg, an dem das Unternehmen einen Steamreformer zur Erzeugung von Wasserstoff betreibt, erhielt den EIGA-Award in Silber, eine Sicherheitsauszeichnung in Bronze ging

an das Kunden-Service-Center des Unternehmens in Erfurt.

Dem Thema Sicherheit wird bei Air Liquide große Priorität beigemessen. So gibt es spezielle Programme und Aktionen, wie jetzt im Frühjahr beispielsweise einen konzernweiten Sicherheitsmonat. Nach dem Motto „Null Unfälle“ sollen interne Aufklärungskampagnen die Aufmerksamkeit und das professionelle Handeln an allen Arbeitsplätzen weiter steigern und somit die bereits sehr gute Unfallstatistik noch deutlicher unter den Branchendurchschnitt senken.

Bei der Indolor Chemie GmbH, die seit 1997 in einer modernen Anlage Flüssigpolymere produziert, wurde nach einer Gefährdungsbeurteilung festgestellt, dass bei der Probenahme aus den Tankcontai-

nern eine Unfallgefahr insbesondere bei Regenwetter und im Winter bestand. Zusammen mit dem zuständigen technischen Aufsichtsbeamten der BG Chemie wurde eine bauliche Lösung erarbeitet und in die Tat umgesetzt. Von einer neu installierten Stahlbaukonstruktion aus kann der Fahrer des Tankfahrzeugs nun über eine sichere Außentreppe und ein Schlepp-Podest den Tankcontainer direkt am Domdeckel besteigen. Ergänzt wird die Konstruktion durch eine Grün-Rot-Grün-Ampel, die dem Fahrer die richtige Positionierung seines Fahrzeugs erleichtert. Die Anstrengungen auf dem Gebiet der Arbeitssicherheit machen sich bezahlt. Seit Aufnahme der Produktion im Jahre 1997 arbeitet das Unternehmen unfallfrei.



## Innovationen bei Solar-Zellen und -Modulen

Die Photovoltaik-Branche boomt mit Wachstumsraten von jährlich etwa 30 Prozent. In den letzten Jahren wurde die Fertigungskapazität mit modernen Produktionsstätten für Solarsilicium, Solarzellen und Solarmodule deshalb enorm ausgeweitet. Doch die Großserienproduktion alleine kann die Wettbewerbsfähigkeit der Photovoltaik nicht sicherstellen. Innovationen im Fertigungsverfahren und neue Konzepte zur Material- und Energieeinsparung sind gefragt.

Die etablierte Silicium-Wafer-Technologie bietet weiterhin großes Entwicklungspotenzial: Indem die Leistungsausbeute pro Gramm Silicium deutlich gesteigert wird, können die Kosten sinken. Der Trend geht zu immer dünneren, großformatigeren und effizienteren Silicium-Wafern. Die Verschaltung dieser neuen Generation von Solarzellen verlangt auch nach

neuen Verfahren. Je mehr produziert wird, umso entscheidender ist außerdem die Entwicklung effizienter Fertigungstechniken.

Dünnschicht-Solarzellen entstehen in einem anderen Herstellungsverfahren als die konventionellen Solarzellen auf Basis von Silizium-Scheiben. Vor einer Serienproduktion sind zwar zurzeit noch technische Herausforderungen zu nehmen, langfristig bietet das Dünnschicht-Verfahren aber bessere Möglichkeiten zur Kosteneinsparung. Für die Zukunft sind alternative Materialien und Solarzellenkonzepte interessant, die sich in großen Einheiten kostengünstig in Durchlaufprozessen fertigen lassen.

An welchen Lösungen die Energieforschung arbeitet, zeigt die 16-seitige Themen-Broschüre „Photovoltaik – Innovationen bei Solarzellen und Solarmodulen“. Schon jetzt zeichnet sich eine



Die Broschüre „Photovoltaik – Innovationen bei Solarzellen und Modulen“ ist kostenfrei beim BINE Informationsdienst der FIZ Karlsruhe erhältlich. Im Internet unter <http://www.bine.info> und telefonisch unter 0228 9 23 79 0.

ganze Palette von Innovationen ab, die in den nächsten Jahren Realität werden kann. BINE ist ein Informationsdienst der Fachinformationszentrum (FIZ) Karlsruhe GmbH und wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert.

## Hochschulkarriere

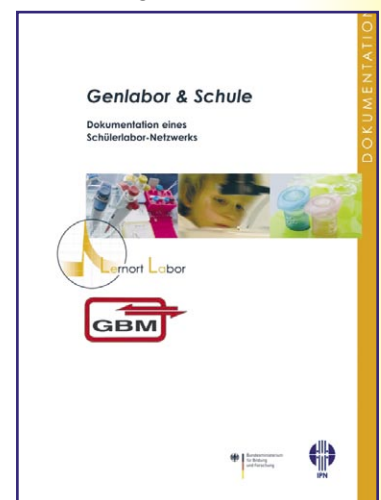
Das Internet-Portal „hochschulkarriere.de“ ist eine offene Informations- und Kommunikationsplattform für Nachwuchswissenschaftler. Sie bündelt Basisinformationen, Hintergrundberichte, Tipps und Termine rund um Promotion, Habilitation und Juniorprofessur. Das Angebot soll die zum Teil schwer durchschaubaren Strukturen und Rahmenbedingungen im Hochschul- und Wissenschaftsbereich erhellen. Das Portal ist eine gemeinsame Initiative des CHE Centrum für Hochschulentwicklung, des Deutschen Hochschulverbandes und des Vereins zur Förderung der Juniorprofessur. Es wird gefördert von der Stiftung Mercator. Um den wissenschaftlichen Nachwuchs besser als bisher zu vernetzen, nutzt das Portal die Wiki-Technologie. Jeder, der sich beteiligen will, kann das Portal nicht nur für die Recherche und zur eigenen Information nutzen, sondern auch verbessern und kommentieren.

## Medizin barrierefrei

Das DIMDI (Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information) hat seine 12 000 Internetseiten auf die Barrierefreiheit umgestellt und präsentiert sich in einer neuen Gestaltung ([www.dimdi.de](http://www.dimdi.de)). Download-Dateien, Grafiken und Akronyme sind gekennzeichnet, Schriftgrößen frei wählbar, Navigation und Befehle lassen sich über die Tastatur ausführen. Animierte Elemente kamen ohnehin nicht auf den DIMDI-Seiten vor. Die Datenbankrecherche ist beim DIMDI seit Jahrzehnten über den Telnet-Zugang barrierefrei: Hier wird nur mithilfe der Tastatur über Kommandozeilen gearbeitet, auch die Ergebnisse werden zeilenweise ausgegeben. Grafische Elemente gibt es hier nicht. Das DIMDI hat trotz des immensen Seitenvolumens die Verordnung zur Schaffung barrierefreier Informationstechnik nach dem Behindertengleichstellungsgesetz (BITV) zeitnah umgesetzt.

## Genlabor & Schule

In den molekularen Biowissenschaften sind mit mittlerweile über 40 Schülerlaboren besonders viele Konzepte für außerschulische Bildungseinrichtungen entstanden. Seit dem Herbst 2002 bietet die Gesellschaft für Biochemie und Molekularbiologie (GBM) e.V. mit dem Netzwerk Genlabor & Schule eine Plattform zur bundesweiten Vernetzung dieser Einrichtungen. Die Arbeit des Netzwerkes ist jetzt in einer Broschüre dokumentiert, die in Zusammenarbeit mit Lernort Labor – Zentrum für Beratung und Qualitätsentwicklung Kiel herausgegeben wurde. Mehr unter [www.gbm-online.de](http://www.gbm-online.de).



## Tarifliche Ausbildungsvergütungen 2005

# Sehr schwacher Anstieg gegenüber Vorjahr

**6**23 Euro im Monat verdienen die Auszubildenden im Jahr 2005 durchschnittlich in Westdeutschland. Damit stieg der Durchschnitt der tariflichen Ausbildungsvergütungen um 1,0 %, eine Erhöhung, die kaum über der des Vorjahres lag, in dem die durchschnittliche Vergütung um 0,8 % angestiegen war (Abbildung 1). In Ostdeutschland erhöhten sich die tariflichen Ausbildungsvergütungen in 2005 um 0,6 % auf durchschnittlich 529 Euro im Monat, ein deutlich schwächerer Anstieg als im Jahr zuvor (1,7 %). Der Abstand zum westlichen Tarifniveau blieb weiterhin unverändert: Seit 2001 wurden in den neuen Ländern durchschnittlich 85 % der westlichen Vergütungshöhe erreicht. Für das gesamte Bundesgebiet lag der tarifliche Vergütungsdurchschnitt 2005 bei 607 Euro pro Monat und damit um 1,0 % über dem Vorjahreswert (601 Euro).

Zu diesen Ergebnissen kommt das Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) in seiner Auswertung der tariflichen Ausbildungsvergütungen von 2005. Ermittelt wurden die durchschnittlichen Vergütungen für 187 Berufe in West- und

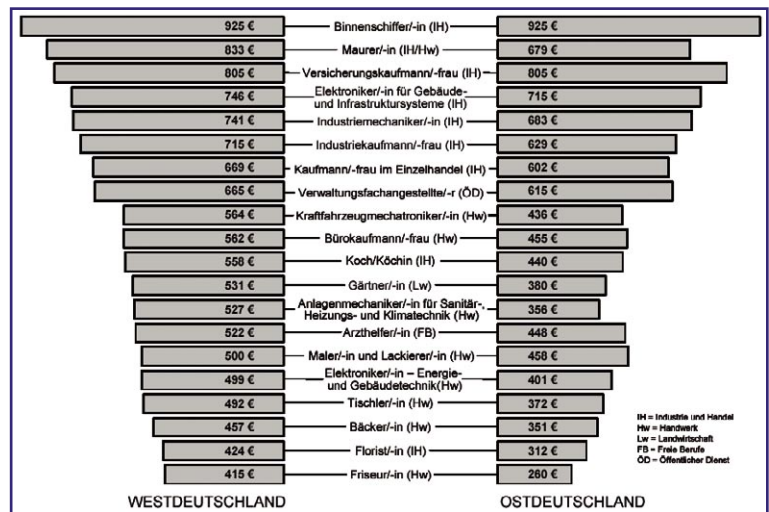


Abbildung 2: Ausbildungsvergütungen in 20 ausgewählten Berufen. Durchschnittliche monatliche Beträge in Euro. Berechnungsbasis: Tarifliche Ausbildungsvergütungen. Durchschnitt über die Ausbildungsjahre.

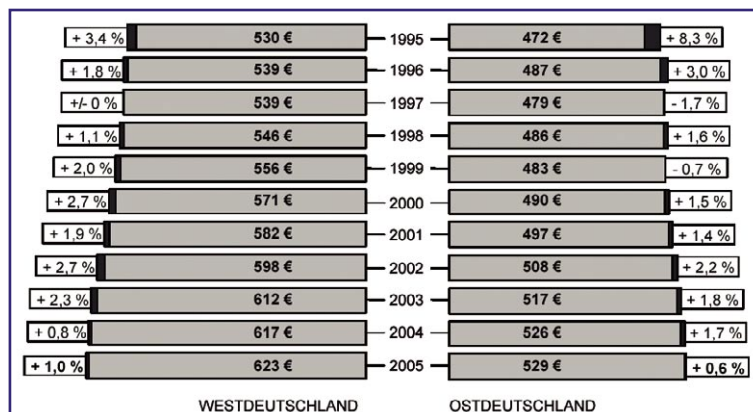
152 Berufe in Ostdeutschland. In diesen Berufen werden 87 % der Auszubildenden in West und Ost ausgebildet. Die in ungefähr 5 % der Tarifverträge vereinbarten erhöhten Beträge für Auszubildende ab 18 Jahren wurden jeweils eingerechnet.

Zwischen den Ausbildungsberufen gab es erhebliche Unterschiede in der Vergütungshöhe (Abbildung 2). Die mit Abstand höchsten Ausbildungsvergütungen wurden in West und Ost im

Beruf Binnenschiffer mit jeweils 925 Euro pro Monat erzielt. Sehr hohe Vergütungen sind seit langem auch in den Berufen des Bauhauptgewerbes (zum Beispiel Maurer, Zimmerer, Straßenbauer) tariflich vereinbart: Sie betragen 2005 im Westen durchschnittlich 833 Euro und im Osten 679 Euro pro Monat. Ebenfalls hoch waren die Vergütungen in West- und Ostdeutschland mit durchschnittlich jeweils 805 Euro im Beruf Versicherungskaufmann. Eher niedrige Ausbildungsvergütungen wurden beispielsweise in den Berufen Friseur (West: 415 Euro, Ost: 260 Euro), Florist (West: 424 Euro, Ost: 312 Euro), Bäcker (West: 457 Euro, Ost: 351 Euro) und Tischler (West: 492 Euro, Ost: 372 Euro) gezahlt. Bei den ermittelten berufsspezifischen Durchschnittsdaten ist zu beachten, dass häufig auch im gleichen Beruf die tariflichen Ausbildungsvergütungen je nach Region und Wirtschaftszweig erheblich voneinander abweichen.

Zudem ist zu berücksichtigen, dass die tariflichen Ausbildungsvergütungen nur in der betrieblichen Ausbildung gelten; in der außerbetrieblichen Ausbildung

Abbildung 1: Entwicklung der Ausbildungsvergütungen von 1995 bis 2005. Durchschnittliche monatliche Beträge in Euro sowie Veränderungen gegenüber dem Vorjahr in Prozent. Berechnungsbasis: Tarifliche Ausbildungsvergütungen. Durchschnitt über die Ausbildungsberufe und Ausbildungsjahre.



erhalten die Auszubildenden in der Regel erheblich niedrigere Vergütungen, die hier nicht einbezogen sind.

Insgesamt verteilen sich die Ausbildungsvergütungen in den untersuchten Berufen im Jahr 2005 wie folgt: In Westdeutschland bewegten sich die Vergütungen für 54 % der Auszubildenden zwischen 500 Euro und 700 Euro. Weniger als 500 Euro erhielten 15 % der Auszubildenden, wobei Vergütungen unter 400 Euro eher Ausnahmen darstellten; mehr als 700 Euro gingen an 31 % der Auszubildenden. In Ostdeutschland waren für 42 % der Auszubildenden Vergütungen von 500 Euro bis 700 Euro zu verzeichnen. Unter 500 Euro lagen die Vergütungen für 48 % der Auszubildenden, für 19 % sogar unter 400 Euro. 10 % der Auszubildenden erreichten mehr als 700 Euro.

Im Rahmen der Auswertung der tariflichen Ausbildungsvergütungen 2005 errechnete das BIBB auch die Vergütungsdurchschnitte für die weiblichen und männlichen Auszubildenden: Danach kamen im Westen die männlichen Auszubildenden auf durchschnittlich 636 Euro, die weiblichen Auszubildenden auf 602 Euro. Im Osten betrug der Durchschnitt für die männlichen Auszubildenden 540 Euro

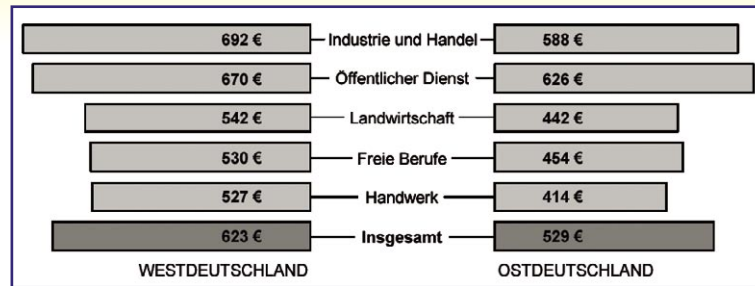


Abbildung 3: Ausbildungsvergütungen nach Ausbildungsbereichen. Durchschnittliche monatliche Beträge in Euro.

Berechnungsbasis: Tarifliche Ausbildungsvergütungen. Durchschnitt über die Ausbildungsberufe und Ausbildungsjahre.

und für die weiblichen 511 Euro. Diese abweichenden Vergütungsdurchschnitte resultieren aus der unterschiedlichen Verteilung der männlichen und weiblichen Auszubildenden auf die Berufe, das heißt junge Frauen sind häufiger in Berufen mit einer niedrigeren Ausbildungsvergütung anzutreffen als junge Männer.

Zwischen den Ausbildungsbereichen bestanden 2005 in West und Ost deutliche Unterschiede im Vergütungsniveau (Abbildung 3): Überdurchschnittlich hohe Ausbildungsvergütungen wurden in Industrie und Handel (West: 692 Euro, Ost: 588 Euro) und im Öffentlichen Dienst (West: 670 Euro, Ost: 626 Euro) erreicht. Unter dem jeweiligen Gesamtdurchschnitt lagen dagegen die Vergütungen im

Handwerk, bei den Freien Berufen und in der Landwirtschaft. Zu berücksichtigen ist dabei allerdings, dass insbesondere in den Bereichen Industrie und Handel sowie Handwerk die Vergütungen der einzelnen Berufe sehr stark differieren. Bei den oben genannten Beträgen handelt es sich um die durchschnittlichen Vergütungen während der gesamten Ausbildungszeit. Für die einzelnen Ausbildungsjahre ergaben sich 2005 folgende Beträge: In Westdeutschland betragen die Vergütungen im 1. Lehrjahr durchschnittlich 553 Euro, im 2. Jahr 618 Euro und im 3. Jahr 688 Euro. In Ostdeutschland beliefen sie sich im 1. Ausbildungsjahr auf durchschnittlich 464 Euro, im 2. Jahr auf 535 Euro und im 3. Jahr auf 590 Euro pro Monat.

Tabelle 1: Tarifliche Ausbildungsvergütungen 2005 in Euro. Durchschnittliche Beträge in Euro pro Monat in den einzelnen Ausbildungsjahren sowie im Durchschnitt über die gesamte Ausbildungsdauer.

Berufsbezeichnung	Bereich	Dauer in Monaten	Alte Bundesländer					Neue Bundesländer				
			1. AJ	2. AJ	3. AJ	4. AJ	gesamt	1. AJ	2. AJ	3. AJ	4. AJ	gesamt
Biologielaborant/-in	IH	42	633	692	768	836	718	542	586	640	699	605
Chemielaborant/-in	IH	42	673	717	777	831	738	634	681	737	782	698
Chemikant/-in	IH	42	630	684	755	818	708	522	565	619	676	584
Fk für Abwassertechnik	ÖD	36	617	666	711		665	571	616	658		615
Galvaniseur/-in	IH	36	687	728	783		733					
Lacklaborant	IH	42	633	692	768	836	718					
Pharm.-kaufm. Angest.	FB	36	494	552	610		552	494	552	610		552
Produktionsfk Chemie	IH	24	628	682			655	518	561			539
Verfahrensmech. Kunststoff/Kautschuktechnik	IH	36	614	658	724		665	491	533	581		535

## Trinkwasserqualität sichern: Labore schulen Expertenwissen

# Jahrestagung Trinkwasserringversuche

**N**och Ende Januar warnte das saarländische Gesundheitsministerium vor dem Verzehr von Hackfleisch einer speziellen Einzelhandelskette: Coli-Bakterien! Die sind normalerweise vollkommen unschädlich und kommen überall vor. Einige Stämme können beim Menschen aber zu Lebensmittelvergiftungen führen. Damit sich im Trinkwasser diese Kleinstlebewesen nicht vermehren, aber auch aus Schutz vor ungewollten Belastungen etwa durch Blei, Cadmium oder Eisen müssen Messinstitute „auf Zack“ sein – und sich regelmäßigen Kontrollen stellen.

„Wir wollen die Qualität von Umweltlaboren, speziell in der chemischen und mikrobiologischen Trinkwasseruntersuchung, sichern und verbessern,“ betonte Dr. Martin Lacombe vom Landesinstitut für den Öffentlichen Gesundheitsdienst (Iögd, Münster), das zur Jahrestagung Trinkwasserringversuche Nordrhein-Westfalen/Niedersachsen eingeladen hatte.

### Ringversuche ermöglichen Aussagen über Messgenauigkeit

Per Gesetz vorgeschrieben sind regelmäßige Untersuchungen zur Trinkwasser- und Badegewässergüte. Die werden zum Teil von privaten Instituten durchgeführt. Denen schaut man von außen auf die Finger und sichert in Ringversuchen die Qualität ihrer Messverfahren. Ringversuche fußen darauf, dass eine identische Probe von einer Reihe von Messinstituten analysiert wird. Der Vergleich der Ergebnisse erlaubt es, Aussagen über die Messgenauigkeit generell beziehungsweise über die Messqualität der beteiligten Institute zu machen. Für bestandene Analysen bekommen die Institute ein entsprechendes Zertifikat. Die Ringversuche sind so konzipiert, dass ein Austausch der vermeint-

lich richtigen Ergebnisse unter den Teilnehmern weitgehend unterbunden wird.

### Untersuchungsstellen müssen sich mindestens einmal jährlich externen Qualitätssicherungsprogrammen stellen

„Bis einschließlich 2003 waren die Anforderungen für Trinkwasseruntersuchungen durch Labore in den einzelnen Bundesländern sehr unterschiedlich geregelt. Die verschiedenen Institute testeten mit unterschiedlichen Verfahren. Angestoßen durch die Neufassung der Trinkwasserverordnung müssen sich Untersuchungsstellen nun mindestens einmal jährlich an externen Qualitätssicherungsprogrammen erfolgreich beteiligen. Ringversuche sind ein Schritt in Richtung standardisierter Analyseverfahren,“ erläuterte Franz-Peter Heidenreich, Experte der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU), in deren Zentrum für Umweltkommunikation die Experten tagten. Diese jährlichen Jahrestagungen, an denen die an den Ringversuchen teilnehmenden Labore, die Ringversuchsausrichter und die zuständigen Ministerien in Düsseldorf und Hannover teilnehmen, geben Gelegenheit zum gegenseitigen Kennenlernen, zum Informationsaustausch und zur Diskussion. Dabei wird über die Ringversuche selbst berichtet. Die obersten Landesbehörden geben jeweils aktuelle Informationen und weitere Fachvorträge beleuchten ringversuchsnahen Themen aus der Analytik.

### Zehn Ringversuche zur chemischen Analytik

Eine Trinkwasseruntersuchung besteht aus derart vielen Parametern, dass die zugehörigen Ringversuche in kleinere Gruppen eingeteilt sind. So muss nicht jedes Labor in jedem Jahr an Ringversuchen zu allen Parametern teilnehmen.

Eine erste Unterteilung erfolgt nach anorganischen (A) und organischen (O) Parametern, die dann jeweils wieder in fünf Gruppen zusammengefasst sind:

- A1. Anionen: Bromat, Fluorid, Nitrat, Nitrit, Chlorid, Sulfat, Phosphor, Cyanid, Trübung
- A2. Spurenelemente: Chrom, Kupfer, Blei, Cadmium, Nickel, Chrom(VI)
- A3. Kationen, Teil 1: Aluminium, Eisen, Mangan, Natrium, Kalium, Färbung quantitativ
- A4. Sonstige anorganische Parameter: Leitfähigkeit, Oxidierbarkeit, TOC, Selen, Antimon, Arsen
- A5. Kationen, Teil 2: Bor, Calcium, Magnesium, Quecksilber, Ammonium, Silikat, pH-Wert
- O1. PBSM 1: N- und P-PBSM (Triazine, Phenylharnstoffherbizide)
- O2. LHKW/Benzol: 1,2-Dichlorethan, Tetrachlorethen, Trichlorethen, Trichlormethan, Bromdichlormethan, Dibromchlormethan, Tribrommethan, Benzol
- O3. PAK: Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Benzo(ghi)pyrolen, Indeno(1,2,3-cd)pyren
- O4. PBSM2: Phenoxyalkancarbonsäuren
- O5. Spezielle organische Parameter: z.B. Glyphosat/AMPA, Dalapon/TCA, Chlorpestizide, Epichlorhydrin oder sonstige.

Aus diesen Ringversuchsgruppen hat man einen bundesweiten Plan erstellt: Danach sollte beispielsweise ein Labor in Baden-Württemberg im zweiten Halbjahr 2005 an den Ringversuchen A1 und O1 teilnehmen; im ersten Halbjahr 2006 wird es sich dem Vergleich mit anderen Laboren auf dem Gebiet der Spurenelemente (A2) und leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffe (O2) messen; im zweiten Halbjahr 2006 folgen dann die Parameter von A3 und O3 und so weiter.

## Wissenschaftsranking Luftschadstoffe GSF auf Platz 1 in Europa

**D**as GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit rangiert in der Luftschadstoff-Forschung auf Platz eins der europäischen Forschungseinrichtungen. Dies ist das Ergebnis eines Rankings der in den vergangenen zehn Jahren meist zitierten Publikationen zum Thema „Air Pollution“, welches der Informationsanbieter „Essential Science Indicators“ nun veröffentlicht hat.

Bewertet wurden die am häufigsten zitierten Institutionen. Die GSF belegt dabei unter 3052 Forschungseinrichtungen Platz eins in Europa und weltweit den fünften Rang. Auf den Spitzenplätzen finden sich vier amerikanische Zentren.

Nicht nur bei den Institutionen, auch bei den weltweit meist zitierten Autoren ist die GSF unter den ersten 20 Plätzen gleich mit drei Wissenschaftlern des Instituts für Epidemiologie vertreten: Rang zehn belegt PD Dr. Annette Peters, Leiterin der Arbeitsgruppe Luftschadstoffepidemiologie, mit 770 Nennungen. Rang 14 erhält Prof. Dr. Dr. H.-Erich Wichmann, Direktor des Instituts mit 606 Zitierungen und auf Rang 19 findet sich eine frühere Mitarbeiterin des Instituts mit 546 Zitierungen. Europaweit belegen Peters und Wichmann sogar die Plätze drei und fünf.

Angeführt wird die Weltrangliste der TOP-Autoren zum Thema Luftschadstoffe von den beiden Harvard-Mitarbeitern Prof. Joel Schwartz und Prof. Douglas W. Dockery aus Boston, USA, was die Harvard Universität auf die erste Position des Institutsrankings führt. Mit der Harvard Universität unterhält das GSF – Forschungszentrum zahlreiche intensive Kooperationen. Dazu gehören gemeinsame Forschungsprojekte, der regelmäßige Austausch von Doktoranden sowie gemeinsame Publikationen.

Annette Peters von der GSF verbrachte in Harvard einen zweijährigen Forschungsaufenthalt. Wie sehr sich dieser Aufwand gelohnt hat, sieht man daran, dass sie als drittbeste europäische Autorin unter insgesamt 10 710 Autoren aus 87 Ländern erscheint. Ferner warb sie für die GSF vier amerikanische Grants mit einem Gesamtvolumen von 2,5 Millionen US-Dollar ein. „Die Auslandsaufenthalte an der Harvard Universität sind wichtige Meilensteine in der Karriere der Wissenschaftler hier am Institut. Wir wollen auch in Zukunft den Austausch intensiv fortsetzen“, so Peters.

Mit der Nummer zwei des Institutsrankings, der amerikanischen Umweltbehörde US EPA, pflegt die GSF ebenfalls eine intensive Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Luftschadstoffforschung. Im Rahmen eines 1999 abgeschlossenen Kooperationsvertrags erfolgen regelmäßig wechselseitige Kurzaufenthalte der beteiligten Wissenschaftler. Alle zwei Jahre finden gemeinsame Workshops in den USA oder in Deutschland statt.

PD Dr. Annette Peters ist Leiterin der Arbeitsgruppe Luftschadstoffepidemiologie am GSF-Institut für Epidemiologie und auf Rang zehn der weltweit meist zitierten Autoren zum Thema Luftschadstoffe (Foto: Baumgart).



### Aus der Bildungslandschaft

- Bundesbildungsministerin Annette Schavan hat der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) den Auftrag erteilt, **allgemeine Studienkredite** anzubieten. Die Gewährleistung einer verlässlichen, tragfähigen und im Blick auf die Rückzahlungsbelastung in jedem Einzelfall tragbaren individuellen Finanzierungsmöglichkeit im Bildungssektor sei eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Diese falle als Maßnahme der Bildungsförderung in den gesetzlichen Aufgabenbereich der KfW, so die Bundesbildungsministerin. Die KfW wird sämtliche Risiken aus dem Kreditangebot selbst tragen. Für den Bundeshaushalt werden sich daraus keine Belastungen ergeben. Das Kreditangebot wird für mindestens sechs Studienjahrgänge garantiert, um den Studierenden eine verlässliche Finanzplanung zu bieten.

- Die Universität Duisburg-Essen wird eins der 26 von der DFG geförderten neuen Graduiertenkollegs für qualifizierte Doktoranden einrichten können. Das interdisziplinäre Forschungs- und Studienprogramm mit dem Thema „**Nanotronics – Photovoltaik und Optoelektronik aus Nanopartikeln**“ wird sich mit der Umwandlung von elektrischer Energie in Licht beschäftigen. Ziel ist es, optoelektronische und photovoltaische Bauelemente nicht aus Halbleiterekristallen aufzubauen, sondern zu Systemen aus Nanopartikeln überzugehen. Weitere Informationen: Prof. Dr. Markus Winterer, Tel 0203/379-4446, email markus.winterer@uni-duisburg.de.

- Mit der Vorlesung „Sprechende Zellen – Eine Reise durch das Gehirn“ wird die **Kinder-Universität Oldenburg** 2006 eröffnet. Es folgen sechs weitere Vorlesungen – drei im „Frühlingsemester“ (März) und drei weitere im „Herbstsemester“ (September/Oktober).

- Bundesumweltminister Sigmar Gabriel hat die neue Staffel des Jugend-Multimediprojektes „**Naturdetektive**“ gestartet. Gleichzeitig überreichte Gabriel im Namen der UNESCO dem Bundesamt für Naturschutz (BfN) für sein Bildungsprojekt „Naturdetektive“ die Auszeichnung „offizielles UNESCO Dekade-Projekt“. Das BfN-Projekt ist damit Teil der nationalen Allianz „Nachhaltigkeit lernen“.

- „**Einsteins Enkeltöchter**“ ist ein neues Projekt für hochbegabte und/oder besonders begabte und engagierte Mädchen der gymnasialen Oberstufe. Es wird von uniKIK, der Einrichtung der Universität Hannover für Kommunikation, Innovation und Kooperation zwischen Schule und Universität, in Zusammenarbeit mit den naturwissenschaftlichen und technischen Fakultäten der Universität angeboten. Unter [www.einsteinsenkeltoechter.de](http://www.einsteinsenkeltoechter.de) können sich interessierte Schülerinnen für die Projektthemen „Virtuelle Gesichtschirurgie“ und „Auf den Spuren von Erdbeben in Deutschland“ bis Freitag den 31. März 2006 anmelden.

# Elemente und ihre Darstellung und Gewinnung

## Alkali- und Erdalkalimetalle – es kann mehr als eine Antwort richtig sein

- 1** Welcher historische Hinweis zu Alkalimetallen stimmt?  
**A** 1807 stellte Sir Humphry Davy Natrium und Kalium durch Schmelzflusselektrolyse her.  
**B** Sir Humphry Davy isolierte 1798 Lithium aus  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  durch Elektrolyse.  
**C** 1862 stellte Carl Settenberg Caesium durch Schmelzflusselektrolyse von Caesiumcyanid her.  
**D** Robert Wilhelm Bunsen gelang 1862 die Darstellung von Rubidium.  
**E** 1888 stellte Robert Wilhelm Bunsen Francium her.
- 2** Welches Element stellt man durch eine reduzierende Schmelze mit Natrium her?  
**A** Lithium Li  
**B** Kalium K  
**C** Rubidium Rb  
**D** Cäsium Cs  
**E** Francium Fr
- 3** Welches Element lässt sich aus seinem Chlorid gewinnen?  
**A** Lithium Li  
**B** Natrium Na  
**C** Kalium K  
**D** Rubidium Rb  
**E** Cäsium Cs
- 4** Welches Element ist oft ein Nebenprodukt bei der Lithiumgewinnung?  
**A** Natrium Na  
**B** Kalium K  
**C** Rubidium Rb  
**D** Cäsium Cs  
**E** Francium Fr
- 5** 1886 erfand Hamilton Young Castner ein Verfahren zur Darstellung von Natrium. Ausgangssubstanz dafür war  
**A** Natriumchlorid  
**B** Steinsalz  
**C** Soda  
**D** Natriumhydroxid  
**E** Natriumsulfat
- 6** Warum gibt man zur Schmelzelektrolyse von Natriumchlorid in der Downs-Zelle Calciumchlorid?  
**A** Um das bei der Elektrolyse anodisch gebildete Chlor zu binden.  
**B** Um den Schmelzpunkt von Natriumchlorid zu erniedrigen.  
**C** Damit sich das Natrium in der Schmelze fein verteilt.  
**D** Damit sich das Natrium kathodisch bilden kann.  
**E** Um den Schmelzpunkt von Natrium zu erniedrigen.
- 7** Welcher historische Hinweis zu Erdalkalimetallen stimmt?  
**A** 1774 stellte Sir Humphry Davy erstmals Barium her.  
**B** Adair Crawford entdeckte 1790  $\text{SrCO}_3$  in der Nähe von Strontian (Schottland) als Mineral mit einem neuen Element (Strontium Sr).  
**C** 1798 entdeckt Louis Nicolas Vauquelin Beryllium im Beryll (einem durchscheinenden Aluminium-Beryllium-Silikat).  
**D** 1809 stellte Sir Humphry Davy Magnesium durch Elektrolyse nach der Amalgammethode her.  
**E** 1910 isolierten Marie Curie und Andre Louis Debierne metallisches Ra.
- 8** Wie gewinnt man kompakte Beryllium-Stücke?  
**A** Durch Zerschneiden von Beryll.  
**B** Durch Schmelzelektrolyse bei Temperaturen von über 1300 Grad Celsius.  
**C** Durch Schmelzelektrolyse bei Temperaturen von weniger als 1000 Grad Celsius.  
**D** Durch Schmelzelektrolyse von basischem Berylliumfluorid.
- 9** Welche Reaktionsgleichung zeigt eine Reaktion zur Gewinnung von Magnesium?  
**A**  $\text{MgCl}_2 \rightarrow \text{Mg} + \text{Cl}_2$   
**B**  $2 \text{MgO} + \text{C} \rightarrow 2 \text{Mg} + \text{CO}_2$   
**C**  $2 \text{MgO} + 2 \text{CaO} + \text{Si} \rightarrow 2 \text{Mg} + \text{Ca}_2\text{SiO}_4$   
**D**  $3 \text{MgO} + 2 \text{Al} \rightarrow 3 \text{Mg} + \text{Al}_2\text{O}_3$   
**E**  $6 \text{MgO} + 2 \text{Al} \rightarrow 3 \text{Mg} + 3 \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3$
- 10** Welche Substanz kann aus einem Material zur Magnesiumgewinnung bestehen?  
**A** Magnesit  
**B** Magnetit  
**C** Magnesia  
**D** Magmatit  
**E** Magneton
- 11** Bei welchem Mineral handelt es sich um eine reine Calciumverbindung?  
**A** Kalkstein  
**B** Marmor  
**C** Dolomit  
**D** Apatit  
**E** Fluorit
- 12** Welches Mineral kann als Ausgangssubstanz für die direkte Darstellung Strontium dienen?  
**A** Strontianit  
**B** Cölestin  
**C** Baryt  
**D** Witherit  
**E** Phosphorit
- 13** Mit welchem Verfahren gewinnt man heute vorwiegend metallisches Barium?  
**A** Durch Schmelzelektrolyse von Bariumchlorid.  
**B** Durch Reduktion von Bariumoxid mit Aluminium oder Silicium.  
**C** Mit einer dem „Thermit-Prozess“ ähnelnden Methode.  
**D** Durch Kernspaltung von Uran.  
**E** Durch Reduktion von Bariumsulfat mit Kohlenstoff.

### Lösungen zu Seite M8 (CLB 01/2006):

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

(Alle Lösungen zu Seite M16 finden Sie in CLB 03/2006 sowie auf [www.clb.de](http://www.clb.de))

mischen und physikalischen Eigenschaften nicht unterscheiden, führt die Anlagerung dieser Moleküle an das ebenfalls chirale Templat CR oder CS zu diastereomeren Komplexen. Diese lassen sich nicht mehr durch Spiegelung ineinander überführen und besitzen damit unterschiedliche Eigenschaften, etwa unterschiedliche Stabilitäten. Im Replikationszyklus lassen sich somit verschiedene Fälle unterscheiden (siehe Abbildung 3): So kann das Produkt CR neben dem Baustein B auch den Baustein AR binden, was dem einfachsten Fall in Abbildung 1a entspricht. AR und B werden daraufhin zu CR verknüpft. Entsprechendes gilt auch für das Produkt CS. Dieses begünstigt die Verknüpfung von AS und B zu CS. Somit trägt jedes der beiden möglichen Produkte jeweils nur zu seiner eigenen Bildung bei. Diese Situation bezeichnen wir als homochirale Autokatalyse (siehe Abbildung 3).

Im anderen Fall bindet das Produkt CR die Ausgangskomponenten AS und B, die daraufhin zu CS verknüpft werden. Ebenso wirkt CS als Templat für die Verknüpfung von AR und B zu CR. Das bedeutet, dass eine Form der Produktmoleküle jeweils die Bildung der anderen Form begünstigt. Dieses Verhalten entspricht einer heterochiralen Kreuzkatalyse (siehe Abbildung 3).

### Gibt es einen bevorzugten Reaktionsweg?

Da beide Reaktionswege grundsätzlich denkbar sind, möchten wir herausfinden, ob einer dieser Reaktionskanäle bevorzugt wird. Denn die Kombination von Selbstreplikationsprozessen mit chiraler Informationsübertragung hat besondere Bedeutung bei der Entstehung der Natur in ihrer heutigen Erscheinungsform. So sind viele für biologische Prozesse wichtige Verbindungen chiral und in der Natur nur in einer Form zu finden (zum Beispiel viele Zucker, Aminosäuren). Dagegen führen einfache chemische Prozesse in der Regel zu beiden Formen. Die Vermutung liegt nahe, dass die bevorzugte Bildung jeweils einer der möglichen Formen aus einem Evolutionsprozess hervorgegangen ist. Bei der Suche nach möglichen Entstehungswegen des Lebens auf der Erde sind die allgemeinen Prinzipien, die zu einer solchen Selektion führen können, von Interesse. Mit unserem System haben wir Experimente mit jeweils nur einer der beiden möglichen Formen des Bausteins A durchgeführt. Dabei zeigten sich jedoch nur geringe Unterschiede, die keine zuverlässige Unterscheidung der beiden Reaktionswege gestatten. Möglicherweise ist für eine chirale Differenzierung eine höhere Komplexität des Systems erforderlich.

### Wachstum: exponentiell oder parabolisch

Um das Reaktionsverhalten des Systems genauer zu verstehen, haben wir theoretische Studien durchgeführt, in denen wir die Strukturen und die dazugehö-

rigen Energien (Enthalpien) für den Reaktionsverlauf berechnet haben. Dies gilt sowohl für die Einzelbausteine A, B und C als auch für den Komplex ABC und den Komplex  $C_2$ . Das Ergebnis dieser komplexen Berechnungen ist ein Energieprofil der möglichen Reaktionskanäle (Abbildung 4). Dieses beschreibt den Energiegehalt der Spezies im Verlauf der betrachteten Reaktion. Ein Vergleich der Energieänderungen erlaubt Rückschlüsse auf eine mögliche Bevorzugung bestimmter Reaktionswege und Spezies: Die ähnliche Energiedifferenz zwischen dem termolekularen Komplex ABC und  $A+B+C$  ( $-45,09$  beziehungsweise  $-44,38$  kcal/mol<sup>-1</sup>) sowie dem Templatduplex  $C_2$  und dem freien Templat C ( $38,09$  beziehungsweise  $42,72$  kcal/mol<sup>-1</sup>) weist darauf hin, dass sich das selbstreplizierende System im Grenzbereich zwischen exponentiellem und parabolischem Wachstum befindet (siehe Abbildung 4).

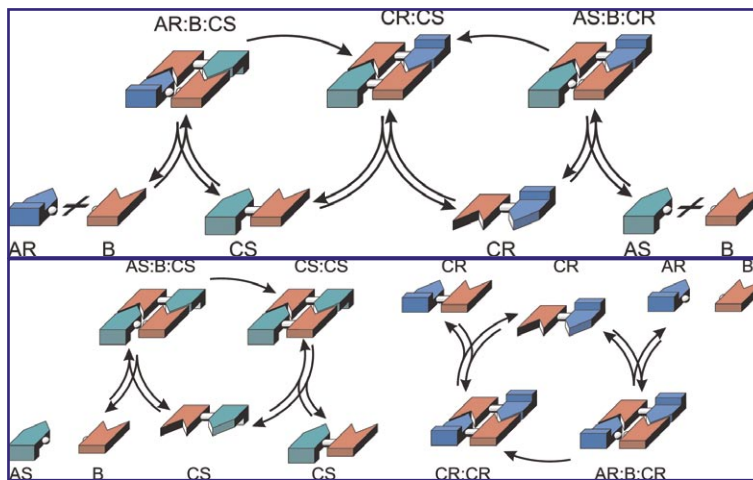
Die Bewertung der berechneten Energieprofile erfolgt anhand entsprechender Profile auf der Grundlage experimenteller Daten. Viele der dafür



AUFsätze

Abbildung 3: Zwei Wege – Kreuzkatalyse und Autokatalyse: Wenn einer der Bausteine eines selbstreplizierenden Systems chiral (nicht identisch mit seinem Spiegelbild) ist, kann die Reaktion kreuz- oder autokatalytisch verlaufen. Auch beide Fälle sind möglich.

Oben: Heterochirale Kreuzkatalyse, unten: Homochirale Autokatalyse



### Selbstreplizierende Systeme – auf das Wachstum kommt es an

Das Konzentrationswachstum der templatgesteuerten Reaktion eines selbstreplizierenden Systems kann unterschiedlich verlaufen: Als Grenzfälle sind das exponentielle und das parabolische Wachstum von Bedeutung. Bei einem exponentiellen Wachstum, das in der Natur zu finden ist, vervielfacht sich mit jeder Generation die Anzahl neuer Nachkommen um einen konstanten Faktor. So verdoppelt sich die Anzahl der Bakterien mit jeder Generation. Nach der Evolutionstheorie ist exponentielles Wachstum für die Selektion einer Spezies gegenüber anderen erforderlich. Parabolisches Wachstum zeigt sich in einer Konzentrations-Zeit-Kurve, die einer Parabel entspricht. Es führt zu keiner Selektion sondern zu einer Koexistenz konkurrierender Spezies.

## NMR-Spektroskopie: Beobachten, was nicht zu sehen ist

Die Magnetische Kernresonanzspektroskopie (NMR-Spektroskopie) ist eine der leistungsfähigsten instrumentellen Analysemethoden in der Chemie. Sie erlaubt es Wissenschaftlern, die Strukturen kleiner und größerer Moleküle zu untersuchen. Dazu nutzen sie folgende Eigenschaft: Atome desselben Elements können verschiedene Anzahlen von Neutronen besitzen, diese verschiedenen möglichen Varianten eines Elements heißen Isotope. Die Atomkerne bestimmter Isotope besitzen wiederum einen Drehimpuls, sie rotieren also um eine Achse. Wird ein Atomkern wie bei der NMR-Spektroskopie in ein statisches Magnetfeld gebracht, richtet sich diese Rotationsachse in bestimmter Weise aus. Aufgrund der Quantenmechanik gibt es dafür jedoch nur eine gewisse Anzahl an Möglichkeiten, wobei jedem dieser Zustände eine bestimmte Energie entspricht. Im einfachsten Fall, wie beim Wasserstoffatom (1 H-Atom), ergeben sich zwei verschiedene Zustände.

Bei der NMR-Spektroskopie wird der Atomkern durch Einstrahlung von Radiowellen von einem niedrigen in ein höheres Energieniveau gebracht (Resonanzbedingung). Der Energiegehalt der Strahlung entspricht dabei der Energiedifferenz zwischen den beiden Zuständen. Folglich wird Strahlung der entsprechenden Frequenz absorbiert und kann als Signal gemessen werden. Das tatsächlich an dem betrachteten Atomkern wirkende (effektive) Magnetfeld unterscheidet sich allerdings geringfügig von dem äußeren Feld, da die direkte Umgebung des Atomkerns diesen gegenüber dem äußeren Magnetfeld mehr oder weniger abschirmt. Daher liefern Atome, deren Kerne unterschiedliche Umgebungen aufweisen, Signale unterschiedlicher Frequenzen.

Um geräteunabhängige Werte zu erhalten, bezieht man diese auf eine Referenzverbindung und dividiert sie durch die Messfrequenz. Die erhaltene Größe



bezeichnet man als chemische Verschiebung. Weil sie so klein ist, multipliziert man sie mit dem Faktor 1 000 000 und gibt daher die Einheit parts per million (ppm) an.

erforderlichen energetischen Parameter erhalten wir durch temperaturabhängige kinetische Studien. Zu diesem Zweck verfolgen wir die Reaktionen mithilfe der NMR-Spektroskopie nun auch bei unterschiedlichen Temperaturen.

## Reaktionen bei unterschiedlichen Temperaturen

Die Auswertung der einzelnen Experimente liefert die entsprechenden Konstanten für die jeweils betrachtete Reaktionstemperatur. Aus der Abhängigkeit der Konstanten von der Temperatur berechnen wir energetische Daten, mit denen wir das System dann näher charakterisieren können. Die Untersuchungen basieren auf bestimmten Varianten der in Abbildung 1b vorgestellten Reaktion. Damit lässt sich ein größerer Temperaturbereich abdecken.

Auf der Grundlage der ermittelten energetischen Daten haben wir erstmals ein experimentelles Energieprofil für ein selbstreplizierendes System erstellt. Ebenso konnten wir das Wachstumsverhaltens des untersuchten Systems, bei dem das anfängliche exponentielle in ein parabolisches Wachstum übergeht, weitergehend charakterisieren. Mit dieser Charakterisierung des Wachstumsverhaltens und der Bestimmung wichtiger energetischer Parameter konnten wir bisher nur theoretisch abgeleitete Voraussagen für selbstreplizierende Systeme nachvollziehen.

Obwohl sich Wissenschaftler schon seit 20 Jahren mit der Replikationsforschung beschäftigen, ist die Kombination verschiedener Methoden eine völlig neue Herangehensweise, um selbstreplizierende Systeme zu charakterisieren. Indem wir experimentelle Untersuchungen mittels analytischer und physikalisch-chemischer Methoden mit theoretischen Studien verbinden, erhalten wir einen tieferen Einblick in das Reaktionsgeschehen; das betrachtete System lässt sich detaillierter charakterisieren und klassifizieren. Wir möchten auf diese Weise dazu beitragen, das Geheimnis der chemischen Evolution als Ausgangspunkt für die Entstehung des Lebens auf der Erde zu lüften. Die experimentelle Suche nach dem Übergang eines chemischen in ein biologisches System ist eine der großen Herausforderungen an die Chemie des 21. Jahrhunderts.

## Zur Geschichte: Zwei Jahrzehnte chemische Replikationsforschung

Die Entwicklung selbstreplizierender Systeme erfuhr in den letzten zwei Jahrzehnten bedeutende Fortschritte. Dem Bochumer Chemiker Günter von Kiedrowski gelang 1986 gelang als Erstem die Entwicklung eines solchen Systems, wobei ich kurze DNA-Moleküle als Bausteine verwendete. Im Gegensatz zu den in der Natur auftretenden DNA-Vervielfäl-



tigungen erfordert dieses System keine Beteiligung von Enzymen, eine wichtige Voraussetzung, um dem chemischen Ursprung des Lebens auf den Grund zu gehen – schließlich gab es zu diesem Zeitpunkt noch keine Enzyme auf der Erde. In den folgenden Jahren wurden weitere nicht-enzymatische selbstreplizierende Systeme entwickelt, bei denen unterschiedliche Ausgangskomponenten eingesetzt wurden: So verwendeten Wissenschaftler des Salk Institute for Biological Studies in San Diego 1987 kurze RNA-Moleküle. Julius Rebek vom Massachusetts Institute of Technology wählte 1990 Moleküle, die in ihrer Struktur nur noch teilweise an bestimmte DNA-Untereinheiten angelehnt waren. Sogar künstliche Bausteine, die in dieser Form nicht in der Natur zu finden sind, kamen erstmals 1992 bei Versuchen von Andreas Terfort zum Einsatz.

Mit der „Minimal Replicator Theory I“ stellte Günter von Kiedrowski 1993 eine systematische Beschreibung der wichtigen theoretischen Grundlagen und Gesetzmäßigkeiten für das Reaktionsverhalten selbstreplizierender Systeme auf. Dies war schon deshalb nötig, weil die Forschung auf dem Gebiet weltweit schnell voran schritt. Dirk Sievers aus der Arbeitsgruppe von Kiedrowski gelang es 1994, eine Selbstreplikation von DNA-Molekülen im Sinne einer Kreuzkatalyse kurzer DNA-Stränge nachzuweisen, auch dies erfolgte ohne die Beteiligung von Enzymen. Ebenso sind Arbeiten zur Selbstreplikation von DNA-Duplexen (Scripps Research Institute, 1994) und zur Replikation von DNA-Strängen an Oberflächen (RUB, 1998) bekannt.

Das erste System, das ein stärkeres als das parabolische Wachstum zeigte, wurde 1997 von Wissenschaftlern aus Liverpool gefunden. Als Bausteine setzten sie kleine künstliche Moleküle ein, die durch eine Diels-Alder-Reaktion verknüpft wurden.

Ein Teil der Wissenschaftler legte seinen Schwerpunkt auf die Arbeit mit Peptiden, die als Bausteine selbstreplizierender Systeme genutzt wurden. Bekannt sind hier unter anderem die Arbeiten aus der Arbeitsgruppe von M. Reza Ghadiri. Diese veröffentlichte auch 2001 ein selbstreplizierendes Peptidsystem, in dem ausschließlich die Bildung einer von zwei möglichen chiralen Formen katalysiert wurde. Ein Peptidsystem mit nahezu exponentiellem Wachstum wurde 2002 von Forschern um Jean Chmielewski gefunden.

Mit der Wirkung eines Ribozyms als Matrize in Replikationsprozessen befassten sich Natasha Paul und Gerald F. Joyce. Diese Versuche sind von besonderer Bedeutung, da Ribozyme, also katalytisch aktive RNA-Moleküle, möglicherweise bei der Entstehung des Lebens eine Rolle gespielt haben.

Eine ganz neue Ausrichtung der chemischen Replikationsforschung ist Schwerpunkt der heutigen Arbeit in der Gruppe um Günter von Kiedrowski. Beschäftigten sich Forscher bis vor kurzem noch hauptsächlich mit der Suche nach möglichst effektiven selbstreplizierenden Systemen, tritt nun durch eine Kombination detaillierter kinetischer und theoretischer Analyse die Frage nach den grundsätzlichen Prinzipien und Eigenschaften dieser Systeme in den Mittelpunkt des Interesses. CLB



**AUFsätze**

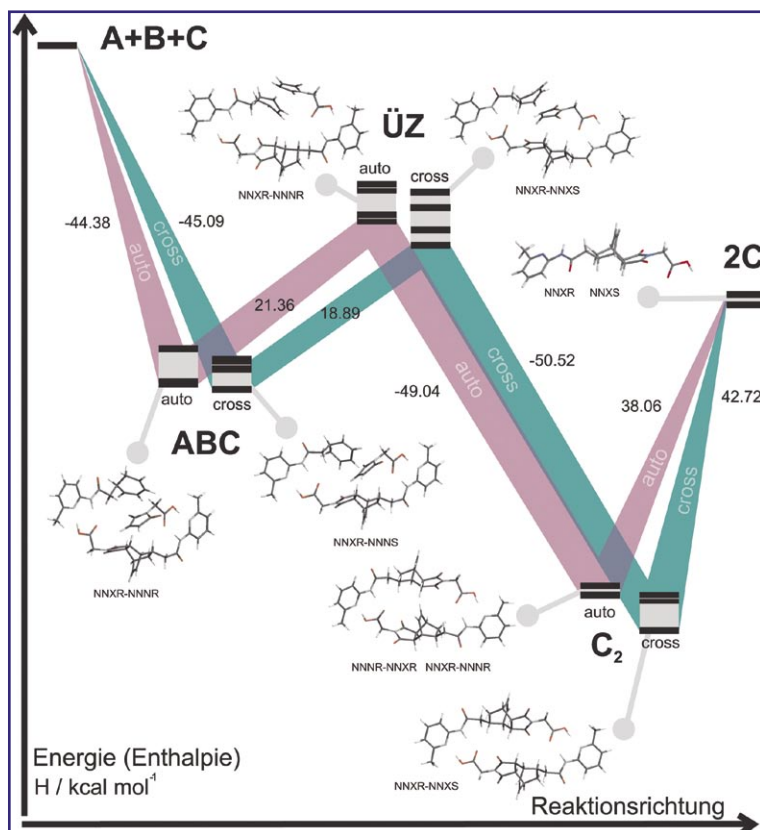


Abbildung 4: Das Energieprofil des selbstreplizierenden Systems: Die Linie A+B+C gibt den Gesamtenergiegehalt der Moleküle A, B und C wieder. Bildet sich der termolekulare Komplex ABC, dann wird Energie frei. ABC befindet sich auf einem niedrigeren energetischen Niveau. Es folgt die Verknüpfungsreaktion zwischen den Molekülen A und B. Wie bei jeder chemischen Reaktion kommt es auch hier zu einem Übergangszustand (ÜZ), in dem die neuen Bindungen erst etwas ausgebildet, und die alten noch nicht vollständig gebrochen sind. Weil dafür Energie aufgenommen werden muss, steigt der Energiegehalt an. Mit Bildung des Komplexes  $C_2$  wird Energie frei. Sein Zerfall in zwei einzelne Moleküle C erfordert wieder Energie. Zwei einzelne, nicht miteinander wechselwirkende Moleküle C liegen somit energetisch höher als der Komplex  $C_2$ . Anhand der Blöcke mit jeweils mehreren Linien (energetische Niveaus) lassen sich die Fälle, die durch die Beteiligung der beiden Formen AR und AS der chiralen Ausgangskomponente A zustandekommen, unterscheiden. Daneben sind für jedes Stadium zwei der berechneten chemischen Strukturen jeweils für die Autokatalyse und die Kreuzkatalyse dargestellt, die dem geringsten Energiegehalt entsprechen. Die Bezeichnungen "auto" und "cross" kennzeichnen die beiden Reaktionswege: homochirale Autokatalyse und heterochirale Kreuzkatalyse.

## Spuren verraten den Täter

Hans-Dietrich Martin, Köln

Der Fachbereich „Chemische und physikalische Untersuchungen“ des Kriminalwissenschaftlichen und -technischen Institutes (KTI) beim Landeskriminalamt (LKA) Nordrhein-Westfalen in Düsseldorf bearbeitet verschiedene Themenkreise der Kriminaltechnik, nämlich die Spurensuche nach Bränden, die Charakterisierung von Schmauchspuren nach Schusswaffengebrauch und die Identifikation von Explosivstoffen sowie schließlich die Analyse von Betäubungsmitteln. Die Labors sind in zwei Stockwerken eines LKA-Gebäudes untergebracht, einem zwar älteren Bau, verfügen aber über die modernsten Geräte, die der Markt zur Verfügung stellt. Für CLB sprach Hans-Dietrich Martin mit Dr. Dirk Seinsche über Aufgaben und Tätigkeiten seines Fachbereichs.

Auf die Frage nach einem spektakulären Fallbeispiel aus seiner Praxis erzählt Seinsche: „Da fällt mir ein Fall ein, wo eine Druckerei gebrannt hat und es einen Schaden in der Höhe von 5 bis 10 Millionen Euro gab. Mit Hilfe der Brandanalytik haben wir leicht flüchtige, brennbare Stoffe gesucht, Brandbeschleuniger, die zur Brandlegung verwendet werden. Wir hatten einen großen Hallenbereich abzusuchen und fanden dabei an mehreren Stellen mit Photoionisationsdetektoren, die wir dabei als Vortestgeräte verwenden, Hinweise auf solche brandbeschleunigenden Stoffe.“

Die Suche nach Brandbeschleunigern am Tatort wird von uns selbst durchgeführt oder auch von Spezialisten der Polizei. Außerdem hat die Polizei speziell ausgebildete Brandmittelspürhunde, die bei der Suche helfen. Sie sind konditioniert auf solche Gerüche und sehr gut in der Lage, auch große abgebrannte Hallen abzusuchen und uns dort zu zeigen, wo wir genau unsere Proben nehmen sollen.

In der abgebrannten Druckerei haben wir entsprechende Brandschuttproben genommen, das heißt wir gruben an unterschiedlichen Stellen, sichern verbranntes Material in gasdichten Behältnissen, damit keine Spuren verloren gehen. Die Proben untersuchen wir im Labor mittels Headspace-GC-Verfahren, wobei wir verschiedene Anreicherungstechniken einsetzen.



### Der Autor

Hans-Dietrich Martin schreibt jetzt im 52. Jahr für die CLB (siehe CLB 09-2004, Seiten 340-346). Vom Chemotechniker über den Maschinenbau-Ingenieur und Redakteur lief sein beruflicher Werdegang bis hin zum Leiter des Referats Fachpresse der Bayer AG. Jetzt im „Un“-Ruhestand“ arbeitet er als PR-Berater und Wissenschaftsjournalist.

(Abbildung 1). Wir gehen also an den eigentlichen festen Brandschutt gar nicht heran, sondern beproben zunächst nur den Dampfraum über der Probe. Man bringt dann die Probe in einen Gaschromatographen ein und kann so Einzelsubstanzen oder Stoffgemische nachweisen. Im Falle der Druckerei haben wir in zahlreichen Proben Benzin und Heizöl nachgewiesen, ein derartiges Gemisch wurde dort flächig als Brandlegungsmittel verwendet. Es handelte sich somit um eine typische Brandstiftung.“

### Spurensuche in der Gasphase

Eine Anreicherungstechnik bei der Headspace-Analytik ist die SPME-Technik (Solid Phase Micro Extraction), die Festphasen-Mikroextraktion. Bei diesem Verfahren adsorbiert ein repräsentativer Teil des Dampfraums der Probe an einer speziellen Faser, die in den Dampfraum der Probe eingebracht wird. Anschließend wird die Faser unmittelbar im Gaschromatographen untersucht.

Eine Alternative dazu ist das ATD-Verfahren, die Automatische Thermo-Desorption. Man arbeitet mit einem in einem Röhrchen gelagerten Adsorbens, an dem sich Stoffe aus dem Dampfraum anreichern (Abbildung 2). Das Röhrchen kommt in einen speziellen Halter, anschließend werden die adsorbierten Stoffe bei hoher Temperatur schlagartig desorbiert und in den Gaschromatographen überführt.

### Brandanschlag mit Lösemittel

Seinsche berichtet von einem Fall aus seiner Praxis: „Diese Untersuchungsmethode haben wir eingesetzt bei einem Fall im letzten Jahr, als eine Person mit schwersten Verbrennungen in einer Gaststätte um Hilfe rief. Der Mann brannte lichterloh und hatte schon einen Teil der Kleidung abgeworfen. Bevor er in ein Koma fiel, konnte er noch sagen, dass er mit Flüssigkeit übergossen und mit Vorsatz angesteckt worden sei. Jetzt war es unsere Aufgabe, das zu objektivieren, und wir haben an den Kleidungsstücken des Opfers nachweisen können, dass er nicht nur angesteckt wurde, sondern dass tatsächlich ein Nitroverdünner als Brandbeschleuniger verwendet worden war. Man hat dann bei den Ermittlungen eine Person festgestellt, die im Weiteren auch angeklagt wurde, und die mit dem Opfer zusammen gearbeitet hat. Es soll einen Streit gegeben haben, und nun musste geklärt werden, ob es sich bei dem Geschehen um einen

Unfall beim Arbeiten mit Lösemitteln, zum Beispiel durch Rauchen, gehandelt oder ob ein absichtliches Übergießen stattgefunden hatte. Wir haben auch den Nachweis führen können, aus welchem Gebinde der Stoff stammte, denn der weggeworfene Kanister wurde auf dem Nachbargrundstück gefunden. So konnte man die gaschromatographischen Profile beider Proben vergleichen und die Identität der Spuren auf der Kleidung mit dem Gebindeinhalt nachweisen.

### Saubere Proben sind selten

Ganz typisch für unsere Analytik ist, dass wir selten ideale Proben haben. Man kann die forensische Analytik daher nur schlecht vergleichen mit der Analytik derselben Matrix in der Industrie. Die Mineralölindustrie zum Beispiel macht eine hochwertige Analytik mit sehr viel schöneren Proben als wir, bei uns sieht die Wirklichkeit eher so aus: Wir haben ein bisschen Teer und Dreck vom Boden und bemühen uns, trotz einer derartig schwierigen und variablen Matrix gerichtsverwertbare Ergebnisse zu erzielen.

Durch die mitunter komplexe Matrix von solchen Brandschuttproben hat man es mit zum Teil abenteuerlichen Stoffgemischen zu tun. Neulich hatten wir nach einem PKW-Brand einen Fremdpeak im Gaschromatogramm, wo ich mich fragte: Ist das ein neuer Brandbeschleuniger? Wir haben dann feststellen können, dass dieser Stoff aus einem Schaumlöschmittel stammte, ein Glykol zur Schaumstabilisierung.“

### Schmauchspuren bei Schusswaffengebrauch

Das KTI beschäftigt sich auch mit der Schmauchspurenanalytik. Seinsche erläutert: „Schmauch ist alles, was außer dem Geschoss vorn oder hinten aus einer Waffe herauskommt. Er entsteht, wenn der sehr schlagempfindliche primäre Explosivstoff sich durch den Schlag des Zündbolzens umsetzt. Dabei setzt er eine Kaskade von Reaktionen in Bewegung, die schließlich zum Lösen des Schusses führen. Die verbrannten Anteile treten dann als Schmauchwolke aus der Waffe aus. Die Zusammensetzung der Schmauchwolke ist spezifisch für den primären Explosivstoff. Bei der Schmauchanalyse versuchen wir, den Schwermetallgehalt des Schmauches mit Verfahren der Elementanalytik, der Rasterelektronenmikroskopie (REM) und kombiniert mit speziellen Spurensicherungsmethoden nachzuweisen.“

Was sind das für Schwermetalle? Seinsche zählt auf: „Quecksilber und Blei spielen eine Rolle, auch Barium, Blei und Antimon. Der Nachweis dieser Stoffe geschieht dabei vorzugsweise nicht integral für eine Gesamtprobe, sondern spezifisch für jedes einzelne Partikel (Abbildung 3). Zur sicheren Differenzierung von schwermetallhaltigen Verschmutzungen durch Stäube oder Straßendreck muss also eine bestimmte Elementkombination auf einem einzelnen Schmauchpartikel, das jeweils nur einige  $\mu\text{m}$  groß ist,

nachgewiesen werden. Man untersucht die Partikel vorzugsweise im Rasterelektronenmikroskop (REM) mit einer automatisierten Suchroutine, bei der jedes einzelne Partikel auf die vorhandenen Elemente hin analysiert wird (Abbildung 4). Es kann eine ganze Nacht dauern, bis nach diesem Verfahren eine Probe abgearbeitet ist.“



Abbildung 1: Gaschromatogramm eines SuperPlus-Ottokraftstoffs (Foto: Martin).

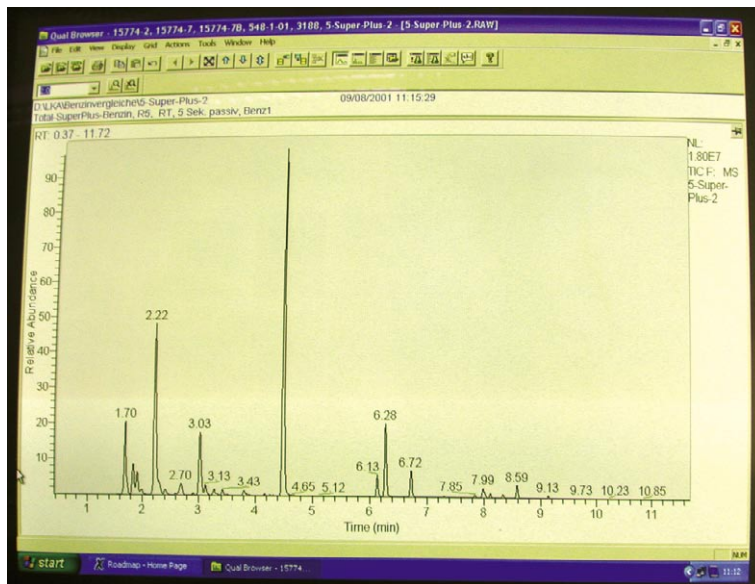


Abbildung 2: ATD-Adsorptionsröhrchen für die Headspace-Analyse (Foto: Martin).

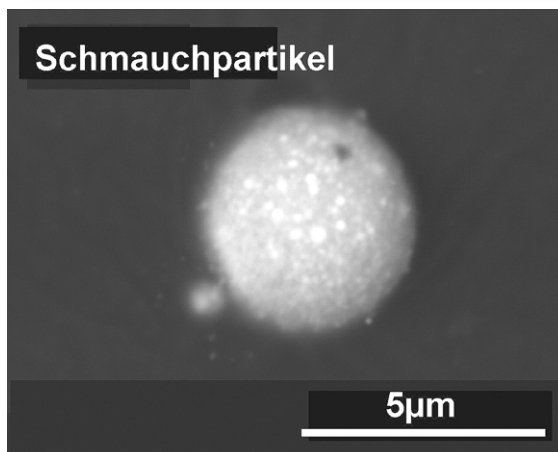


Abbildung 3: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines Schmauchpartikels (Abb.: KTI des LKA Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf).

Wie gewinnt man die Proben? Seinsche zählt auf: „Man versucht zum Beispiel, Schmauchspuren an der Hand des möglichen Schützen nachzuweisen, um einen Hinweis zu bekommen, ob er geschossen hat.“ Und was steht an Geräten zur Verfügung? Seinsche: „Das REM hat einen EDX-Analysator (Energiedispersive Röntgenanalyse). Mit diesem Detektor ist man in der Lage, die Zusammensetzung der einzelnen Schmauchpartikel zu bestimmen. Ein mögliches Ergebnis wäre dann, dass auf der Probe 500 Partikel feststellbar sind, und in 100 davon haben wir eine Elementkombination gefunden, die typisch ist für Schmauchpartikel. Ein

Abbildung 4:  
Spektrum der  
Schmauchpartikel  
(Abb.: KTI des  
LKA Nordrhein-  
Westfalen,  
Düsseldorf).

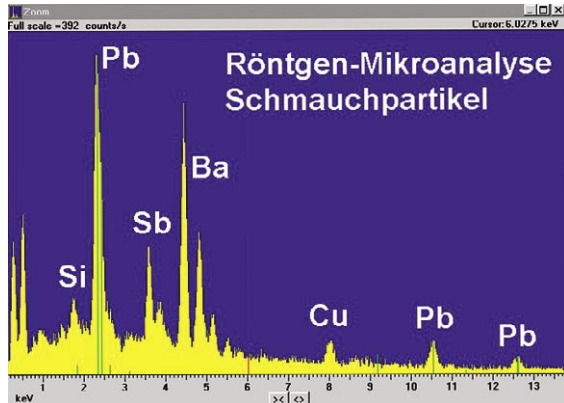


Abbildung 5:  
Detonierete  
Rohrbombe (alle  
Fotos dieser  
Doppelseite:  
Martin).



Abbildung 6:  
Mitarbeiterin  
Doris Schneider  
zeigt eine  
Haschischplatte.



derartiger Befund legt dann in der Regel nahe, dass die Hand des tatsächlichen Schützen beprobt wurde. Man kann das Verfahren auch variieren und bei Schussopfern die Kleidung oder bei Leichen Hautpartien hinsichtlich möglicher Einschüsse untersuchen. Man kann durch die quantitative Analyse von Schmauch auf Kleidung oder an Haut auch Rückschlüsse auf die Schussentfernung ziehen, sofern man die Originalwaffe zur Verfügung hat. Hierzu wird häufig auch das Verfahren der Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) eingesetzt. Weitere hochempfindliche Verfahren der Elementanalytik, die Totalreflexions-Röntgenfluoreszenz-Analyse (TXRF) und die Induktiv gekoppelte Plasma-Massenspektrometrie (ICP-MS) werden ebenfalls ergänzend zum Einsatz gebracht.

### Bestimmung von Explosivstoffen

Ein weiteres Arbeitsfeld ist die Explosivstoffanalyse. Hier werden vor allem unbekannte Stoffe aus polizeilichen Sicherstellungen untersucht, bei denen der Verdacht besteht, es handle sich um explosives Material. Explosivstoffe decken einen weiten Bereich anorganischer und organischer Stoffe beziehungsweise Mischungen ab. Beispielhaft seien Schwarzpulver, „Chlorat-Knallsätze“ aus Feuerwerk, Ammoniumnitrat, aber auch brisantere Explosivstoffe auf Basis nitrierter organischer Substanzen erwähnt. Die angewandten Untersuchungsverfahren decken daher sowohl anorganische als auch organische Analysemethoden ab. Dabei ist die verwendete Methodik nicht speziell, aber das Wissen um und die Erfahrung im Umgang mit Explosivstoffen machen diese Arbeit so interessant und anspruchsvoll.

Wenn es zu Sprengstoffanschlägen kommt, das ist in Deutschland bisher gottlob sehr selten, gehen spezialisierte Kräfte der Polizei an den Tatort und versuchen Rückschlüsse auf die verwendeten Sprengstoffe zu ziehen. In der Folge kommt es dann zu speziellen Fragestellungen an uns. Zum Beispiel: Können Ihr an diesem Metallteil noch etwas nachweisen (Abbildung 5). Dann werden feine Abriebe genommen und es wird versucht, Explosivstoffe oder Umsetzungsprodukte nachzuweisen und zu bestimmen. Solche Abriebe können auch am Boden oder an Gebäudeteilen genommen werden. Wichtig für die weitere Arbeit der Sprengstoffermittler ist, dass man durch die Untersuchung Hinweise erlangt, ob es sich bei den umgesetzten Sprengstoffen um militärische, gewerbliche oder „selbst hergestellte“ Sprengstoffe (Selbstlaborate) gehandelt hat.“

### Analyse von Betäubungsmitteln

Das umfangreichste Arbeitsgebiet des Fachbereichs ist die Analyse von Betäubungsmitteln. Seinsche beschreibt die Aufgaben: „Wir suchen und charakterisieren Stoffe, die dem Betäubungsmittelgesetz (BtMG) unterliegen. In Deutschland ist es eine Besonderheit,

dass es nicht ausreicht festzustellen, dass jemand ein Betäubungsmittel mit sich führt, sondern es wird differenziert, welche Mengen er bei sich hat. Man kann vereinfacht sagen, dass das Gericht bei einem späteren Urteil zwischen dem reinen Konsumenten und dem Händler differenzieren muss. Dazu hat die höchstrichterliche Rechtsprechung für jede Drogenart Grenzen des zugrunde liegenden BtM-Wirkstoffes festgelegt. Diese Grenzwerte bestimmen also, ob eine mitgeführte Drogenmenge noch als Menge für den Eigenkonsum bewertet werden kann oder ob bereits der Handel mit BtM angenommen werden muss. Als Konsequenz müssen daher sämtliche Drogensicherstellungen hinsichtlich ihres Wirkstoffgehaltes quantifiziert werden. Wenn jemand eine Haschplatte (Abbildung 6) mit sich führt, bestimmen wir folglich den Wirkstoff Tetrahydrocannabinol (THC).

„Standarddrogenarten“ sind zunächst im Bereich Cannabis, Marihuana und Haschisch. Mittlerweile wird in Deutschland relativ viel Cannabis in illegalen Plantagen angebaut, während früher fast ausschließlich fertige „Konsumprodukte“ illegal eingeführt wurden. Weiterhin zu nennen sind die Bereiche Heroin, Cocain (Abbildung 7) und Crack, eine spezielle auf den Körper besonders zerstörerisch wirkende Konsumform des Cocains. Dann haben wir den ganzen Bereich der synthetisch hergestellten Stoffe („Designerdrogen“). Bei den synthetischen Drogen denkt man vor allem an Amphetamin und das häufig als „Partydroge“ in Tablettenform konsumierte Extasy (Abbildung 8). Diesen Stoffen sagt man „wachmachende“ das heißt stimulierende bis hin zu halluzinogenen Wirkungen nach.

Spannend und anspruchsvoll ist in diesem Zusammenhang die Beschlagnahme illegaler Laboratorien, bei denen der Verdacht besteht, dass dort Drogen synthetisiert wurden. Hier geht es darum, auch Ausgangs- und Hilfssubstanzen für die Herstellung zu erkennen und nachzuweisen. Für beweiskräftige Untersuchungen ist es allerdings notwendig, nicht nur legal weit verbreitete Stoffe wie Aceton, Acetanhydrid oder Zinkspäne zu finden, sondern nach Möglichkeit Reste von End- oder Zwischenprodukten nachzuweisen, die dem BtMG unterstehen.

Kann man die Betäubungsmittel auch im Körper nachweisen? Die Mengen sind ja wahrscheinlich sehr klein. Seinsche erläutert: „Das Landeskriminalamt macht diese Untersuchungen nicht, da gibt es eine Art Aufgabenteilung. Der Nachweis von Betäubungsmitteln in Körperflüssigkeiten (Urin oder Blut) wird von rechtsmedizinischen Instituten durchgeführt.“

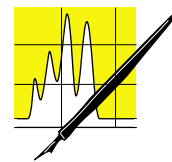
### Chemie ist der Schwerpunkt

Was sind das für Leute, die bei Ihnen arbeiten? Seinsche zählt auf: „Der gesamte Fachbereich Chemie und Physik umfasst über 20 Personen, und wir haben dabei außer promovierten Diplomchemikern, FH-Ingenieuren der Fachrichtung Chemie, Chemotechnikern, Chemisch-technischen Assistentinnen, Chemielabo-

ranten auch Ingenieure anderer Fachrichtungen und Physikingenieure mit an Bord. Der Schwerpunkt ist ganz klar im Bereich Chemie. Die wenigsten hatten vor ihrem Eintritt in unsere Labore forensische Vorkenntnisse; die für die Arbeit bei uns so wichtigen forensischen Erfahrungen werden hier erworben. Jedes Bundesland hat ein Landeskriminalamt mit ähnlichem Aufgabenzuschnitt: Das Bundeskriminalamt in Wiesbaden hat ein sehr großes hervorragend ausgestattetes kriminaltechnisches Institut, hier bestehen intensive Arbeitskontakte. Das LKA Düsseldorf arbeitet zur Zeit daran, einen Neubau zu bekommen, um auch die Gebäudeausstattung modernen Anforderungen anzupassen. Unsere Geräte sind bereits jetzt auf einem sehr guten Stand.

Standardfrage zum Schluss: Worauf sind Sie besonders stolz? Seinsche zögert etwas, dann meint er: „Was ich an unserer Aufgabenstellung schätze, das ist die Motivation für diese Tätigkeit. Die Aufgabenstellung ist nicht nur methodisch interessant und sehr vielseitig, sondern hat auch tatsächlich einen Sinn. Für uns ist es eine wichtige Motivation zu wissen, dass unsere Arbeitsergebnisse bei der Aufklärung von Straftaten Gewicht haben, und zwar in einem Fall in einer für die Tatverdächtigen beziehungsweise Angeklagten belastenden und im nächsten Fall vielleicht in einer entlastenden Weise. Das ist etwas, was man sich motivierend jeden Tag auf die Fahnen schreiben kann.“

CLB



AUFsätze



Abbildung 7: „Traum des Konsumenten“: In der Glasschale sind ca. 100 g Kokain.



Abbildung 8: Proben verschiedener Partydrogen.

## Weltweit größte Kondensatorbank im Forschungszentrum Rossendorf 50 Megajoule erzeugen 100 Tesla

**K**ürzlich wurde das Herzstück des neuen Hochfeld-Magnetlabors Dresden in Betrieb genommen: die zehn Millionen Euro teure Kondensatorbank. Es handelt sich um die derzeit modernste und größte Kondensatorbank, die eine Energie von 50 Megajoule speichern kann und die einzig und allein dazu dienen soll, speziell entwickelte Magnetspulen mit sehr hohen und kurzen Energiepulsen anzutreiben. Damit ist im Forschungszentrum Rossendorf ein wichtiger Meilenstein zurückgelegt auf dem Weg zum ehrgeizigen Ziel, die stärksten gepulsten Magnetfelder in Europa für die Forschung zu erzeugen.

Um ein Magnetfeld mit der Feldstärke von 100 Tesla, also dem Dreieinhalbmillionenfachen des Erdmagnetfeldes, zu erreichen, wird eine elektromagnetische Energie von 50 Megajoule (MJ) und ein Spitzenstrom von mehreren hundert Kiloampere (kA) benötigt. Die modernste und effizienteste Methode, diese Energie zu speichern und pulsartig in die Magnetfeldspule zu übertragen, ist die Verwendung einer Pulsentladungskondensatorbank.

Die Rossendorfer Energieversorgung-Anlage „EVA“ ist in Kooperation mit der Rheinmetall AG konzipiert und umgesetzt worden. Sie lässt sich mit kleinem Strom

kostengünstig aufladen und dann mit großem Strom vollständig entladen (50 MJ, 24 kV, 600 kA). Per Knopfdruck wird man nun die Energie freisetzen können, die beim Abbremsen einer Diesellok von 150 km/Stunde auf 0 km/Stunde freiwerden würde, und zwar in dem unglaublich kurzen Zeitraum von wenigen hundert Millisekunden.

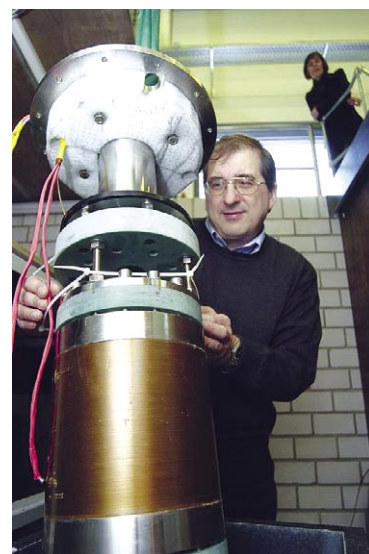
Ein weiterer Meilenstein ist für das Frühjahr 2006 geplant, nämlich der Test und die Inbetriebnahme der neuen Magnetspule KS3a, wobei KS für Kompaktspule steht. Diese neue Generation soll immerhin schon eine Magnetfeldstärke von 70 Tesla bei einer zehnmal längeren Pulszeit als bisher erzeugen, womit der von den Rossendorfer Physikern aufgestellte Deutschlandrekord von gut 65 Tesla bei einer Pulszeit von etwa 10 Millisekunden überboten wird.

Das Hochfeld-Magnetlabor Dresden wird ab Januar 2007 als attraktives Nutzerlabor mit einzigartigen experimentellen Möglichkeiten für Kooperationspartner aus der Dresdner Wissenschaft sowie für Forscher aus ganz Europa offen stehen.

Hohe gepulste Magnetfelder sind von großem Interesse für Forschungen etwa auf den Gebieten Hochtemperatursupraleiter, Charakterisierung von Metallen und Halbleitern oder auch für ingenieurtechnische Anwendungen wie die Materialumformung. So sind starke Magnetfelder genauso wie Hochdruckpressen in der Lage, Stähle oder Leichtmetalle zu verformen. Damit lassen sich spezielle Einzelteile für den Automobil- oder Flugzeugbau herstellen. Aber auch die Charakterisierung von modernsten halbleitenden oder optoelektronischen Materialien erfolgt idealerweise in hohen Magnetfeldern und bei tiefen Temperaturen. So kann zum Beispiel die Elektrodendichte von halbleitenden Ma-

terialien hoch präzise bestimmt werden oder optoelektronische Eigenschaften mit besonderer Genauigkeit charakterisiert werden. Auch die Spintronik (aus den Worten Spin und Elektronik) gehört zu den bereits angelaufenen Forschungsarbeiten. Die Spintronik betritt gänzlich neue Wege, indem das magnetische Moment des Elektrons zur Informationsdarstellung und -verarbeitung ausgenutzt wird, zusätzlich zur Ladung wie in der herkömmlichen Halbleiter-Elektronik. Forscher erwarten sich von der Spintronik neue Bauelemente, die mit dem Spin des Elektrons schalten und damit um ein Vielfaches schneller sein könnten als die heute üblichen Elemente. „Mit der im Hochfeld-Magnetlabor Dresden betriebenen Vorlaufforschung“, so ist sich der Institutsdirektor Prof. Joachim Wosnitza sicher, „kann die Mikroelektronik-Industrie zukünftig neue Bauteile mit noch schnelleren Prozessoren oder höheren Speicherdichten produzieren. Diese Vorlaufforschung ist gerade für den Mikroelektronik-Standort Dresden unverzichtbar.“

Prof. Joachim Wosnitza mit einer der im FZR entwickelten Magnetfeldspulen.



Kondensatorbank des Hochfeld-Magnetlabors im FZR (Fotos: FZR).



## Namensgeber von SI-Einheiten (Teil 2)

# Nicola Tesla (1856-1943)

Nicola Tesla wurde am 10. Juli 1856 in Smiljan beim Städtchen Gospic in Dalmatien als Sohn eines Priesters der orthodoxen kroatischen Kirche geboren. Bereits während des Studiums auf der Mittelschule bewies er eine hervorragende Begabung für Mathematik und Physik. Von 1875 an studierte er an der Technischen Hochschule in Graz. Nach kurzer Unterbrechung wegen finanzieller Schwierigkeiten beendete er das Studium in Prag.

Von der Prager Universität ging er nach Budapest und nahm eine Tätigkeit in der dortigen Telefongesellschaft auf. Er machte durch einige praktische Erfindungen auf sich aufmerksam, so dass ihm von einer Pariser Elektrizitätsgesellschaft, die zum Edison-Konzern gehörte, die Stelle eines Ingenieurs angeboten wurde. Bereits damals trug sich Tesla mit dem Gedanken, einen Elektromotor für Mehrphasen-Wechselstrom zu konstruieren, der die Nachteile der damaligen Einphasenmotoren beseitigen würde. Im Jahre 1882 nahm er das Angebot an und ging nach Paris. Hier gelang es ihm, in seiner eigenen kleinen Werkstatt den ersten Motor ohne Kommutator, ohne Bürsten, genau nach seinen Budapester Vorstellungen zu bauen. Mit der Erfindung hatte

Nicola Tesla (1856–1943)



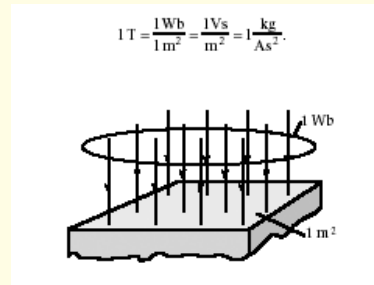
### Tesla

Tesla (T) ist die abgeleitete SI-Einheit der fundamentalen Größe des magnetischen Feldes, der magnetischen Induktion  $B$ . Diese ist gleichzeitig auch die Flächendichte des magnetischen Flusses  $\Phi$ , der in der Einheit  $Vs = Wb$  (Weber) gemessen wird.

#### Definition des Tesla (T)

Für den Zusammenhang zwischen  $B$  und  $\Phi$  gilt die Definition  $B = \Phi/A$ , wobei  $A$  die vom Fluss  $\Phi$  durchsetzte Fläche ist. Daraus ergibt sich für die Einheit Tesla (T) die Definition:

$$1T = 1Wb/1m^2 = 1Vs/m^2 = 1kg/As^2$$

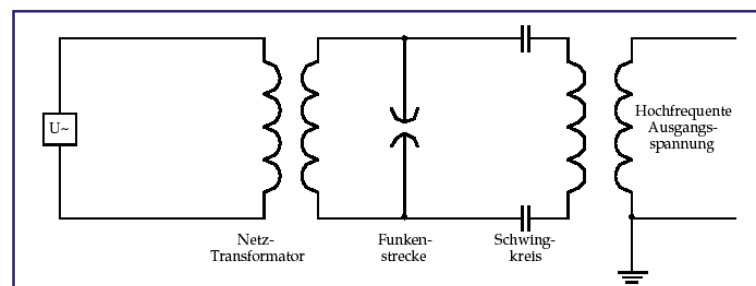


er bei den Vorgesetzten der Gesellschaft kein Glück.

Zwei Jahre später befand er sich auf einer Reise nach Amerika, wo er über ein Jahr bei der Edison-Gesellschaft arbeitete. Aber auch hier fand er keine Möglichkeit, seine Erfindung zur Geltung zu bringen, und daher dachte er daran, sich selbstständig zu machen. Das gelang ihm erst beim zweiten Versuch, als im Jahre 1887 die Gesellschaft „Tesla Electric Company“ ins Leben gerufen wurde. Noch im gleichen Jahr meldete er die grundlegenden Patente an, die sich auf die Drehfelder und die Elektroenergieübertragung bezogen. Auf dem Gebiet der Drehfelder erwarb Tesla insgesamt 41 Patente, und seine Arbeit erregte in Fach- und Geschäftskreisen ein gewaltiges Interesse.

Im Jahre 1887 baute Nicola Tesla einen zweisträngigen Induktionsmotor (Drehfeldmotor) für Zweiphasen-Wechselstrom mit einer Eisenscheibe als Läufer (Kurzschlussläufer), der jedoch keine befriedigenden Ergebnisse zeigte. Er gründete die Tesla-Electric-Company und entwickelte weitere Motoren und Generatoren für Mehrphasen-Wechselstrom, um seine besonderen Ideen zu verwirklichen und zur Anerkennung in der Fachwelt zu verhelfen.

Neben Tesla hatten sich auch in Europa Pioniere der Elektrotechnik mit der Entwicklung von Wechselstrommotoren beschäftigt. Zu ihnen gehörte der deutsche Ingenieur Michael von Dolivo-Dobrowolsky (1862–1919), der im Jahre 1889 einen robusten Drehstrom-



Prinzipschaltung des Tesla-Transformators

## Proteine, Gene und Hormone

**Beschädigte DNA** behindert den ungestörten Ablauf der DNA-Replikation. Dann müssen Reparatur-Polymerasen (translesion polymerases) die Läsion erkennen und ausbessern. Biochemiker der Uniklinik Frankfurt am Main konnten zeigen, dass die Fähigkeit dieser Polymerasen, Ubiquitin zu binden, entscheidend ist, um an der beschädigten Stelle die Replikation fortzusetzen. Die Ergebnisse liefern einen langgesuchten Hinweis darauf, wie die Reparatur-Polymerasen Zugang zur beschädigten Stelle bekommen, während die üblichen Polymerasen die DNA nicht weiter replizieren.

**Das Johanson-Blizzard Syndrom (JBS)**, eine seltene Erbkrankheit mit Degeneration des Pankreas schon im Mutterleib, führt zu zahlreichen körperlichen Veränderungen. Wissenschaftler der Universitäten Erlangen und Greifswald haben nicht nur den Genort der Vererbung auf dem langen Arm von Chromosom 15 (15q14-21.1) ausfindig gemacht, sondern auch eine Störung des UBR1-Gens festgestellt. Bei normaler Funktionsweise markiert dieses Enzym fehlerhafte Proteine für den Abbau. Diese Entdeckung ermöglicht künftig einen sicheren diagnostischen Test.

**Die drei Pilze *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus fumigatus* und *Aspergillus nidulans*** zählen zwar zur gleichen Gattung, sind genetisch aber so unterschiedlich wie Fische und Menschen. Ein internationales Forscherkonsortium mit deutscher Beteiligung hat die Genomsequenzen dieser Schimmelpilze zusammengetragen und verglichen. Die Resultate erlauben neue Rückschlüsse über die Genomevolution und Genomregulation im Allgemeinen und werden helfen, die Bekämpfung lebensbedrohlicher Infektionen maßgeblich voranzutreiben.

**Sepsis** bei Schwerverletzten nach einem Auto- oder Brandunfall führt häufig zum Multiorganversagen. Wissenschaftler der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH) haben im Tierversuch gezeigt, dass mit der Gabe des spezifischen anti-C5a-Antikörpers der Tod durch septisches Herzversagen in vielen Fällen verhindert werden kann. Dabei wird das übermäßig gebildete Komplement Anaphylatoxin C5a, welches die Kontraktionsfähigkeit der Herzmuskelzellen herabsetzt, blockiert.

**Das Prader-Willi-Syndrom** führt im frühen Kindesalter zu Störungen der Entwicklung und des Nervensystems. Forscher der Universität Erlangen-Nürnberg haben zeigten, dass der bei dieser Krankheit fehlende Genabschnitt wichtige Informationen für sehr kleine Ribonukleinsäuren, die den Informationsfluss bei der Bildung von Körperproteinen steuern, enthält. Diese kleinen Ribonukleinsäuren sind Kontrollelemente, die sich an Boten-Ribonucleinsäuren anlagern, die den eigentlichen Bauplan für die Proteinsynthese tragen.

Asynchronmotor mit Käfigläufer zum Patent anmelden konnte.

Damit war man in Europa der amerikanischen Entwicklung um einige Jahre voraus. Erst im Jahre 1894 war in den USA die Entwicklung soweit vorangeschritten, dass man mit der serienmäßigen Fertigung von gebrauchsfähigen Drehstrom-Induktionsmotoren beginnen konnte.

Unbestreitbar bleibt jedoch Teslas Beitrag zur Entwicklung von Mehrphasenmotoren und zur Klärung der physikalischen Grundlagen von mehrphasigen Übertragungssystemen.

Im Jahre 1889 wendete sich Nicola Tesla Experimenten mit Hochfrequenzströmen zu und entwickelte einen Hochfrequenz-Transformator, mit dem er weltberühmt wurde. Das Gerät, das als Tesla-Transformator bezeichnet wird, diente der Erzeugung von sehr hohen Hochfrequenzspannungen. Die wesentlichen Bauteile des Tesla-Transformators sind ein Netz-Transformator, eine Funkenstrecke und ein Schwingkreis,

dessen Spule mit einer weiteren Hochfrequenzspule gekoppelt ist. Da der Schwingkreis eine Resonanzfrequenz hat, die mit der anregenden Netzfrequenz übereinstimmt, entstehen in ihm durch „Resonanzüberhöhung“ sehr viel höhere Spannungen als bei einem normalen Transformator. Diese hohen Spannungen führten in einem verdunkelten Raum zu starken Sprühercheinungen und konnten Gasentladungslampen noch in einiger Entfernung zum Aufleuchten bringen. Praktische Anwendung fand der Tesla-Transformator in der Elektromedizin, da die hochfrequenten Ströme für den menschlichen Körper ungefährlich sind. Mit der Erfindung des Hochfrequenz-Transformators schuf Tesla aber nicht nur die Grundlage der Hochfrequenz-Therapie, sondern auch eine erste Grundlage für die drahtlose Energieübertragung.

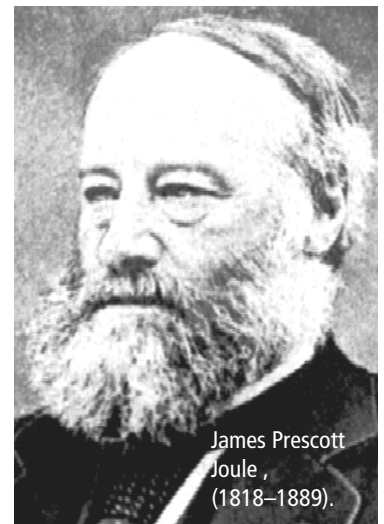
Nicola Tesla starb am 7.1.1943 im 87. Lebensjahr in New York (USA). Ein Denkmal von ihm steht an den berühmten Niagara-Wasserfällen.

## Namensgeber von SI-Einheiten (Teil 3)

### James Prescott Joule (1818-1889)

James Prescott Joule wurde am 24. Dezember 1818 in Salford bei Manchester als Sohn eines Bierbrauereibesitzers geboren. Da er körperlich schwach war, erhielt er seine Erziehung bis zum fünfzehnten Lebensjahr zu Hause. Auch später studierte er Chemie, Physik und Mathematik privat bei dem berühmten englischen Physiker und Chemiker John Dalton.

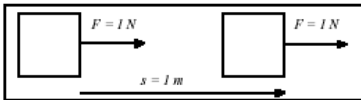
Als Zwanzigjähriger machte Joule durch die Erfindung eines Elektromotors auf sich aufmerksam, indem er die Drehbewegung eines vom Strom durchflossenen Leiters in einem Magnetfeld nutzte. Der Vater richtete ihm ein eigenes Laboratorium ein, und er begann sich mit der Untersuchung elektromagnetischer Effekte zu befassen. Seine Arbeiten veröffentlichte er in wissenschaftlichen Zeitschriften.



James Prescott Joule, (1818–1889).

Im Jahre 1840 entdeckte er, dass sich Körper nur bis zu einer bestimmten „Sättigungs-Magnetisierung“ magnetisieren lassen, die nicht überschritten werden kann. Längere Zeit untersuchte er

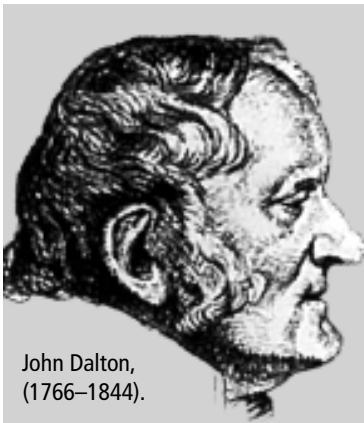




experimentell die Wärmemenge, die durch die Wirkung des elektrischen Stromes entwickelt wird und stellte ein Gesetz auf, das später nach ihm benannt wurde. Dieses Gesetz besagt, dass eine in einem stromdurchflossenen Leiter entwickelte Wärmemenge dem Quadrat der Stromstärke, dem elektrischen Widerstand des Leiters und der Zeit direkt proportional ist. Seine Entdeckungen veröffentlichte Joule 1840 in den „Protokollen“ der Londoner Royal Society.

Ein weiteres Gebiet Joulescher experimenteller Untersuchungen war die Ermittlung des mechanischen Wärmeäquivalents, das heißt der Arbeit, bei der die in Wärme umgewandelte mechanische Energie eine Wärmeinheit ergibt. Joule kam bereits bei seinen Versuchen mit der Elektrizität zu der Schlussfolgerung, dass die mechanische Energie in Wärme umgewandelt wird. Die Ergebnisse seiner Messungen publizierte er in der Arbeit „Über den Wärmeeffekt der magnetischen Elektrizität und den mechanischen Wert der Wärme“ im Jahre 1843 und in weiteren Arbeiten zwischen 1847 und 1850.

Neben der wissenschaftlichen Arbeit leitete Joule zusammen mit seinem Bruder die Bierbrauerei des verstorbenen Vaters. Nach dem Tode seiner Gattin 1854 verkaufte er die Brauerei und widmete sich aus-



### Joule

Joule (J) ist die abgeleitete SI-Einheit der Arbeit und der Energie und damit eine der wichtigsten Einheiten der Physik und der Technik. Salopp ausgedrückt ist Joule die Einheit, für die man, je nach Energieform mehr oder weniger, bezahlen muss.

#### Definiton des Joule (J)

1 Joule ist die Arbeit, die verrichtet wird, wenn die Kraft 1 Newton an einem Körper angreift und sich der Angriffspunkt in Richtung der Kraft um 1 Meter verschiebt (siehe unten).

$$1\text{ J} = 1\text{ N} \cdot 1\text{ m} = 1\text{ Nm} = 1\text{ Kg m s}^{-2} = 1\text{ Ws}$$

schließlich der wissenschaftlichen Arbeit.

Es interessierten ihn vor allem die Eigenschaften der Gase; Joule erforschte sie als erster eingehend sowohl experimentell als auch theoretisch vom Standpunkt molekular-kinetischer Vorstellungen aus. So berechnete er die Geschwindigkeit der Wärmebewegung der Gasmoleküle und untersuchte die Abhängigkeit ihrer Geschwindigkeit von der Temperatur. Weiterhin begründete er theoretisch das Boyle-Mariottesche und das Gay-Lussacsche Gesetz, ermittelte die spezifische Wärmekapazität einiger Gase und erklärte den Gasdruck durch Stöße der Gasmoleküle auf die Wandung eines Gefäßes. Einige Untersuchungen stellte Joule gemeinsam mit dem Physiker William Thomson (dem späteren Lord Kelvin) an. Von den insgesamt 97 veröffentlichten Jouleschen wissenschaftlichen Arbeiten waren 20 gemeinsam mit Thomson entstanden. So entdeckten sie gemeinsam, dass beim Übergang eines frei expandierenden Gases aus einem Hochdruckgefäß in ein Gefäß mit geringerem Druck die Temperatur der meisten Gase und der Luft absinkt. Diese Erscheinung wurde später Joule-Thomson-Effekt genannt. Durch wiederholte Anwendung dieses Effektes kann man viele Gase, zum Beispiel Luft, so weit abkühlen, dass sie flüssig werden.

Joule war seit 1850 Mitglied der Londoner Royal Society. Im Jahre 1878 setzte er sich zur Ruhe. Er starb am 11. Oktober 1889 in Sale bei London.

### Proteine, Gene und Hormone

„**Alternatives Spleißen**“ heißt, dass aus einem Gen verschiedene Proteine hergestellt werden können. Wissenschaftler des Nationalen Genomforschungsnetzes (NGFN) identifizierten 64 genetische Veränderungen, die für Spleißen an NAGNAG-Stellen relevant sind und bestimmen, welche Proteine von dem betroffenen Gen hergestellt werden.

**Der „Serum Response Factor“** (SRF) steuert das Auswachsen der Nervenzellausläufer im Hippocampus, führt die Ausläufer auf dem richtigen Weg in andere Gehirnbereiche und sorgt außerdem für die gezielte Verschaltung mit anderen Nervenzellen, wie Forscher der Universitäten Tübingen und Freiburg in Untersuchungen an Mäusen festgestellt haben. Diese Erkenntnisse könnten neue Möglichkeiten bei der Behandlung von Demenz und Neurodegeneration eröffnen.

**Die Nervenzellneubildung** bei Erwachsenen wird durch ein Netzwerk von Stammzellgenen gesteuert. Wissenschaftler vom Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin (MDC) Berlin-Buch und der Charité Berlin identifizierten 12 Gene, die wahrscheinlich Schlüsselpositionen in den regulatorischen Netzwerken innehaben, da sie ihre eigene Expression kontrollieren. Zwei dieser Gene sind bekannte Stammzellgene, für sechs lässt sich ein plausibler Bezug zur Neurogenese herstellen, die Übrigen sind neu. Die Ergebnisse zeigen, dass bei komplexen biologischen Vorgängen die Erforschung von Gen-Netzwerken hilfreicher sein kann, als die Analyse einzelner Kandidatengene.

**An Diabetes mellitus Typ II** leiden in Deutschland fünf Millionen Menschen. Biochemiker der RWTH Aachen entwickelten ein synthetisches Molekül namens IAPP-Mimetikum, das zusammen mit Insulin Krankheitssymptome von Diabetikern abschwächen kann. Das neue Molekül ist biologisch aktiv wie natürliches IAPP, aber gleichzeitig viel löslicher. Es tritt mit dem körpereigenen IAPP in Interaktion. Dadurch wird verhindert, dass sich native IAPP Moleküle zusammenballen und Konglomerate entwickeln, die die Insulin produzierenden Zellen der Bauspeicheldrüse zerstören.

## Forschungsstandort Deutschland

# Kaum eine Weiterentwicklung

**Der Forschungsstandort Deutschland entwickelt sich kaum weiter. Dies ist das Ergebnis der neuesten Erhebung des Stifterverbandes zu Forschung und Entwicklung in der Wirtschaft.**

Danach wendete der Wirtschaftssektor im Jahr 2004 insgesamt 46,3 Milliarden Euro für Forschung und Entwicklung (FuE) auf. Das waren 0,5 Prozent oder 221 Millionen Euro weniger als 2003. Erst für 2005 (47,3 Mrd. Euro) und 2006 (48 Mrd. Euro) planen die Unternehmen wieder größere Aufwendungen für FuE.

Der Vizepräsident des Stifterverbandes, Jürgen Hambrecht (BASF), der die Zahlen heute in Essen vorstellte, sagte dazu: „Innovationen sind der Schlüssel zur Zukunftsfähigkeit des Standorts Deutschland. Was wir heute nicht in FuE investieren, können wir morgen nicht in Form von Innovation ernten.“ Hinzu kommt: Der FuE-Standort Deutschland steht und fällt mit der Entwicklung im Kraftfahrzeugbau, der gut ein Drittel der FuE-Auf-

wendungen bestreitet. 2004 investierte dieser Wirtschaftszweig nach zuvor deutlichen Steigerungsraten 3,6 Prozent weniger in FuE.

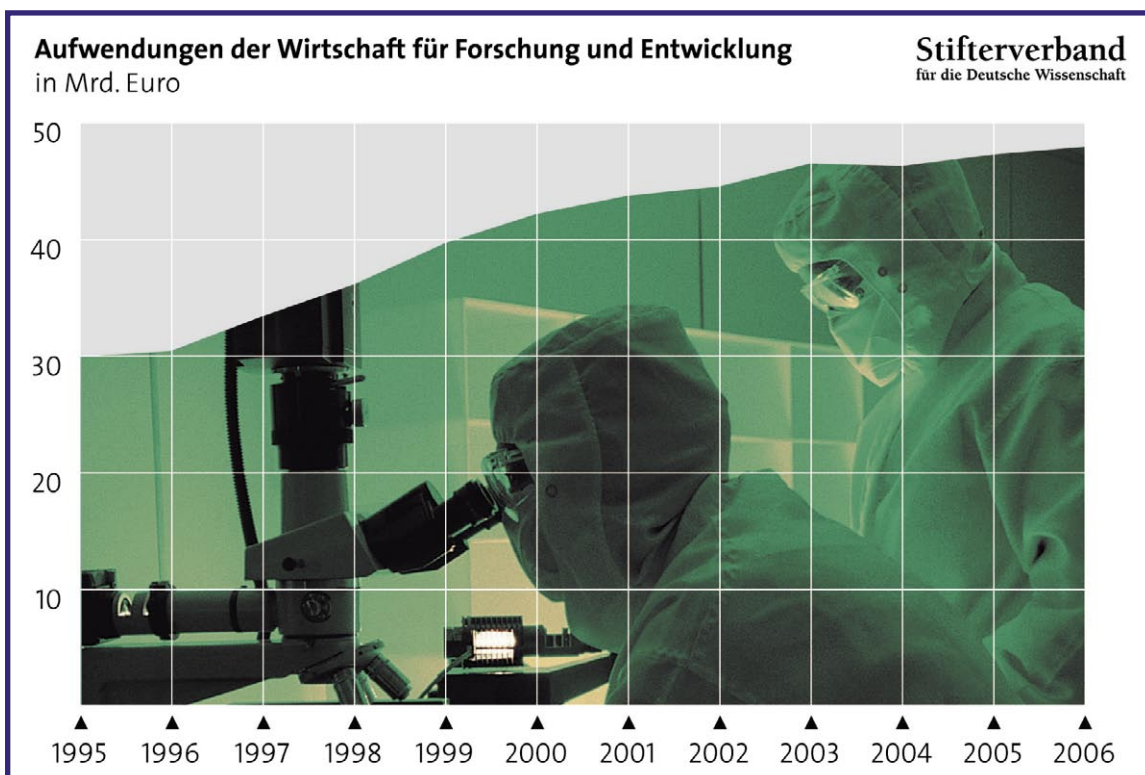
Der Anteil der Bruttoinlandsaufwendungen für FuE am Bruttoinlandsprodukt (BIP) sank von 2,52 Prozent (2003) wieder auf 2,48 Prozent im Jahr 2004. Damit liegt Deutschland im internationalen Vergleich nur auf Platz sieben. „Vom viel beschworenen ‚Lissabon‘-Ziel, drei Prozent des BIP für FuE einzusetzen, haben wir uns in Deutschland wieder weiter entfernt“, betonte Hambrecht. Grund dafür ist – neben den stagnierenden FuE-Aufwendungen in der Wirtschaft, dass der Staat sich immer weiter aus der Forschungsfinanzierung zurückzieht. Sein Anteil lag 2004 nur noch bei 30 Prozent. 1995 waren es noch rund 38 Prozent gewesen.

In Bezug auf die Globalisierung von Forschung und Entwicklung profitiert Deutschland zunehmend vom FuE-Engagement ausländischer Unternehmen. Nach den Daten des Stifterverbandes werden

hier zu Lande inzwischen 25 Prozent der FuE-Aktivitäten in Töchtern ausländischer Unternehmen durchgeführt; insgesamt sind dies 12,2 Milliarden Euro. Hingegen sind die FuE-Ausgaben deutscher Unternehmen im Ausland 2003 mit insgesamt 10,9 Milliarden Euro nicht mehr gestiegen.

„Der allenthalben vorgebrachten Klage, der Innovationsstandort Deutschland würde durch FuE-Verlagerung ins Ausland zunehmend erodieren, kann der Stifterverband aufgrund dieser Zahlen nicht folgen“, betonte dessen Generalsekretär Andreas Schlüter.

Der Anteil der Bruttoinlandsaufwendungen am BIP sank von 2,52 Prozent (2003) auf 2,48 Prozent (2004) und ist damit vom Lissabon-Ziel von EU und Bundesregierung, den Anteil bis zum Jahr 2010 auf 3 Prozent zu steigern, wieder weiter entfernt. Deutschland liegt damit zwar in Europa vor Frankreich und Großbritannien, weltweit aber hinter Israel, Schweden, Finnland, Japan, USA und Korea erst an siebter Stelle.



## DFG bewilligt 19 Neueinrichtungen 30,6 Mio. Euro in drei Jahren

**Mit etwa 30,6 Millionen Euro unterstützt die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) in den nächsten drei Jahren personell und materiell 19 neue Forschergruppen. Derzeit fördert die DFG insgesamt 151 Forschergruppen.**

Beim Kauf von Fleisch entscheiden neben dem Preis vor allem Qualität und Geschmack. Hochwertiges Fleisch zeichnet sich unter anderem durch einen bestimmten Wassergehalt aus. Entscheidend ist dabei das Wasserbindungsvermögen des Fleisches, das unter anderem von der Muskelstruktur und von Umweltfaktoren wie Stress abhängig ist. Die Forschergruppe „Genetisch funktionelle Grundlagen des Wasserbindungsvermögens im Schweinefleisch (DRIP)“ an der Universität Bonn will bestimmte Genomregionen identifizieren, die Einfluss auf diese charakteristische Eigenschaft im Schweinefleisch haben. Die interdisziplinäre Gruppe wird neben der genetischen Untersuchung physiologische Prozesse und funktionelle Studien betrachten und sowohl die Biochemie, die Produktkunde, die Tierzucht als auch die Bioinformatik miteinbeziehen.

Weitere Förder-Projekte betreffen die folgenden Themen:

- RWTH Aachen: „Maschinen-, Werkzeug- und Prozessentwicklung für neue Verfahren zur Herstellung von Mikrobauteilen über flüssige Phrasen“,
- Universität Bayreuth: „Electron Transfer Processes in Anoxic Aquifers“,
- Universität Bochum: „Die Aggregation kleiner Moleküle mit präzisen Methoden verstehen - Experimente und Theorie im Wechselspiel“,
- Universität Bonn: „Quantum Control and Simulation with Dis-

tributed Neutral Atom Systems“,

- Universität Darmstadt: „Verbesserung der Qualität von Peer-to-Peer-Systemen durch die systematische Erforschung von Qualitätsmerkmalen und deren wechselseitigen Anhängigkeiten“,
- Universität Frankfurt/Main: „Rift Dynamics, Uplift and Climate Change in Equatorial Africa: Interdisciplinary Research linking Asthenosphere, Lithosphere, Biosphere and Atmosphere“,
- Universität Gießen: „Mechanisms of Compatibility: Reprogramming of Plant Metabolism by Fungal Effector Molecules“,
- Medizinische Hochschule Hannover: „Molekulare Mechanismen zellulärer Motilität“,
- Universität Hannover: „Mikrostrukturierung thermomechanisch hoch beanspruchter Oberflächen“ und „Earth Rotation and Global Dynamic Processes“,
- Universität Heidelberg: „Biologische Funktion von Organometallverbindungen“,
- Universität Konstanz: „The Science of Social Stress (SOSS): Understanding the Interaction of Mind, Brain and Culture in the Response and Adaptation to Stress“,
- Universität Leipzig: „Analysis and Stochastics in Complex Physical Systems“ und „Grammatik und Verarbeitung verbaler Argumente“,
- Universität Marburg: „Polymere Nanocarrier zur pulmonalen Verabreichung von Wirkstoffen“,
- LMU München: „Anfänge (in) der Moderne: Theoretische Konzepte, literarische Figurationen, historische Konstruktionen“,
- Universität Stuttgart: „Gezielte vorbeugende Wartung durch automatisierte Zustandsbeobachtung“ und „Positioning of Single Nanostructures - Single Quantum Devices“.

### Trendbarometer Förderungen

- Das **Bundesministerium für Bildung und Forschung** (BMBF) unterstützt die **Kognitionsforschung** drei Jahren lang mit 6,2 Millionen Euro. Themen sind Wahrnehmung und Aufmerksamkeit, sprachliche Fähigkeiten, Lernen und Gedächtnis sowie Denken und Problemlösen. Experten aus Psychologie, Psychiatrie, Neurologie und Neurophysiologie in sieben Verbänden sollen die komplexen Leistungen des menschlichen Gehirns sowie krankhafte Störungen entschlüsseln, um neue Diagnose- und Therapieverfahren zu ermöglichen.
- Ein internationales Wissenschaftler-Konsortium unter der Leitung des Max-Planck-Instituts für biophysikalische Chemie wird das **Exzellenznetz EURASNET** (European Alternative Splicing Network) aufbauen. Zur Aufklärung des „alternativen Spleißens“ von RNA, einer essentiellen Ebene der Genregulation, werden 30 Arbeitsgruppen aus 13 Ländern ihre Forschungsaktivitäten bündeln. Die Förderung der **Europäischen Union** beträgt 10 Millionen Euro in fünf Jahren.
- Welche Gene und welche molekularen Prozesse dazu führen, dass sich Lebewesen besser an die Umwelt anpassen als andere, ist Gegenstand des von der DFG geförderten **SFBs „Die molekularen Grundlagen evolutionärer Innovationen“**, der am Institut für Genetik der Universität zu Köln gestartet ist. Ein Schwerpunkt ist die Weiterentwicklung der Evolutionstheorie im Rahmen einer engen Zusammenarbeit zwischen Biologie und theoretischer Physik.
- Am Geologisch-Paläontologischen Institut der Westfälischen Wilhelms-Universität wurde das 265 000 Euro teure neue **„Labor für kosmogene Nuklide“** eingeweiht. Kosmische Strahlen lassen in Oberflächengesteinen kontinuierlich kosmogene Nuklide entstehen. Deren Erfassung erlaubt Rückschlüsse auf die Ermittlung von Bewegungsraten seismisch aktiver Störungen, die Ermittlung von Erosionsraten, die Altersbestimmung von Gletscherablagerungen und die Quantifizierung der Reaktion von Flusssystemen auf Klimaschwankungen.
- Die **Merck KGaA** und die **Technische Universität Darmstadt** werden ein Labor für die Erforschung neuartiger anorganischer Verbundmaterialien, die sich als **druckbare Bauteile für hochleistungsfähige elektronische Anwendungen** eignen, gründen. Merck investiert eine Millionen Euro in den Aufbau des Labors, die TU Darmstadt stellt dafür das Personal und Sachmittel.
- Die **Europäische Union** fördert mit 1,33 Millionen Euro ein neues **internationales Graduiertenkolleg namens „INTCHEM“** (Non-Covalent Interactions in Chemistry and Biochemistry) an der Ruhr-Universität, das in die Graduate School of Chemistry and Biochemistry (GSCB) der RUB integriert wird. Das Graduiertenkolleg wird für vier Jahre gefördert und beinhaltet acht Stellen für Doktoranden.

## Biotechnologie didaktisch bestens aufbereitet

Reinhard Renneberg: *Biotechnologie für Einsteiger*. Illustrationen von Darja Süßbier; 298 Seiten; Elsevier GmbH, München. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2006; ISBN 3-8274-1538-1; 39,50 Euro.



Dieses Buch ist ein ganz besonderes Werk. Es ist nicht nur von großem Format, sondern es ist auch sehr reich bebildert. Auf dem Einband, auf der Titelseite und deren Rückseite wird der an „The Hong Kong University of Science and Technology“ lehrende Prof. Dr. Reinhard Renneberg als Autor des Buches genannt, aber die Seite VI ist dann angefüllt mit Namen von Mitarbeitern am gesamten Buch, von Mitarbeitern an Einzelkapiteln und von Autoren, die Beiträge verfasst haben – eine internationale Liste. Die Illustratorin Darja Süßbier

ist laut Angaben des Verlags auch für Grafik und Layout verantwortlich; für den Autor ist sie die beste „Bio-Grafikerin“ Deutschlands. Autor und Illustratorin haben in der Tat einen neuartigen Lehrbuchtyp geschaffen.

Der Autor bietet das zu vermittelnde Wissen in 10 Kapiteln an: 1. Bier, Brot, Käse; 2. Enzyme; 3. Die Wunder der Gentechnik; 4. Weiße Biotechnologie; 5. Viren, Antikörper und Impfungen; 6. Umwelt-Biotechnologie; 7. Grüne Biotechnologie; 8. Embryonen, Klone und transgene Tiere; 9. Herzinfarkt, Krebs und Stammzellen; 10. Analytische Biotechnologie und das Human genom. Jedes Kapitel umfasst rund 20 bis 30 Seiten,

und die sind groß (siehe oben), so dass genügend Platz ist um viel zu zeigen und zu sagen. Zeigen nenne ich bewusst zuerst, denn man blättert erst einmal in dem Buch, um sich die vielen schönen Zeichnungen, Übersichten und Fotos anzusehen. Auch bei den Bildunterschriften merkt man, wie vielseitig das Buch ist. Dieser Eindruck wird beim systematischen Lesen bestätigt.

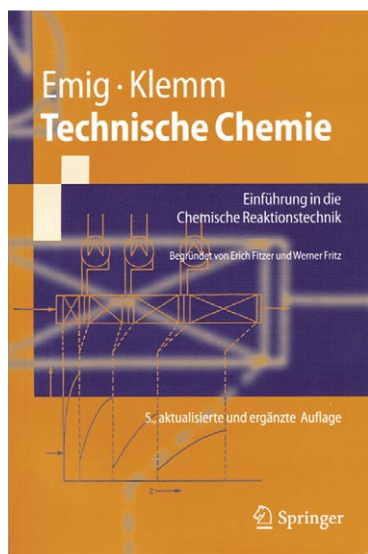
Auch wenn ein Leser das Buch nicht systematisch von vorn nach hinten durcharbeitet, sondern gelegentlich darin liest, erkennt er, dass er den Kauf des Buches nicht bereuen muss. Er wird oft bei den „Boxen“ hängen bleiben, kleinere, bebilderte und eingeraumte Fachaufsätze zu speziellen, häufig historischen Themen. Einige Beispiele für Boxen-Themen: Pasteur, Liebig und Traube – was ist Fermentation? Wie die Enzyme entdeckt wurden. Insulinherstellung. Antikörper. Das Proalcoo-Programm Brasiliens. Die Riesenmaus. Klonen in Deutschland.

Wer über das Lesen oder Studieren der verständlichen Texte hinaus aktiv werden will, kann die Fragen zur Selbstkontrolle am Ende der Kapitel beantworten, die ebenfalls dort angegebenen Weblinks nutzen oder gar die verwendete und weiterführende Literatur zu Rate ziehen.

Wohlgemerkt: Es handelt sich zwar um ein Einsteiger-Buch, aber es setzt Grundkenntnisse und die Bereitschaft Neues zu lernen voraus. Wenn Sie an der Biotechnologie interessiert sind, sollten Sie den Kauf dieses schönen und guten Buches ins Auge fassen. Die Investition lohnt sich. Vertrauen Sie nicht auf eine Ausleihe in einer Bibliothek, denn die Vormerkliste wird lang sein. *Reinhold Ellmer*

## Lehrbuch-Klassiker für die Technische Chemie

Gerhard Emig, Elias Klemm: *Technische Chemie. Einführung in die chemische Reaktionstechnik*. 5. aktualisierte und ergänzte Auflage; 568 Seiten; Springer Verlag Berlin Heidelberg New York 2005; ISBN 3-540-23452-7; 64,95 Euro.



Die Lehrinhalte der „Technischen Chemie“ basieren auf der klassischen physikalischen Chemie, der chemischen Technologie und der Verfahrenstechnik. Die „Chemische Reaktionstechnik“, also die Wissenschaft von der technischen Reaktionsführung, kann als Kernstück der modernen „Technischen Chemie“ bezeichnet werden.

In diesem Lehrbuch sollen den Studenten der Fachrichtungen Chemie, Chemie-Ingenieur und Wirtschafts-Ingenieur nicht nur das notwendige Grundwissen, son-

dern auch gemeinsame Denkweise und Fachsprache vermittelt werden. Als erste grundlegende Einführung in das Gebiet der Technischen Chemie 1974 in erster Auflage erschienen, wurden in der nun fünften Auflage unter Beibehaltung der bewährten Form folgende Neuerungen eingearbeitet: Ein zusätzliches Kapitel über Mikroreaktionstechnik und Mikroreaktoren; die wirtschaftlichen Daten zu Industriefirmen und Produkten wurden mit aktuellen Zahlen und der Umstellung auf den Euro neu abgefasst; der mathematische Anhang wurde, speziell was die verfügbare kommerzielle Software anbelangt, auf den neuesten Stand gebracht. Zahlreiche Abbildungen, Tabellen und Rechenbeispiele veranschaulichen den Text zusätzlich.

Ein empfehlenswerter Lehrbuch-Klassiker im Bereich der Technischen Chemie. Seit vielen Jahren wird das Lehrbuch ausdrücklich vom Unterrichtsausschuss für Technische Chemie der Dechema empfohlen. Als Einführung in das Thema der Chemischen Reaktionstechnik unterstützt das Lehrbuch das Studium sowohl in wissenschaftlicher als auch praxisorientierter Hinsicht. *CS*

## Gymnasiastin schreibt über Quantenphysik – einen Bestseller bei Amazon!

Silvia Arroyo Camejo: *Scurrile Quantenwelt*; 240 Seiten; Springer Verlag Berlin Heidelberg New York 2006; ISBN 3-540-29720-0; 29.95 Euro.

91 Fragen führen zum Nachwort, aber nicht zur Antwort auf die Interpretation mathematischer Quantenformalismen. Das will und kann die Autorin, zur Zeit der Bucherstellung eine Gymnasiastin von 17 bis 19 Jahren, auch nicht leisten – und wohl momentan kein anderer Mensch. Die jetzt 20jährige Physikstudentin (und zweimalige Siegerin im Wettbewerb „Jugend musiziert“) hat dennoch etwas Einmaliges geschafft: Sie führt die „Denke“ der Leserinnen und Leser auf solche Wege, die geeignet sind, sich von Einsichtnahmen aus dem Alltagsleben zu verabschieden, die Andersheit der Quantenwelt zu erkennen und sich selbstständig weiter in aktuelle Problemstellungen der Quantenmechanik hinein zu versetzen. Dabei hilft die Einleitung der einzelnen Buchabschnitte durch pointierte Fragen und entsprechend schrittweise Antworten. Das funktioniert genau so wie es dem Kind für sein entstehendes Weltbild hilft, wenn die Frage „Warum ist der Himmel blau“ mit Sachverstand für Naturwissenschaft und Kinderpsyche beantwortet und nicht ungeduldig mit „Frag‘ nicht so blöd“ zur Seite getan wird.

Die Fragen geben immer einen interessierenden Anreiz, die Antworten sind möglichst beschreibend, greifen oft auch auf historische Geschehnisse zurück, nutzen aber auch die Mathematik, um funktionale Zusammenhänge offen zu legen. Die Mathematik stellt dabei nicht ein Lese-Bremselement dar; vielmehr zeigt sie den Nutzen formaler Beschreibungen, wenn man mit einfachem Alltagsdenken nicht mehr weiter kommt; sie ist ein Angebot, keine Hürde. Und auch kleine Anekdoten oder ein Quäntchen ;- ) Humor helfen dem Leser, am Ball zu bleiben. Wer wußte schon vom Jähzorn Newtons, vom dem genialen Doktoranden Claus Jönsson, der 1961 in Tübingen erstmals das Doppelspaltexperiment mit Elektronen durchführte, oder wer wollte nicht ein Proton sein („Man würde die Quantenphysik verstehen, wäre immer positiv drauf und hätte nahezu unendliche Lebenszeit“).

Die junge Autorin führt hin zu neuesten Überlegungen und Erkenntnissen der Quantenphysik und spricht in diesem Zusammenhang auch die Viele-Welten-Interpretation von Everett und die Dekohärenz-Theorie von Zeh an. Dieter Zeh war es denn auch, dem sie ihr Manuskript schickte, und der bekannte Quantenphysiker war sofort begeistert über die Art der Darstellung – erst recht jedoch darüber, dass eine 19jährige Schülerin die Autorin war.

Das Buch ist – bei aller Lebendigkeit und bei allen historisch interessanten Bezügen – keine leichte Muse zum Langsam-in-den-Schlaf-Hinübergleiten. Es ist harter Tobak, der konzentriert gelesen werden muss, wenn man daraus Nutzen ziehen will. Immer wieder empfindet man dabei Hochachtung vor dem Wissen, dem Verständnis und der Darstellungsfähigkeit von

**PRODUKTINFO**

**Mehr zu diesem Buch**

**Überblick**

[Inhaltsverzeichnis](#)

[Amazon.de-Redaktion](#)

**Mehr von ...**

[Silvia Arroyo Camejo](#)


**Kunden kauften auch diese Produkte**

**Was meinen Sie?**

[Ihre Meinung zu diesem Buch](#)

[Empfehlen Sie das Buch per E-Mail weiter](#)

**Scurrile Quantenwelt**  
von [Silvia Arroyo Camejo](#)



**Amazon-Preis: EUR 29,95** **Kostenlose Lieferung**

Dieser Artikel ist noch nicht erschienen. Rese Erscheinungstermin.

Für Verleger: Erfahren Sie, wie Kunden in diesem Buch suchen können. [Größeres Bild](#)

Kategorie(n): [Fachbücher](#), [Professional & Technical](#), [Science](#)

**Unser Vorschlag**  
Kaufen Sie **Scurrile Quantenwelt** und **Das absolut Unveränderliche**  
Zusammen für: **EUR 49,85**

**Keine Kreditkarte?**  
Zahlen Sie einfach auf Rechnung!

**Tiefpreise bei Büchern**  
Jeden Tag über **PREIS-HITS** **50% sparen\***  
\*gegenüber früheren Ladenpreisen oder Originalausgaben

Sprache: Deutsch  
Gebundene Ausgabe - 240 Seiten - Springer, Berlin  
Erscheinungsdatum: Februar 2006  
Auflage: 1  
ISBN: 3540297200  
**Amazon.de-Verkaufsrang 1**  
[Erhöhen Sie Ihre Verkäufe!](#)

[Beide jetzt kaufen!](#)

Am 22. März wies die Verkaufstatistik ein Buch über Quantenphysik als Spitzenreiter aus: Das von Silvia (Bildschirmfoto: RK).



Silvia Arroyo Camejo und Prof. Dr. Hans Dieter Zeh im Gespräch mit Verlagsrepräsentanten vor der Veröffentlichung des Buchs (Foto: Kickuth).

Silvia Arroyo Camejo. Sie hat sich detailliert in die historischen Arbeiten von Einstein, Heisenberg, de Broglie und Bohm eingearbeitet, sie verständlich aufbereitet, kann aber ebenso fundiert mit tiefem Verständnis aktuelle Entwicklungen und Anwendungen der Quantenphysik darlegen. Das kommt beispielhaft in dem Kapitel über Quantenkryptographie zum Ausdruck, das nebenbei einen Abriss über Grundlagen der Informationsverarbeitung und -verschlüsselung enthält. Wenn Sie staunen wollen – über die Welt der Quanten wie über Silvia Arroyo Camejo – sei Ihnen das Buch wärmstens empfohlen. *Rolf Kickuth*

Jugend kann doch lernen, oder? Bewerbt Euch! (Wettbewerb S. 45)



## Flexible NIR-Spektrometer, Vertrieb durch cmc Instruments



Seit über zwanzig Jahren entwickelt und produziert Guided Wave NIR-Spektrometer sowie die dazugehörigen Sonden und Messzellen für die unterschiedlichsten Anwendungen. Die Guided Wave Modelle Lab412 und Modell 412 sind moderne Zweistrahlenspektrometer für den

VIS-, NIR und xNIR-Bereich und eignen sich für den Einsatz im Labor genauso, wie für Messungen in der rauen Prozessumgebung.

Das Modell 412 wurde für den Prozesseinsatz konzipiert und verfügt über ein klimatisiertes Gehäuse, welches die Temperatur des Analysators auf plus/minus ein Grad Celsius um den eingestellten Wert stabilisiert. Die Zweikanalbauweise bietet Stabilität und Genauigkeit und sorgt in Zusammenhang mit dem eingesetzten Beugsgitter für eine sehr gute Lichtausbeute und ein exzellentes Signal-/Rausch-Verhältnis. Der patentierte Multiplexer erlaubt es, bis zu zwölf Messsonden an einen Analysator zu koppeln und so zwölf verschiedene Prozessströme gleichzeitig zu überwachen. Dies erhöht nicht nur die Flexibilität des Spektrometers, sondern senkt darüber hinaus die Kosten pro Messstelle spürbar.

Das Lab412 wurde für den Laboreinsatz konzipiert, kann aber auch als vollwertiges Prozessspektrometer eingesetzt werden. Mit einem, drei oder sechs möglichen Messkanälen ist es ein flexibles Forschungsgerät mit besonders gutem Preis-/Leistungsver-

hältnis und für den Einsatz in Pilotanlagen bestens geeignet. Kalibrierungen lassen sich ohne Einschränkungen auf das Modell 412 transferieren. Ausgestattet mit der gleichen technischen Basis wie das Modell 412 bietet das Lab412 dem Anwender beste Performance auf kleinem Raum.

Guided Wave bietet verschiedene Lösungen für ihre Messprobleme. Ob eine Messung im Polymerextruder nötig ist oder im Labor Proben in Küvetten vermessen werden sollen, für jede Anwendung steht eine geeignete Sonde zur Verfügung. Eine Vielzahl von Chemometrie-Modellen stehen für die verschiedenen Anwendungen zur Verfügung, was eine sofortige Inbetriebnahme des Systems erlaubt und ihnen Resultate in kürzester Zeit liefert. Bei Fragen bezüglich der NIR-Spektrometer der Firma Guided Wave stehen Ihnen bei der cmc Instruments GmbH kompetente Ansprechpartner jederzeit gerne zur Verfügung.

cmc Instruments GmbH  
65760 Eschborn  
Tel 06173 320078  
Fax 06173 65050  
www.cmc-instruments.de



## Kritische Glas-Pipetten-Reinigung im Labor oder in der Spülküche

Glas-Pipetten erfordern eine effektivere Reinigungstechnik als sie für Laborgläser wie zum Beispiel Erlenmeyer Kolben, Messbecher, Messzylinder, etc erforderlich ist.

Bei Glas-Pipetten haben wir es mit einem Messsystem zu tun, das sowohl einen hohen Reinheitsgrad als auch eine optimale Messgenauigkeit erfordert. Hierbei gilt, je kleiner das Pipettenvolumen, desto entscheidender die dafür anzuwendende Reinigungstechnik. Der Reinigungsgrad wird

im Wesentlichen von sechs Faktoren bestimmt :

1. der Konzentration der Waschlauge
2. der Temperatur der Waschlauge
3. der Einwirkdauer der Waschlauge auf jeden Punkt der Glas-Pipetten
4. der Anwendung einer Neutralisationsspülung
5. der Anzahl und Dauer der Spülgänge mit Brauchwasser und destilliertem Wasser.
6. der Dauer der letzten Spülung mit destilliertem Wasser.

Der Pipettenspüler-Automat Modell Hölzel EPS-2D/N erfüllt diese Anforderungen. Praktisch können ab 54 Pipetten á 100 ml bis 1575 Pipetten á 0,1 ml ohne spezielle Positionierung in neun tragbaren Körben in einem alkalischen Laugenbad mit einer wählbaren Konzentration von 0,1 bis 0,5 % bei bis zu 95°C gewaschen werden. In diesem Prozess werden die Pipetten

von der Lauge an allen Punkten glaschonend erfasst. Der hohe Wirkungsgrad gilt insbesondere für Pipetten mit kleinem Volumen und präzisen Kapillaren, zum Beispiel Messpipetten.

Die Immersions-Vollbadtechnik des EPS, mit zeitlich wählbarer Wasch- und Spüldauer, gilt bereits seit vielen Jahren als erste Wahl für die optimale Glas-Pipetten-Reinigung im Labor oder in der Spülküche. Die Trocknung der Glas-Pipetten bei 130°C ist ein integrierter Bestandteil dieses Prozesses.

Die Bedienung des Pipetten -Spülers ist so einfach wie die Benutzung eines Geschirrspülers. Die kostspielige wie aufwändige Reinigung im Kunststoffzylinder hat damit ausgedient.

H.Hölzel GmbH  
85457 Hoerlkofen  
Tel 08122 9748 37  
Fax 08122 9748 21  
www.hoelzel-gewo.com



## Spektrometer zum Nachweis für Alzheimersche Erkrankung eingesetzt

Wissenschaftler aus den Fachbereichen Chemie und Neurobiologie & Physiologie der Northwestern University in Illinois, USA, haben das Verhalten von Molekülen, die möglicherweise maßgeblich an der Entstehung der Alzheimer-Demenz beteiligt sind, mit einem Nanosensor untersucht, in dem sich ein UV/VIS-Spektrometer von Ocean Optics befand.

Es gibt momentan zwar noch keine definitive klinische Diagnose für Alzheimer-Demenz, aber ADDL-Moleküle (Amyloid-derived diffusable ligand, auch als Protofibrillen bezeichnet), winzige toxische Proteine, die die Krankheit vermutlich auslösen, wurden bei autopsierten Gehirnproben von Menschen mit Alzheimer-Demenz in bis zu 70-facher Menge als bei gesunden Menschen nachgewiesen.

Der für ADDL-Moleküle entwickelte Nanosensor beruht auf win-

zigen dreieckigen Silberpartikeln, die Licht absorbieren und streuen. Das Extinktionsspektrum der Nanopartikel ändert sich, wenn sich die Umgebung der Nanopartikel verändert. Um diese Änderungen sehen zu können, wurde auf die Oberflächen der Nanopartikel eine Schicht aus ADDL-spezifischen Antikörpern aufgebracht. Diese Antikörper binden sich spezifisch an ADDL-Moleküle, die in den untersuchten Proben gefunden werden. Wenn dieser Fall eintritt, ändern sich die Spektraleigenschaften der Silber-Nanopartikel leicht.

Wissenschaftler konnten mit diesem Verfahren höhere ADDL-Mengen bei Alzheimer-Patienten nachweisen. Für die Studie wurde ein faseroptisch gekoppeltes Spektrometer (S2000) von Ocean Optics eingesetzt. Die Studie hat gezeigt, dass das Potenzial für optische Nanobiosensoren sehr groß

ist und für die Entwicklung anderer erfolgreicher Geräte auf Nanotechnologiebasis nützlich sein wird.

Ocean Optics B.V.  
6921 EW Duiven, Niederlande  
Tel +31 26 31905 00  
Fax +31 26 31905 05  
www.oceanoptics.com



## Preisgünstige AAS-Lampen

Kaufen Sie immer noch teure Originallampen?

LOT-Oriel kann Ihnen kodierte Hohlkathodenlampen in Topqualität für die AAnalyst-Geräteserie von Perkin Elmer zu attraktiven Preisen anbieten. Die Lampen sind kompatibel zum Lumina-Typ, ein Adapter wird nicht benötigt. Für die älteren Geräte sind die 50 mm-Standardlampen vom Intensitron-Typ, sowohl kodiert als auch unkodiert, verfügbar. Das Lieferprogramm umfasst 70 Einzelelement- und viele gängige Mehrelementlampen, die auch im 37mm-Standarddurchmesser gefertigt werden, auch kodiert für die AA-Spektrometer von Thermo und Varian.

L.O.T.-Oriel GmbH & Co. KG  
64293 Darmstadt  
Tel 06151 8806 497  
Fax 06151 8806 64  
www.LOT-Oriel.com/de



## ICP-OES auf Elementanalytik-Seminartour

Mit der neuen simultanen ICP-Geräte-Familie iCAP 6300/6500 stellt Thermo Electron die Leistungsträger der ICP-Zukunft vor. Ein großer Fortschritt im technologischen Gerätedesign bringt messbare Vorteile bei Analytik, Produktivität und Betriebskosten. Die ICP-MS gibt mit der neuen X Serie II Antworten bei den Themen Matrixtoleranz und Störfreiheit, neue Zubehöre optimieren die AAS-Routine

und bei den Summenparametern bietet das neue HiPerTOC neben TOC jetzt auch die N-Option.

Und das alles in Ihrer Nähe:

- 7.3.2006 Karlsruhe
- 8.3.2006 Dreieich bei Ffm
- 9.3.2006 Düsseldorf

Programm und Anmeldeunterlagen erhalten Sie von:

Caroline Lahutte  
Thermo Electron GmbH  
Im Steingrund 4-6  
63303 Dreieich  
Tel 06103 408 1014  
Fax 06103-408 1640  
www.thermo.com.



## Ocean Optics führt in Spektrometertechnologie

Die Führungsposition von Ocean Optics in der Spektrometertechnologie der nächsten Generation wurde durch zwei neue Patente gestärkt, die vor kurzem beim US-Patent eingetragen wurden. Beim ersten Patent geht es um die Zusammensetzung und das Verfahren zur Herstellung hochreflektierender Silberspiegel oder optischer Dünnschichtfilter. Mit beiden wird die Empfindlichkeit

von Spektrometern der Firma Ocean Optics erhöht. Beim zweiten Patent geht es um einstellbare variable optische Bandpassfilter. Diese Filter, die die von Ocean Optics patentierten linearen variablen Hochpass- und Tiefpassfilter kombinieren, sind die weltweit ersten Notch-Filter mit einem einstellbaren Bandpass.

Bei der Produktion reflektierender Silberschichten auf dielektrischen Dünnschichten entstehen Beschichtungen mit extrem hoher Reflektivität (über 95 Prozent über dem sichtbaren und dem NIR-Wellenlängenbereich) und mit einem weiten Bereich an Inzidenzwinkeln. Durch die dielektrischen Beschichtungen wird nicht nur verhindert, dass das Silber oxidiert, sondern auch eine höhere Reflektivität erzielt.

Die Beschichtungen sind umweltstabil und können auf herkömmliche optische Substrate aufgebracht werden, um daraus Spiegel und Filter herzustellen. Spektrometersysteme mit den neuen Spiegeln weisen eine 10-35%

höhere Empfindlichkeit als Systeme auf, die mit herkömmlichen aluminiumbeschichteten Spiegeln hergestellt werden.

Als besonders nützlich erweisen sich die einstellbaren variablen optischen Bandpassfilter zur spektralen Formung der Anregungsenergie von für die Fluoreszenz eingesetzten Breitbandquellen. Für traditionelle Fluoreszenz-Spektroskopiemessungen sind jetzt also keine teuren Bandpassfilter mehr erforderlich. Die Filter können auch zur spektralen Formung der Anregungsenergie von einer einzigen Breitbandquelle eingesetzt werden. Hierdurch entfallen mehrere Lichtquellen mit verschiedenen Wellenlängen bzw. ein Monochromator.



Ocean Optics B.V.

6921 EW Duiven, Niederlande

Tel +31 26 31905 00

Fax +31 26 31905 05

www.oceanoptics.com

## Neue High-tech Emulsionspumpe

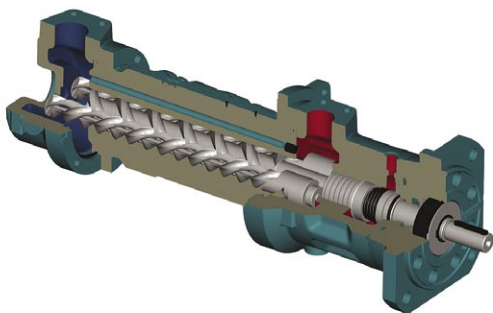
Auf der Grundlage der seit acht Jahren bewährten Baureihe „EMTEC“ hat die Allweiler AG die neue Schraubenspindelpumpe EMTEC-A entwickelt. Die Pumpe ist spezifisch für Emulsionen und Kühlschmiermittel konstruiert. Spezialstahl und Spezialguss mit höchster Härte garantieren auch bei Medien mit abrasiven Bestandteilen hohe Verschleißbeständigkeit und Betriebssicherheit.

Mit serienmäßig sechs Installationsmöglichkeiten, speziellen Werkstoffen der Härtezone 1200 HV für die Spin-

del und das Laufgehäuse, vollständigem hydrostatischen Schubausgleich der Spindeln und unterschiedlichen Dichtungssystemen eignet sich die Pumpe für alle Werkzeugmaschinen. Sie fördert mit einem Wirkungsgrad von über 80 Prozent und hoher Standzeit Emulsionen, Schneidöle und Kühlschmierlösungen. Das spezielle Sicherheitskonzept schließt einen plötzlichen Ausfall der Pumpe aus, der bei anderen, konventionell konstruierten Aggregaten möglich ist. Durch die Werkstoffkombination führen Verschleiß, Stöße und Vibration nicht wie bei anderen Werkstoffen, etwa SiC, zum sofortigen Ausfall des Aggregats. Auch bei Inbetriebnahmebedingungen, in denen es zu Trockenlauf oder Betrieb mit falscher Drehrichtung kommen kann, hat sich die „EMTEC“ als besonders unempfindlich gezeigt. Durch die besondere Konstruktion ist die Pumpe auch gegenüber Gasbeladung des Fördermediums deutlich toleranter als konventionelle Aggregate. Ein weltweites Vertriebs- und Service-netz stellt schließlich sicher, dass spezi-

alisierte Servicetechniker schnell beim Anwender sind, und dass Monteure für die kontinuierliche Wartung der Aggregate vor Ort geschult werden können.

Die Pumpen fördern bis zu 900 l/min mit einem Druck von bis zu 130 bar. Der maximale Verschmutzungsgrad liegt bei 250 mg/l und die Filterfeinheit bei maximal 100 Mikrometer. Die Pumpen können in Tauchausführung für den Behältereinbau, für den Tankaufbau mit Druckstutzen oberhalb der Tankplatte oder mit Fußwinkel für Trockenaufstellung getrennt vom Behälter montiert werden. Rohrgewindeanschlüsse und ein axialer Ansaugstutzen machen die Montage einfach. Abgebildet ist die Ausführung „D8.6“ der EMTEC-A mit wartungsfreier Siliziumkarbid-Gleitingdichtung.



Allweiler AG

78315 Radolfzell

Tel +49 (0)7732 86 343

Fax +49 (0)7732 86 854

www.allweiler.de



## Neue Produkte – vorgestellt in CLB 01-2006

### Flaschendeckel

Bio-Chem Valve und Omnifit haben ein Sortiment an Flaschendeckel-Konfigurationen auf den Markt gebracht, um flüchtige Dämpfe sicher unter Verschluss halten und Chemikalien sicher transferieren zu können.

Tel +44 (0) 1223 416642  
www.omnifit.com

### Durchflusskonstanthalter

Neu im Programm von Bio-Chem Valve sind kompakte, Platz sparende Dosierventile, mit denen sich Gradienten präzise mischen und Flüssigkeitsgemische trennen lassen.

Tel +44 (0) 1223 416642  
www.omnifit.com

### Muffelofen

Drastische Zeitreduktion mit Mikrowellen-Muffelofensystemen von CEM: Phoenix Airwave sowie Phoenix SAS.

Tel + 49 2842 9644 0  
www.cem.de

## Bezugsquellenverzeichnis

### ANALYSEN

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

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

### ARBEITSSCHUTZARTIKEL



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

### CHEMIKALIEN



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

### GERBU

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

### DEUTERIUMLAMPEN



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  
Kalscheurer 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  
Heraeusstr. 12-14, D-63450 Hanau  
Tel. 01805 536376 Fax 01805 112114  
www.kendro.de, info@kendro.de

### KÜVETTEN

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

### LABORCHEMIKALIEN



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

### LABOREINRICHTUNGEN



Das Systemlabor

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

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

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

## 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

 **Hettich**  
ZENTRIFUGEN

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

 **Kendro**  
Quality Products – Lifetime Care

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

 **Sigma**  
Laborzentrifugen

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

## LEITFÄHIGKEITS-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

## 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 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



 **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

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

dementsprechend auch negative oder n-Leitung. Bei thermisch oder durch Licht erzeugten Leitfähigkeiten beteiligen sich p- und n-Leitung zu gleichen Teilen.

#### Germanium — ein Halbleiter

Nun hat gerade die Untersuchung von Germanium gezeigt, daß praktisch alle sogenannten Reinelemente, die wir bisher kannten, immer noch recht unsauber sind. Dazu kommt, daß erfahrungsgemäß die schönsten Kristalle, wenn man sie genau untersucht, meist fehlerhaft aufgebaut sind: irgendwo ist die Stelle eines Kations unbesetzt geblieben, oder es fehlt ein Anion und so fort. Das Bild von gleichmäßig, regelmäßig nach allen Seiten hin sich erstreckenden Kristallgittern ist ein Idealbild, dem die Wirklichkeit sich nur annähert. Überraschend war die Feststellung, daß die Kristalle beim Einbau von Verunreinigungen kaum Wert auf chemische Ähnlichkeit legen und sich fast nur nach der Größe der Atome oder Ionen richten, also dabei den Gesetzen der Mischkristallbildung folgen. Es wird, innerhalb gewisser Grenzen, alles eingelagert, was räumlich in das Gitter hineinpaßt. Natürlich hat es erheblichen Einfluß auf die Elektronenstrukturen des Gitters, wenn das Fremdatom einen anderen Elektronenaufbau besitzt als das Wirtelement.

Das Germanium, das uns hier besonders interessiert, hat den gleichen Gitteraufbau wie der Diamant, d. h. ein Atom ist durch echte Valenzbindung nach allen vier Ecken eines Tetraeders mit vier weiteren Atomen verbunden. Wenn nun eines der Germaniumatome durch ein Fremdatom ersetzt wird, so kann dieses ebenso viele Elektronen haben wie das Grundmetall, dann ist, vom Standpunkt der Elektronen aus gesehen, alles in Ordnung. Die Verunreinigung kann aber auch ein Element einer anderen Gruppe sein, z. B. Gallium, mit nur drei Valenzelektronen. Dann werden nur drei Valenzen abgesättigt, die vierte bleibt frei und bietet einen besonders leichten Anlaß zur Ausbildung einer Elektronenlücke, wie sie thermisch oder durch Licht auch erzeugt werden kann. Eine solche Fehlstelle im Elektronenaufbau aber ist, wie wir oben gesehen haben, der Anlaß zu Elektronenverschiebungen, wobei das „Loch“ durch das Gitter wandert, als ob es eine positive Ladung wäre. Durch Gallium verunreinigtes Germanium zeigt im Gegensatz zu thermisch oder lichterregtem Halbleiter reine p-Leitung, es verhält sich so, als wären in ihm nur positive Elektrizitätsteilchen an dem Stromtransport beteiligt. Zusätze, die weniger Bindungselektronen mitbringen als das Grundmetall, werden auch Acceptor-Elemente genannt, weil sie im Kristallgitter elektronenaufnehmende „Löcher“ verursachen.

Umgekehrt müssen Elemente, die mehr Valenzelektronen besitzen als das Germanium, beim Einbau in den Kristall einen Elektronenüberschuß hervorrufen. So wirkt z. B. Arsen, das sich nur mit 4 von seinen 5 Außenelektronen an der Bindung an benachbarte Germaniumatome beteiligt. Das fünfte Außenelektron bleibt unverbunden und vagabundiert im Gitter ebenso umher wie die

durch Licht losgerissenen Leitungselektronen. Verunreinigungen mit Elektronenüberschuß rufen daher reine n-Leitung hervor. Derart legiertes Germanium verhält sich fast wie ein echter metallischer Leiter. Zusätze mit Elektronenüberschuß heißen Donatoren.

Mischt man dem Germanium Acceptor- und Donatorverunreinigungen zu, so heben sich deren Wirkungen gegenseitig auf, die Donatoren füllen, wenn sie in der richtigen Zahl vorhanden sind, die Lücken der Acceptoren einfach auf. Überschüsse nach der einen oder anderen Seite rufen dann lediglich den entsprechenden Leitungstyp hervor.

#### Neue Möglichkeiten für die Anorganische Chemie

Der Halbleitereffekt des Germaniums ist, so seltsam es klingen mag, der Anstoß zu einer ganz neuen Entwicklung in der anorganischen Chemie geworden, nämlich der Chemie der Reinelemente. Es ist wohl nicht übertrieben, wenn man behauptet, daß, von wenigen Ausnahmen abgesehen, alles, was man bisher als Reinelemente betrachtete, mit Wahrscheinlichkeit verunreinigt gewesen ist. Was man als Eigenschaft selbst angesehen hat, war nur in mehr oder weniger großem Maße das Verhalten von Reinelementen plus Verunreinigungen. Wie stark deren Einfluß ist, kann man daran erkennen, daß schon 1 Atom Arsen auf 100 Millionen Atome Germanium den spezifischen Widerstand des Halbleiters von 50 Ohm · cm auf etwa 7 Ohm · cm herabsetzt, das ist 1 millionstel Prozent Verunreinigung. Vom bisherigen Standpunkt aus gesehen, dürfte man dabei schon von einem sehr reinen Germanium sprechen. Was können wir da von den berühmten „fünf-Neuner-Metallen“ sagen (99,999%), die also noch 0,001% Verunreinigung enthalten. Im Lichte der am Germanium gewonnenen Erkenntnisse erscheint es als verfrüht, von derartig verunreinigten Metallen ausgehend, auf die Eigenschaften der wirklich reinen Elemente zu schließen.

Es ist zu erwarten, daß die Anorganische Chemie sich dieser Probleme mit Eifer annehmen wird, auch die Analytik wird daraus Antriebe in erheblichem Umfang erhalten. Der Nachweis solcher geringsten Spuren von Verunreinigungen ist keine Kleinigkeit. Zur Zeit gibt es keine analytische Methode, die es gestattet, etwa 10<sup>-6</sup> % Arsen in Germanium nachzuweisen. Hier dient die Art der beobachteten Leitfähigkeit (z. B. n- oder p-Leitung) und ihre absolute Größe, die ja von der Menge der Verunreinigungen abhängig ist, als Maß der Reinheit.

#### Das Zonenschmelzverfahren

Die Arbeitsmethode, die solche reinen Elemente herzustellen gestattet, ist das „Zonenschmelzverfahren“. Es läßt sich nur anwenden, wenn bei einem Element oder bei einer Verbindung die Schmelze die vorhandenen Verunreinigungen besser löst als das Feste. Bringt man dann einen Stab des betreffenden

Materials in einer engen Zone zum Schmelzen, meistens mittels außen angelegter, sehr schmaler Hochfrequenzöfen, so „wandern“ gewissermaßen die Begleiter in die Schmelze, während das Ungeschmolzene daran verarmt. Bewegt man nun die Heizvorrichtung langsam über den Stab hinweg, so wandert die geschmolzene Zone also durch das Material hindurch, überall die Verunreinigungen mit sich fortnehmend. Natürlich wird das letzte Ende des Stabes nicht mehr so sauber sein wie der Anfang, weil die „extrahierende“ Schmelze zu dieser Zeit schon beträchtlich verunreinigt war. Man kann aber das Verfahren ohne Verluste beliebig oft wiederholen, so daß man im Endeffekt zu höchstgereinigten Materialien kommt.

#### Transistoren

Wenn man über ein Halbleitermaterial mit definierten Eigenschaften verfügt, kann man die Beweglichkeit der Elektronen darin nicht allein durch Licht oder Wärme beeinflussen, sondern auch mittels angelegter elektrischer Felder. Setzt man einen metallischen Leiter, der sich auf Potential befindet, auf eine halbleitende Platte auf, so wird die Elektronenbeweglichkeit in unmittelbarer Nachbarschaft dieser Elektrode von dem Potential abhängen, das diese gerade führt. Das Material ändert also seinen Widerstand in Abhängigkeit von dem Potential der „Steuerelektrode“, ebenso wie die Selenzelle alten Stils ihre Leitfähigkeit veränderte, wenn sie belichtet wurde. Der Unterschied liegt allein darin, daß im ersten Falle der Widerstand durch ein elektrisches Feld, im anderen durch Licht beeinflußt wurde. Diese Widerstandsänderungen, die beim Germaniumhalbleiter übrigens sehr viel schneller eintreten als bei der trägen Selenzelle, dienen ihrerseits dazu, einen angeschlossenen Stromkreis zu steuern. Da die Wirkung der Steuerelektrode nur Bruchteile eines Millimeters über deren Aufsatzpunkt hinausgeht, müssen die Elektroden für den gesteuerten Stromkreis sehr nahe an dieser angebracht werden. Im allgemeinen verwendet man ein winziges Stückchen Germanium und sehr feine Drähtchen aus beständigem Material als Elektroden, die sehr eng nebeneinander auf dem Halbleiter aufsitzen.

Der größte Teil der beschriebenen Methoden und Erkenntnisse ist von den drei Nobelpreisträgern in den *Bell Telephone Laboratories* gefunden worden. Dort hat man auch die Züchtung von Kristallen aus allerreinstem Germanium erreicht, die je nach Wunsch ganz definierte Mengen von Acceptor- oder Donatorverunreinigungen enthalten. Die so gewonnenen Metalle mit definiertem Halbleitertyp dienen der Herstellung von Transistoren oder neuerdings Photozellen, die Licht in elektrischen Strom umwandeln. Schon heute werden wenig benutzte Telefonleitungen im Süden der USA mit solchen „Lichtbatterien“ betrieben. Darüber hinaus aber kann der Einfluß, den die neuen Arbeitstechniken in allen Teilen der Chemie und Physik haben werden, jetzt noch kaum abgeschätzt werden. Auf die Impulse, die in die Anorganische Chemie aus-

strömen, ist schon eingegangen worden, aber auch die Organiker machen sich in zunehmendem Maße die erprobten Reinigungsmethoden zunutze. Schließlich ist auch der Einbruch der Transistoren in die bisher von der „Röhre“ beherrschten Verstärkertechnik einer technischen Revolution gleichzusetzen.

In Deutschland ist das Gebiet durch Untersuchungen von Prof. *Schottky* von der theoretischen Seite und durch *Welker* auf der experimentellen Seite gefördert worden.

## Der Nobelpreis für Medizin

Träger des Nobelpreises für Medizin sind in diesem Jahre drei Ärzte, deren Arbeiten nach dem Urteil des den Preis verleihenden Karolinschen Medico-Chirurgischen Institutes in Stockholm „eine neue Epoche der Cardiologie eingeleitet haben“: Dr. *Werner Forssmann*, Facharzt für Urologie in Bad Kreuznach, und die beiden medizinischen Professoren an der Columbia Universität in New York Dr. *André F. Cournand* und Dr. *Dickinson F. Richards jr.*

Das Verfahren zur Sondierung des Herzens, dessen Bedeutung jetzt durch die Verleihung des Nobelpreises gewürdigt worden ist, geht in seinen Anfängen zurück auf einen Selbstversuch, den Dr. *Forssmann* im Jahre 1929 als junger Assistenzarzt am Augusta-Viktoria-Heim in Eberswalde unternommen hat. „Schon in den klinischen Semestern“, so äußerte sich Dr. *Forssmann* in einem Interview, „war mir aufgefallen, daß die hergebrachten Methoden zur Herzuntersuchung — das Abhören und Abklopfen — mangelhaft waren“, und er hatte deshalb nach einer objektiven Methode gesucht, „um über die Verhältnisse im Herzen eine wissenschaftlich exakte Aussage zu erhalten.“ Die Anregung zu seinem Versuch gaben physiologische Untersuchungen zweier Franzosen, die in den sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts Blutdruckmessungen im Herzen eines Pferdes vorgenommen hatten, indem sie die Meßinstrumente von den Halsblutgefäßen aus einführten. Sollte ein ähnliches Verfahren nicht auch beim Menschen für diagnostische Zwecke angewendet werden können?

„Man könnte vom Arm ausgehen“, dachte Dr. *Forssmann* — und kam so zu seinem Versuch: er ließ sich von einem Kollegen eine Ellenbogenvene mit einer dicken Nadel punktieren, und durch die Kanüle der Nadel wurde der feine Herzkatheter eingeführt, zunächst bis zu einer Länge von 35 cm. Dieser Versuch wurde abgebrochen, da der Kollege Angst bekam und aufhörte. Eine Woche später wiederholte Dr. *Forssmann* den Versuch allein und führte den Katheter in seiner ganzen Länge von 65 cm ein. Vom Operationssaal ging er dann den ziemlich weiten Weg zur Röntgenstation, wobei er auch einige Treppen steigen

Zu nebenstehendem Bild: Der deutsche Nobelpreisträger für Medizin: Dr. *Werner Forssmann* in seinem Laboratorium in Bad Kreuznach.

## BMFZ-MEETING in Düsseldorf, March 29, 2006

### “DEVELOPMENT, DIFFERENTIATION AND DISEASE”

#### PROGRAM

9.00 h	Welcome note and introduction	Guido Reifenberger, Elisabeth Knust, Düsseldorf
<b>Session I: Wound healing and Inflammation</b>		
9.10 h	<b>Imaging and genetic studies of wound healing and inflammation</b>	<b>Paul Martin, Bristol, UK</b>
9.50 h	Chemokines orchestrate epithelial and stromal cell migration in cutaneous wound healing	Bernhard Homey, Düsseldorf
10.05 h	Chemokine-mediated regulation of immune responses by dendritic cells	Irmgard Förster, Düsseldorf
10.20 – 10.45 h	Coffee Break	
<b>Session II: Tumorigenesis</b>		
10.45 h	<b>Stem-cell asymmetric division and cancer in <i>Drosophila</i></b>	<b>Cayetano Gonzalez, Barcelona, Spain</b>
11.25 h	Alteration of hedgehog signalling in skin cancer	Julia Reifenberger, Düsseldorf
<b>Session III: Ageing</b>		
11.40 h	<b>How old mothers make young daughters: the molecular zip model</b>	<b>Yves Barral, Zürich, Switzerland</b>
12.20 h	Mitochondrial DNA mutagenesis and extrinsic skin aging	Jean Krutmann, Düsseldorf
12.35 h	<b>Presentation of the Ulrich-Hadding Research Award 2006</b>	<b>Jürgen Schrader, Prorektor für Forschung, Düsseldorf</b>
12.50 – 14.00 h	Lunch Break	
<b>Session IV: Neurodegeneration</b>		
14.00 h	<b>Can flies help man cure neurodegenerative diseases?</b>	<b>J. Lawrence Marsh, Irvine, California, USA</b>
14.40 h	The <i>Drosophila</i> Crumbs protein complex and its role in preventing light-dependent retinal degeneration	Elisabeth Knust, Düsseldorf
14.55 h	Dopaminergic neurodegeneration in Parkinson's disease: functional consequences and treatment concepts	Alfons Schnitzler, Düsseldorf
15.10 h	Towards Alzheimer's disease A-beta plaque imaging in the living brain	Dieter Willbold, Düsseldorf
15.25 – 15.50 h	Coffee Break	
<b>Session V: Organogenesis</b>		
15.50 h	<b>Function of AP-1 in skin development and disease</b>	<b>Erwin Wagner, IMP, Wien, Austria</b>
16.30 h	Dkk1 mediates Thalidomide induced embryopathy	Jürgen Knobloch, Düsseldorf
16.45 h	Organogenesis of the <i>C. elegans</i> intestine	Olaf Bossinger, Düsseldorf
17.00 h	Closing Remarks	Guido Reifenberger and Ulrich Rütter

**Location** Lecture Hall 13b, MNR Clinic, Building 13.55  
**Time** March 29, 2006, 9.00 – 17.00 h  
**Program Committee** Chairpersons: E. Knust, U. Rütter  
 H.W. Müller, D. Riesner, G. Reifenberger, T. Ruzicka  
**Organisation** C. Höner

**Registration**  
 online: <http://www.BMFZ.de> (see BMFZ - Meeting 2006)  
**Address**  
 Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf  
 Biologisch-Medizinisches Forschungszentrum (BMFZ)  
 Universitätsstr. 1  
 D-40225 Düsseldorf