

# CLB

*Chemie in Labor und Biotechnik*

Analytik

Biotechnik

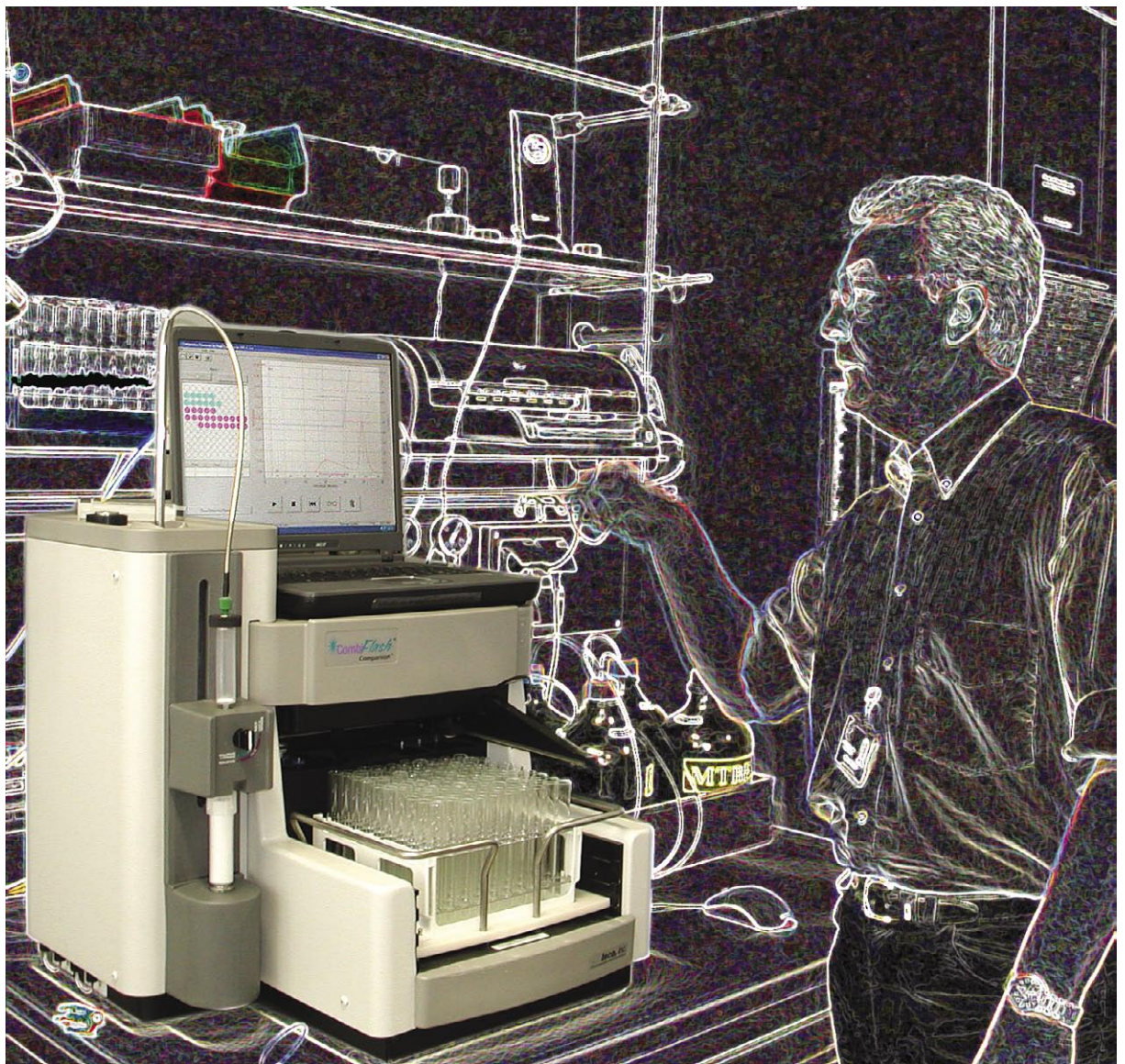
Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung



- Flash-Chromatographie
- Ionische Flüssigkeiten
- Verständliche Naturwissenschaft

## Silicon Village in Germany

Shockley, Bardeen und Brattain erhielten vor 50 Jahren den Nobelpreis für die Entwicklung des Transistors. Von dem heute in der Halbleitertechnik üblichen Silicium sprach man damals noch kaum; Germanium war der Halbleiter der Wahl. Aber Germanium wird immer metallischer, je wärmer es wird. Es setzt dann so viele Elektronen frei, dass seine Halbleiter-Funktionalität erlischt.

Silicium (nach Silex: Kiesel) bot hier eine Lösung an, wenn auch keine bequeme: Es schmilzt erst bei über 1400 Grad Celsius. Und wo steht die Wiege von Silicon Valley? In dem kleinen Ort Pretzfeld in der Nähe des fränkischen Forch-

heim, ca. 40 Kilometer südlich von Nürnberg. In einem umgebauten Pferdestall baute dort Walter Schottky für Siemens große Gleichrichter und Schalter aus Silicium. Shockley kannte und schätzte Schottky und seine Entwicklungen. Dieser „Siemens-Prozess“ zur Herstellung ultrareinen Siliciums wird weiter genutzt, heute durch die Wacker Chemie AG im bayerischen Burghausen. Die Firma ging erst jetzt im Mai erfolgreich an die Börse.

### 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 milliohm. 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 ausgezeichnete 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 zu 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-Photovoltaikzellen Nachfolger gefunden hat. Schließlich kann man die „Photovoltaik“ 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 Lichteffekt 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

Fortsetzung Umschlagseite 3



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



in CLB 03-2006 erfand Prof. Paul Dobrinski die Lust als physikalische Größe. Die Medien heutzutage haben die Bedeutung der Lust längst erkannt und umgesetzt: Kaum eine „Clever! Die Show, die Wissen schafft“-Sendung beispielsweise ohne deutlichen Sex-Appeal. Seien es die Mini-berockten Assistentinnen von Barbara Eligmann und Wigald Boning oder mehr oder weniger nackte Menschen als Akteure bei Versuchen – immer mehr lockt nackte Haut die Zuschauer zu Experiment-Shows (Bildschirm oben: Minirock-Assistentinnen; darunter: barbusige Schönheiten für einen Versuch über optische Täuschungen!). Ende März meldete dann Focus online sogar: „Die 19-jährige Abiturientin Giuliana Marino aus Nürnberg wird voraussichtlich nach dem Schulabschluss bei der Wissenschafts-Sendung „Galileo“ anfangen.“ Nun ist Fräulein Marino (Bildschirm Mitte rechts) nicht etwa „Jugend forscht“-Siegerin, sondern Playmate des Jahres 2005! Sind das Empfehlungen für Karrieren mit Wissenschaft bzw. Rezepte für attraktive Wissenschaftsvermittlung?

Liest man den Artikel von CLB-Mitherausgeber Prof. Georg Schwedt (S 183 ff.) über die Popularisierung der Naturwissenschaften in den Printmedien, erkennt man: Unterhaltung war schon immer ein Element der Wissenschaftsvermittlung. Schwedt resümiert: „Es gilt auch heute noch die Aussage eines adeligen Alchemisten,

Experimentierbücher sollen Lust machen zu eigenen naturwissenschaftlichen Experimenten.“ Warum sollen neue Medien in Zeiten umfangreicher Aufgeklärtheit dann nicht auch das sexuelle Wesen Mensch über einen seiner Urtriebe ansprechen, um ihn mit Wissenschaft und Technik vertraut zu machen? Hauptsache man hat Erfolg damit, auch auf diese Weise für Wissenschaft zu interessieren. Die Grundlagen für die Experimente legen nämlich keine sexy Models, sondern Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, Ingenieurinnen und Ingenieure, und davon gibt es in Deutschland zu wenig.

Vielleicht schaffen wir es hierzulande mit einem wodurch auch immer erstarkten Interesse für Naturwissenschaften und Technik ja auch, Erfolge unserer Forscher beständig in Erfolge der Wirtschaft umzumünzen. Wissen Sie, dass eine Wiege des Silicon Valley im Fränkischen steht (siehe CLB-Geschichte nebenan)? Das Silicon Valley leider nicht... Im Dornröschenschlaf befanden sich auch fast 100 Jahre Ionische Flüssigkeiten, wie CLB-Autor Prof. Wolfgang Hasenpusch ab Seite 176 beschreibt. Immerhin: Das wohl erste großtechnische Verfahren mit Ionischen Flüssigkeiten errichtete jetzt die Ludwigshafener BASF. Und auch: Die Zahl der Patente beim Deutschen Patent- und Markenamt nahm 2005 um fast 1000 auf über 60 000 zu, wie Reinhold Ellmer ab Seite 188 zu berichten weiß, mit einem CLB-exklusiven Blick auf die Chemie.

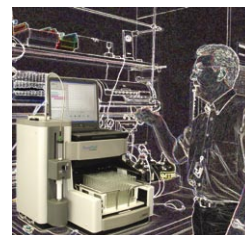
„Patentes“ aus der Analytik weiß unsere Redakteurin Dr. Maren Bulmahn zu berichten. Durch Besuche bei zwei Anwendern und der Vertriebsfirma für Flash-Chromatographie-Produkte, der Axel Semrau GmbH & Co. KG, gibt sie einen detaillierten Überblick über Grundlagen und Anwendungen dieser Technik. Sie verschafft durch effiziente Trennung und Reinigung von Substanzgemischen einen Wettbewerbsvorteil durch Zeitersparnis. Vorteile durch Wissen gibt die CLB an Sie weiter :-)

Ihr

# INHALT

## Aufsätze

Effiziente Trennung und Reinigung mit der Flash-Chromatographie Wettbewerbsvorteil durch Zeitersparnis _____	168
Ionische Flüssigkeiten – niedrig schmelzende Ionenpaare Sensationelle Anwendungen nach 100 Jahren Dornröschenschlaf _____	176
Entwicklungen in der Literatur zum Dialog „Wissenschaft und Gesellschaft“ Kann Naturwissenschaft verständlich sein? _____	183



**Zum Titelbild**  
siehe den Artikel ab Seite  
168 (Abb.: MB/RK).

## Rubriken

Editorial _____	161
Impressum _____	163
F & E im Bild _____	163
Unternehmen _____	164
Personalia _____	166
Förderungen / Preise _____	167
<b>Umschau</b>	
<b>Anmeldungen beim DPMA 2005</b>	
71 000 Marken, 60 000 Patente _____	188
Preisrätsel _____	190
Messe / Kongress / Ereignisse _____	192
Grundlagen _____	194
Neue Produkte _____	196
Bezugsquellenverzeichnis _____	199

## CLB-Memory

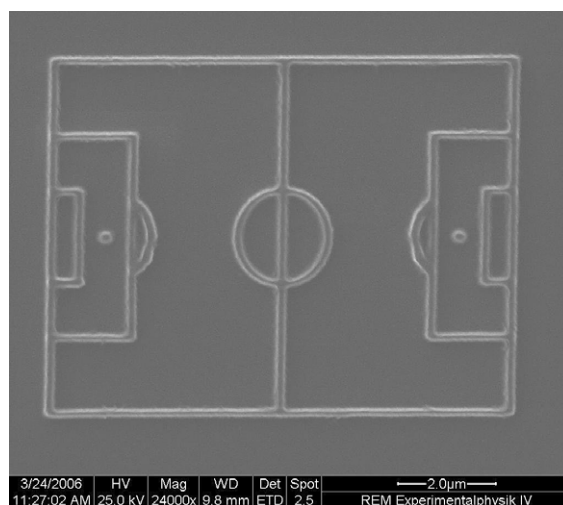
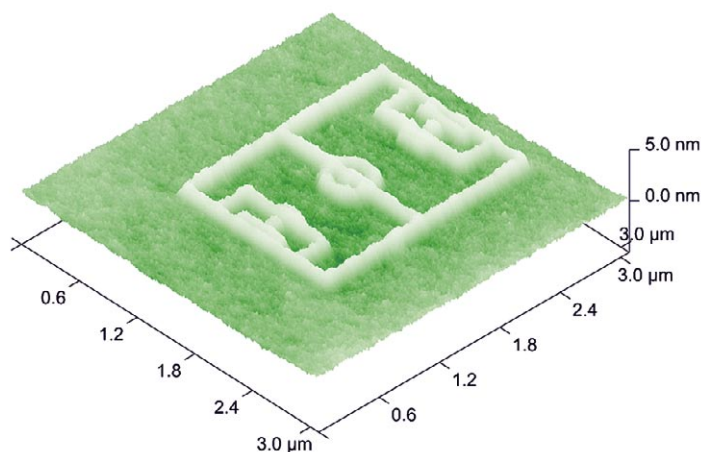
Sensoren für Dielektrizitätskonstante und Leitfähigkeit Impedanzspektroskopie in Biologie und Technik _____	M33
Sicherheitsfilm des Instituts für Anorganische Chemie „Alles wird Gut“ – nicht nur in Erlangen _____	M35
CHE – Centrum für Hochschulentwicklung gibt Tipps: Studienkredit und Universität auswählen _____	M36
„Verlassen Sie diese Erde so, wie Sie sie vorzufinden wünschen“ Phosphor – Gedanken zur Nachhaltigkeit _____	M37
In der Welt die Welt studieren China, Russland, Frankreich ... _____	M39
Elemente und ihre Darstellung und Gewinnung Die fünfte Hauptgruppe – es kann mehr als eine Antwort richtig sein _____	M40

## Wo befindet sich das kleinste Fußballfeld der Welt?

Das Fußball-WM-Fieber in Deutschland erreicht nun auch die Wissenschaft.

Zwei Mitarbeiter und ein Student der Professuren Chemische Physik sowie Optische Spektroskopie und Molekülphysik der TU Chemnitz haben das vermutlich kleinste Fußballfeld der Welt hergestellt. Während der reale Fußballrasen laut Norm 100 x 75 Meter groß ist, misst das winzige Fußballfeld nur 2 x 1,5 Mikrometer. Es ist damit in seiner Längenabmessung 50 Millionen Mal kleiner als ein Fußballfeld im Stadion und kann deshalb nur mit der Rastersondenmikroskopie gut aufgelöst werden. Das winzige Fußballfeld entstand mit Hilfe der Nanolithographie, mit der vertikale und laterale Strukturen erzeugt werden können, deren Dimensionen auf der Nanometerskala liegen. Sonst nutzen die drei Chemnitzer Forscher die Nanolithographie, um auf dem Gebiet der Biosensorik neue Systeme zu entwickeln.

Physiker der Ruhr-Universität Bochum haben ebenfalls ein winziges Fußballfeld hergestellt, ohne etwas von der Idee der Chemnitzer zu wissen. Sie stellten mit der Elektronenstrahl-Lithographie ein 10 x 7 Mikrometer kleines Fußballfeld her. Üblicherweise stellen die Forscher damit magnetische Nanostrukturen her. Diese sind z.B. in den Leseköpfen von Festplatten eingebaut um Daten auslesen zu können. 1:0 für Chemnitz, ist das Feld dort doch etwa fünfmal kleiner als das in Bochum (Abb. oben: TU Chemnitz; Abb. unten: Uni Bochum).



## 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. Kleinerhans, Düsseldorf · Prof. Dr.  
Heinz-Martin 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, Diekholzen; Hans  
Dietrich Martin, Köln; PD Dr. Röbbke  
Wünschiers, 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

**Abonnentenbetreuung:**  
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, Studenten  
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 Bezugs-  
jahres Kündigung erfolgt.

Erfüllungsort ist Heidelberg. Mitglieder  
des VBTA, des VCÖ sowie des VDC erhalten  
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 Buchbesprechungsexemplare kann  
keinerlei Gewähr übernommen werden.

ISSN 0943-6677



## NACHRICHTEN & NOTIZEN

Das Unternehmen **Stem Cell Innovations, Inc.**, Houston, Texas, wird seine pluripotenten humanen Stammzellen dem europäischen Markt zugänglich machen. Eine neue R & D Geschäftseinheit für die Produktion zahlreicher Zelllinien wird in Leiden, Holland, eröffnet. Das Unternehmen hält Patente auf einige differenzierte Zelllinien, die für die Forschung an neurodegenerativen Erkrankungen eingesetzt werden.

**Die febit biotech gmbh** hat mit Sigma-Aldrich eine exklusive Kooperation vereinbart: Sigma-Aldrich produziert spezielle Reagenzien für febit's Geniom-Plattform und übernimmt auch die weltweite Logistik, dafür vermarktet febit seine Geniom-Plattform jetzt gebündelt mit Reagenzien von Sigma-Aldrich.

**GlaxoSmithKline und Hälsa Pharma** weiten ihre Kooperation aus: Im Sinne einer wirtschaftlichen Projektumsetzung wurde die Hälsa Pharma GmbH aus Lübeck komplett mit der Umsetzung und Herstellung der neuen Abtei Magen-Darm-Entspannungstabletten beauftragt. Das Dienstleistungsunternehmen aus der DiapharmGruppe gewährleistet für die physikalisch wirkenden Tabletten unter anderem das Qualitäts- und Risikomanagement gemäß Medizinproduktegesetz.

**Mikropack**, Spezialist für Lichtquellen und Zubehör für die faseroptische Spektroskopie, ist jetzt eine hundertprozentige Tochter von Halma p.l.c., einem führenden britischen Konzern im Bereich der Sicherheits- und Umwelttechnik. Die in das Photonics-Cluster der Halma-Tochter Ocean Optics eingebettete Firma stellt Produkte für Spektroskopiesysteme her. Neben ihrem Photonik-Zubehör bringt die Mikropack GmbH ein komplettes Programm schlüsselfertiger Systeme im Bereich der Dünnschichttechnik sowie ein eigenes weltweites Händlernetz mit zur Ocean Optics-Gruppe.

**Roche Diagnostics** in Penzberg hat eine weitere Produktionsanlage in Betrieb genommen. Dort produzieren 40 Mitarbeiter monoklonale Antikörper für diagnostische Tests im Kilogramm-Maßstab für den weltweiten Bedarf. In dem 31 Millionen Euro teuren Gebäude sind Labors, Zellfermentation, Ernteanlagen, die Proteinaufreinigung sowie die technische Versorgung untergebracht.

**Die Degussa AG**, weltweit zweitgrößter Hersteller von Wasserstoffperoxid, hat mit dem High-Tech-Engineering-Unternehmen Uhde, Dortmund, ein innovatives Verfahren zur Herstellung von Propylenoxid (PO) aus  $H_2O_2$  entwickelt, das HPPO-Verfahren. Dafür hat die koreanische SKC, Seoul, eine Lizenz erworben. SKC wird im koreanischen Ulsan eine HPPO-Anlage mit einer jährlichen Kapazität von 100 000 Tonnen in Betrieb nehmen. DegussaHeadwaters Korea, ein Jointventure, an dem Degussa und die amerikanische Headwaters, Inc., Utah, jeweils 50 Prozent halten, wird die PO-Anlage in Ulsan exklusiv mit Wasserstoffperoxid beliefern. Hierzu erwirbt das Gemeinschaftsunternehmen eine Wasserstoffperoxid-Anlage in Ulsan von der finnischen Kemira Oyj, Helsinki.

## BASF eröffnet Forschungszentrum in Singapur Nanoforschung für die Umwelt

**BASF eröffnet ihr erstes Forschungszentrum für Nanotechnologie in Asien. Bis zum Jahr 2008 werden 13 Millionen Euro in das neue Zentrum in Singapur fließen und 20 Mitarbeiter beschäftigen, hauptsächlich Wissenschaftler und Labortechniker.**

BASF betreibt derzeit 17 Entwicklungszentren in der Region Asien/Pazifik, aber dieses ist das erste für Nanotechnologie-Forschung. Für die weltweiten Forschungsarbeiten im Wachstumscluster Nanotechnologie sind etwa 180 Millionen Euro für die Jahre 2006 bis 2008 eingeplant.

Das Kompetenzzentrum in Singapur wird sich auf die Modifikation von nanostrukturierten Oberflächen konzentrieren, die zum Beispiel eine Lösung für das Problem des Biofouling bieten könnten. Biofouling auf Schiffsrümpfen und andere Belagsbildungen durch

Organismen unter marinen Bedingungen sind sowohl ein umwelt- als auch wirtschaftlich relevantes Thema. Zurzeit gibt es noch keine Alternativen für die Verwendung von Bioziden, aber Entwicklungen in der Nanotechnologie könnten eine umweltfreundliche Lösung bieten. Im nächsten Schritt sollen biozidfreie nanostrukturierte Oberflächen entwickelt werden, die die physikalische Haftung von Meeresorganismen an Oberflächen minimieren.

Wichtige Zukunftsthemen bündelt die BASF in fünf Wachstumsclustern: Energiemanagement, Rohstoffwandel, Nanotechnologie, Pflanzenbiotechnologie und Weiße Biotechnologie. Dabei handelt es sich um Querschnittstechnologien, die jenseits der klassischen Fachgrenzen liegen und nur durch interdisziplinäre und internationale Zusammenarbeit zum Erfolg geführt werden können.

## Syntarga B.V. kooperiert mit der Uni Göttingen Neues Wirkprinzip gegen Tumore

**Die niederländische Firma Syntarga B.V. hat mit der Georg-August-Universität Göttingen einen Lizenzvertrag vereinbart, der ihr weltweite exklusive Rechte an Wirkstoffverbindungen sichert, die die in Göttingen entwickelten Anti-Tumor-Substanzen enthalten.**

Das Unternehmen, das als Spinoff der Radboud Universität in Nijmegen im Jahre 2002 gegründet wurde, hat sich auf neue Pharmakotechnologien zur gezielten Krebstherapie spezialisiert. Vermittelt wurde der Vertrag von der Technologietransferorganisation MBM ScienceBridge GmbH.

Chemiker an der Universität Göttingen haben in Zusammenarbeit mit Medizinern eine neue Klasse zytotoxischer Wirkstoffe entwickelt, die die Basis für eine

gewebespezifische, selektive Tumorthherapie bilden könnten. Dazu wird Syntarga diese Substanzen mit geeigneten Komponenten zu hochpotenten Chemotherapeutika weiterentwickeln.

Das als Antibody Directed Enzyme Prodrug Therapy bezeichnete Verfahren soll gesundes Gewebe schonen und die Nebenwirkungen bei Krebstherapien reduzieren. Zu diesem Zweck wurde ein mit einem Zuckermolekül modifiziertes Analogon des Antibiotikums Duncarmycin eingesetzt, das weitgehend untoxisch ist. Erst nach der Abspaltung des Zuckers, die durch ein Konjugat aus einem monoklonalen Antikörper und einem Enzym an der Oberfläche der Krebszelle erfolgt, wird aus dem Prodrug wieder ein Toxin, das seine Wirkung im erkrankten Gewebe entfaltet.

## Schmack Biogas AG testet neues Verfahren Mikroalgen für Biogasreinigung

**Die Schmack Biogas AG möchte die Biogasreinigung durch Mikroalgen effektiver machen. In drei Photobioreaktoren wird bis März 2008 getestet, unter welchen Bedingungen die Algen am besten wachsen und das meiste CO<sub>2</sub> aus dem Biogas binden. Die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) e.V. unterstützt das Vorhaben finanziell.**

Je höher sein Methangehalt und je reiner das Biogas, desto besser lässt es sich energetisch nutzen. Mit Algen in einem Photobioreaktor hatten die Wissenschaftler in einem Vorläuferprojekt Erfolg. Noch vor der Verstromung leiten sie das Biogas über den Photobioreaktor und schlagen zwei Fliegen mit einer Klappe. Denn die Algen dort benötigen CO<sub>2</sub> um zu wachsen, und reinigen zugleich das Biogas von diesem für die Verstromung nur

nachteiligen Gas. Im Laborversuch ließ sich der Energiegehalt des Gases mit EBSIE (Effizienzsteigerung der Biogasnutzung durch Solarenergie) erheblich erhöhen. Ein weiterer positiver Effekt: die Algen im Reaktor wachsen schneller und bauen Biomasse auf, die ebenfalls in der Biogasanlage vergoren wird. EBSIE macht Anlagen also effektiver und nach ersten Berechnungen auch wirtschaftlicher.

Ob das auch im größeren Maßstab funktioniert, soll der laufende Technikumsversuch zeigen. Ziel ist es, ein preiswertes Modul zu erarbeiten, das an landwirtschaftliche Biogasanlagen angekoppelt werden kann. In an die Photobioreaktoren angekoppelten Gaswaschtürmen werden neben CO<sub>2</sub> auch andere störende Gasbestandteile ausgewaschen. Das Biogas ist dann so rein und hochwertig, dass es auch als Kraftstoff dienen könnte.

## Sanofi-aventis investiert in Frankfurt

Im Industriepark Höchst am Standort Frankfurt wurde der Grundstein für eine neue Produktionsstätte zur Fertigung von Insulin-Pens gelegt. 150 Millionen Euro werden über einen Zeitraum von zwei Jahren in dieses neue Werk investiert. Die Pens erleichtern Diabetikern, im Vergleich zu Spritzen, die richtige Dosierung des Insulins. Damit reagiert sanofi-aventis auf die stark steigende Zahl an Diabetikern weltweit und damit den wachsenden Bedarf an einfach anwendbaren Insulinen. Bereits Ende März 2007 sollen die ersten Pens von dem neuen Werk ausgeliefert werden. Die erste Ausbaustufe für 300 neue Mitarbeiter wird bis dahin fertig gestellt sein. Langfristig werden bis zu 500 neue Arbeitsplätze geschaffen. Heute leben in Deutschland rund sechs Millionen Diabetiker; weltweit sind es 150 Millionen. Diese Zahl wird sich in den nächsten zwanzig Jahren verdoppeln.

## Lanxess und Ticona investieren in China

### Neue Anlagen für Produktion von LFT, PE und SCP

**Lanxess eröffnet eine Compoundieranlage für die technischen Kunststoffe Durethan (Polyamid) und Pocan (Polyester) in Wuxi. Ticona baut in Shanghai eine neue Compoundier-Anlage für die langfaserverstärkte Thermoplaste Celstran (LFT) sowie eine neue Produktionsanlage für das ultrahochmolekulare Polyethylen GUR (PE-UHMW).**

Rund 120 Kilometer nordwestlich von Shanghai hat die Business Unit Semi-Crystalline Products (SCP) von Lanxess ihre erste Produktionsstätte in Asien eröffnet. Auf dem Gelände der Lanxess Wuxi Chemicals Ltd. nahm eine hochmoderne Compoundieranlage für die technischen Kunststoffe Durethan (Polyamid) und Pocan (Polyester) den Betrieb auf. Dort sollen rund 20 000 Tonnen Kunst-

stoffe jährlich hergestellt werden. Die Gesamtinvestitionen belaufen sich auf rund 20 Millionen Euro. Dabei ist vorgesehen, die Anlage kurzfristig um eine weitere Linie zu erweitern und die Kapazität zu verdoppeln. Das Compoundiersystem ist für einen Durchsatz von mehr als 3000 kg/h ausgelegt. Der Compoundiermaschine sind Granulierung, Klassierung, Granulatkühlung und Silierung des fertigen Granulats nachgeschaltet. Um einen effizienten Arbeitsprozess zu gewährleisten, wurden Mitarbeiter aus Wuxi in der Compoundieranlage in Uerdingen geschult.

Mit der Entscheidung für China als Standort in Asien setzt das zur Celanese Corporation gehörende Unternehmen Ticona mit weltweit rund 2000 Mitarbeitern zugleich auf einen der wachstumsstärksten Märkte für technische Kunststoffe

weltweit. Die neue GUR-Anlage mit einer Jahreskapazität von 20 000 Tonnen soll die Produktion im ersten Quartal 2008 aufnehmen, und die erste Produktionslinie für Celstran mit 2000 Tonnen soll bereits im dritten Quartal 2007 starten.

Die LFT-Compoundier-Anlage in Shanghai (Foto: Ticona).



**BASF** Dr. **Bernhard Hofmann** (54), bislang Mitglied des Vorstands der Degussa AG, ist seit 1. Mai 2006 bei der BASF AG. Er übernimmt die Leitung des neuen Unternehmensbereichs Bauchemie. Das globale Geschäft der BASF mit Acrylmonomeren und Superabsorbentien wird seit April 2006 vom Informatiker und Betriebswirtschaftler **Ralf Spettmann** (41) geleitet. Er ist Nachfolger von Dr. Markus Kramer, der bereits Anfang 2006 die Leitung des Unternehmensbereichs Veredlungspolymere der BASF übernommen hat.



Spettmann

**DEGUSSA** Prof. Dr. Dr. h.c. Utz-Hellmuth Felcht (59) legt sein Mandat als Vorsitzender des Vorstands der Degussa AG nieder und scheidet aus dem Unternehmen aus. **Dr. Klaus Engel** (49), derzeit Vorsitzender der Geschäftsführung der Brenntag Management GmbH, Mülheim an der Ruhr, wird als sein Nachfolger Vorsitzender des Vorstands.



Birchmeier

**FIZ** Dr. **Christine Thomas** ist die neue Aufsichtsratsvorsitzende von FIZ Karlsruhe. Staatssekretär Professor Meyer-Krahmer hat die Leiterin des Referates „Wissenschaftliche Information; e-Science“ im Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) als Nachfolgerin von Dr. Wolf-Dieter Lukas für den Vorsitz ernannt. Frau Dr. Thomas gehört dem Aufsichtsrat bereits seit September 2001 an. Sie verfügt über mehr als 15 Jahre Erfahrung im Bereich elektronische Fachinformation.



Thomas

**FRAUNHOFER** Der Senat der Fraunhofer-Gesellschaft hat den promovierten Chemiker **Dr. Ulrich Buller** zum Vorstand für Forschungsplanung gewählt. Zum Aufgabengebiet des Forschungsvorstands gehören die Forschungsplanung sowie die Budgetplanung, die Unterstützung von Ausgründungen (Venture-Gruppe) und die Betreuung der Europa-Aktivitäten.

**FZR** Der international renommierte Laserphysiker **Prof. Roland**



Kreysa

**Sauerbrey** ist neuer Wissenschaftlicher Direktor im Forschungszentrum Rossendorf (FZR). Prof. Sauerbrey will das Forschungszentrum zu einem international führenden Zentrum auf den Forschungsgebieten „Struktur der Materie“, „Sicherheitsforschung“ sowie „Lebenswissenschaften“ weiterentwickeln.

**HELMHOLTZ** Die Mitgliederversammlung der Helmholtz-Gemeinschaft hat **Dr. Sebastian Schmidt** für die nächsten fünf Jahre zum neuen Geschäftsführer gewählt. Der 38-jährige Physiker war bereits zuvor im Forschungsmanagement der Bereiche Energie und Struktur der Materie der Helmholtz-Geschäftsstelle tätig.

**MDC** Der Zellbiologe **Prof. Walter Birchmeier** ist neuer wissenschaftlicher Leiter des Max-Delbrück-Centrums für Molekulare Medizin (MDC) Berlin-Buch. Das Kuratorium des MDC hatte ihn rückwirkend zum 1. Januar 2006 zum Vorstandsvorsitzenden für die kommenden drei Jahre berufen. Prof. Birchmeier wird das MDC und insbesondere die translationale Forschung, die Zusammenarbeit der Grundlagenforschung mit der klinischen Forschung, weiter ausbauen.

Der Immunologe **Prof. Dr. Jan Buer** (40) gewann 10 000 Euro beim erstmals ausgeschriebenen Roche Diagnostics Wettbewerb „**Imagining The Future**“ mit dem Titel „How the field of immunogenomics will develop to overcome human immune disorders: Towards a single-cell approach“. Der Wettbewerb hat zum Ziel, aus Sicht der Wissenschaftler zu erfahren, wie sich der Life Science Markt mittelfristig in den nächsten fünf bis zehn Jahren entwickeln wird. Buer leitet bei der Gesellschaft für Biotechnologische Forschung (GBF) in Braunschweig eine Forschungsgruppe und lehrt an der Medizinischen Hochschule in Hannover (MHH).

Der im vergangenen Jahr gegründete Arbeitskreis Prozessanalytik der Fachgruppe Analytische Chemie in der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) verlieh erstmals den von Siemens gestifteten **Siemens-Prozessanalytik-Nachwuchswissenschaftlerpreis**. **Angela Alvarez Rodrigo**, Robert Bosch GmbH, Reutlingen, erhielt den mit 1000 Euro dotierten Preis für die Publikation „Online Monitoring of Preferential Crystallization of Enantiomers“. Dabei soll mit Hilfe der Prozessanalytik eine Prozessregelung für die Aufreinigung von Wertstoffen (beispielsweise Pharmawirkstoffe) erreicht werden.

Von der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig wurde Herr **Prof. Dr. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Gerhard Kreysa**, Geschäftsführer der Dechema e.V. die **Wilhelm-Ostwald-Medaille** verliehen. Damit wurden seine herausragenden Leistungen in der angewandten Elektrochemie und die großen Verdienste um die Neuordnung der sächsischen Wissenschaft seit 1989/1990 geehrt. Die Wilhelm-Ostwald-Medaille ist 1978 aus Anlaß des 125. Geburtstages ihres früheren Mitglieds, des Nobelpreisträgers Wilhelm Ostwald, von der Sächsischen Akademie der Wissenschaften gestiftet worden. Prof. Kreysa war mehrere Jahre Mitherausgeber der CLB.

## EHRUNGEN

Der Wissenschaftler **Dr. Birger Dittrich** erhält den **Max-von-Laue-Preis** der Deutschen Gesellschaft für Kristallographie (DGK) und wird damit zum besten Nachwuchswissenschaftler 2006 ausgezeichnet. Der 32-Jährige studierte am Institut für Chemie und Biochemie der Freien Universität Berlin und promovierte auf dem Gebiet der experimentellen Elektronendichte-Bestimmung. Der Preis ist mit 1500 Euro dotiert. Der Preis wird bei der 14. Jahrestagung der DGK in Freiburg/Breisgau überreicht.



## Nanotechnik von Nachwuchswissenschaftlern

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) wirbt mit einem internationalen Wettbewerb um Nachwuchswissenschaftler in der Nanotechnologie. Für den Wettbewerb NanoFutur stehen rund 20 Millionen Euro zur Verfügung. Die jungen Forscher können ihre Projekte in den Nanowissenschaften mit einer eigenen Arbeitsgruppe an einer deutschen Forschungseinrichtung fünf Jahre lang unabhängig bearbeiten. Thematisch können sich die Vorhaben auf sämtliche Technologieansätze erstrecken. Nähere Informationen zur Zukunftsinitiative Nanotechnologie des BMBF sind unter

[www.bmbf.de/nanotechnologie.php](http://www.bmbf.de/nanotechnologie.php) zu finden. NanoFutur ist Teil der Zukunftsinitiative „Nanotechnologie erobert Märkte“ die zum BMBF-Programm „Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft (WING)“ gehört. Nähere Informationen zu WING und zu „NanoFutur“ bei: Projektträger Jülich (PtJ), Geschäftsbereich Neue Materialien und Chemische Technologien (NMT), Forschungszentrum Jülich GmbH, 52425 Jülich, Ansprechpartner: Dr. Hans-Jörg Clar, Tel 02461 61 2621, [mptjnanofutur@fz-juelich.de](mailto:mptjnanofutur@fz-juelich.de) oder unter <http://www.werkstoffinnovationen.de>.

**Was man zur Effektivität braucht, ist eine durch Übung gewonnene Kompetenz.**

Peter F. Drucker (geboren 1909), amerikanischer Managementlehrer, -berater und -publizist österreichischer Herkunft

## Alles Klick?!

Die Klaus Tschira Stiftung in Heidelberg sucht Schüler, die es verstehen, Wissen mit Hilfe des Computers pfiffig zu vermitteln. Mit dem Jugendsoftwarepreis 2006 werden Präsentationen und Programme ausgezeichnet, die andere Schüler für die Naturwissenschaften und die Mathematik begeistern. Das Thema ihrer Lernsoftware können Jugendliche, Schülergruppen oder Klassen frei wählen, es sollte sich aber den Schulfächern Physik, Chemie, Biologie oder Mathematik zuordnen lassen. Um den Preis bewerben können sich Schüler aller Klassenstufen, die in Deutschland, Österreich oder der Schweiz wohnen. Als Preise winken leistungsfähige Laptops, PDAs, spannende Klassenausflüge oder hochwertige Software. Einsendeschluss ist der **18. September 2006**. Nähere Informationen und Bewerbungsbedingungen sind unter [www.jugendsoftwarepreis.de](http://www.jugendsoftwarepreis.de) zu finden.

## Forschung und Entwicklung in der Medizintechnik

Zur Förderung der Forschung und Entwicklung von Geräten und Verfahren in der medizinischen Anwendung schreibt das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) seit 1999 den „Innovationswettbewerb zur Förderung der Medizintechnik“ aus. Gegenstand der Förderung sind Geräte und Verfahren, die unter das Medizinproduktegesetz fallen. Bewerbungen sind bis zum **30. Juni 2006** möglich. Die beiden Fördermodule „Innovationswettbewerb-Basis“ und „Innovationswettbewerb-Transfer“ sollen bestehende Angebote der Forschungsförderung ergänzen und die Lücke zwischen Grundlagenforschung und marktnaher Forschung (für die Förderangebote des BMBF bestehen) schließen.

## Material einsparen

Mit effizientem Materialeinsatz können Unternehmen nicht nur erheblich Geld sparen, sondern auch gewinnen: Zum dritten Mal schreibt das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) den mit 10000 Euro dotierten Deutschen Materialeffizienzpreis aus. Es sollen Unternehmen ausgezeichnet werden, die durch innovative Maßnahmen ihren Materialaufwand bereits erfolgreich reduzieren und damit ihr betriebswirtschaftliches Ergebnis verbessern konnten. Teilnehmen können kleine und mittelständische deutsche Unternehmen, deren jährlicher Umsatz unter 125 Mio. Euro liegt. Bewertet werden Innovationsgrad und Originalität, die konkrete Darstellung des erzielten Erfolges sowie eine mögliche Übertragbarkeit auf andere Unternehmen. Bewerbungen werden bis zum **30. September 2006** angenommen bei der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Stichwort Deutscher Materialeffizienzpreis 2006, Unter den Eichen 87, 12205 Berlin. Weitere Informationen gibt es unter [www.materialeffizienz.de](http://www.materialeffizienz.de).

Besonders originelle Forschungs- und Entwicklungsideen der Medizintechnik werden ausgewählt und im Rahmen eines „Schlüsselexperimentes“ (Fördermodul Innovationswettbewerb-Basis) beziehungsweise im Rahmen eines „F&E-Vorläufervorhabens“ unter Beteiligung der Industrie (Fördermodul Innovationswettbewerb-Transfer) gefördert. Antragsberechtigt sind Hochschulen, außeruniversitäre Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen sowie kleine und mittlere Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft. Zweck der Förderung ist es, den Weg von der Idee zu einem medizinisch nutzbaren und wirtschaftlich umsetzbaren Produkt zu beschleunigen. Weitere Informationen unter [www.pt-dlr.de](http://www.pt-dlr.de).

## Wettbewerbsvorteil durch Zeitersparnis

Maren Bulmahn, Bammental

Die automatisierte Flash-Chromatographie gehört innerhalb der flüssig-chromatographischen Verfahren zur Säulenchromatographie. Die präparative Methode arbeitet mit geringem Druck und erlaubt auf meist Kieselgel-gepackten Kartuschen die Trennung auch kleiner Substanzmengen. Ein Besuch im Max-Planck-Institut für Kohlenforschung in Mühlheim an der Ruhr zeigt ihre Anwendung in der Naturstoffsynthese. Im landwirtschaftlichen Forschungszentrum der Bayer CropScience AG in Monheim synthetisieren die Mitarbeiter neue Wirkstoffe für den Pflanzenschutz. In beiden Forschungseinrichtungen werden nach etlichen Reaktionsschritten oft nur wenige Milligramm der Ziel-Substanz erzeugt, die isoliert und gereinigt werden soll, um sie zu analysieren und weitere Versuche mit ihr durchzuführen.

Bei allen Gesprächen in den organischen Forschungslabors zeigte sich: Die Aufarbeitung der Ansätze und die Isolierung der Produkte gehören zu den Arbeiten, die häufig die meiste Zeit in Anspruch nehmen. Deshalb ist auch die Schnelligkeit einer Reinigung mittels automatisierter Flash-Chromatographie von besonderem Wert. Die Effizienz und schnell erlernbare Handhabung moderner Flash-Geräte sind besonders wichtig. Die Methode ist ein häufig genutzter Verfahrensschritt auf dem langen Weg vom Edukt zum Produkt in Entwicklungs- und Syntheselabors.

### Mit Druck durch die Säule

In der klassischen Schwerkraft-Säulenchromatographie gibt man die zu trennende Probe auf eine mit Kieselgel gefüllte Säule und fügt ein Lösungsmittel oder ein Lösungsmittelgemisch hinzu. Die Flüssigkeit läuft von der Schwerkraft getrieben durch die Säule und nimmt die verschiedenen Komponenten der Probe, die unterschiedlich stark am Kieselgel binden, mit. So trennt sich das Gemisch, und einzelne Komponenten lassen sich am Ende der Säule auffangen. Der Vorgang dauert lange, da die Geschwindigkeit des Laufmittels gering ist. Außerdem muss ein Mitarbeiter stets mit Hilfe der Dünnschicht-Chromatographie prüfen, wann



Abbildung 1: Den Chemieingenieur Günter Seidel vom MPI für Kohlenforschung begeistert am „Companion“ der Firma Isco besonders das zum Gerät gehörende Softwarepaket. Es erleichtert die Steuerung und Auswertung der automatisierten Flash-Chromatographie und erfordert seiner Erfahrung nach keine lange Einarbeitungszeit (Fotos: MB).

eine neue Substanz das Säulenende erreicht und ein neues Gefäß unterzustellen ist.

1978 veröffentlichten W. Clark Still und Mitarbeiter die Methode der Flash-Chromatographie als Alternative zur bekannten Schwerkraft-Säulenchromatographie. Beide Verfahren können organische Substanzen trennen und reinigen. Die automatisierte Flash-Chromatographie nutzt aber Druck, um die Fließgeschwindigkeit zu steigern.

Seit 1961 konstruiert und baut Isco in Lincoln Nebraska (USA) Instrumente für wissenschaftliche Anwendungen. Weltbekannt wurde das Unternehmen unter anderem durch die Fraktionssammler Foxy200 und Foxy Jr. In Deutschland übernahm 1995 die Axel Semrau GmbH & Co. KG (Sprockhövel) Vertrieb und Betreuung der Isco Produkte der Separations Group. Unter dem Motto „Mit uns stimmt die Chemie...“ hat Axel Semrau dabei eine ausgezeichnete Kundenbetreuung zum zentralen Unternehmensziel erklärt. Besonders im Pflanzenschutzzentrum Monheim weiß man die stetige Unterstützung durch die Semrau-Mitarbeiter zu schätzen.

Die 1996 eingeführten Isco CombiFlash Chromatographieanlagen sparen viel Arbeitszeit bei der Auf-



### Die Autorin

Die Chemikerin Dr. Maren Bulmahn arbeitet nach einiger Zeit in der chemischen Industrie freiberuflich unter anderem als Radakteurin und Autorin für die CLB.

\* Bei der Erstellung dieses Artikels unterstützte uns die Axel Semrau GmbH & Co. KG, Sprockhövel. Die redaktionelle Verantwortung liegt dessen ungeachtet vollständig bei der CLB.

reinigung organischer Substanzen durch sequentielle und parallele Multisäulen-Flash Chromatographen. Einen weiteren Durchbruch markierte die Einführung der praktischen Fertigtrennkartuschen (RediSep) Ende der Neunziger. Mit der Vorstellung der ersten Geräte wurde ein Industrie-Standard geschaffen, der die Flash-Chromatographie auf hohem Leistungsniveau in jedem Syntheselabor zur Verfügung stellen konnte und damit wieder in die Hand und Aufsicht des individuellen Syntheschemikers legt. Seit 2005 ist Isco Teil der Teledyne Technologies Company. Isco CombiFlash Systeme sind inzwischen weltweit bei fast allen führenden Chemieunternehmen der Wirkstoffsynthese zum Teil der normalen Laborausstattung geworden.

### Max-Planck-Institut für Kohlenforschung

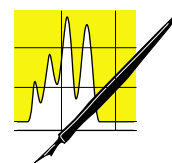
Günter Seidel arbeitet als Chemieingenieur seit 1972 im Max-Planck-Institut für Kohlenforschung in Mülheim an der Ruhr. Das Institut betreibt Grundlagenforschung besonders in organischer und metallorganischer Chemie; homogene und heterogene Katalyse und auch theoretische Chemie gehören dazu. Übergeordnetes Ziel ist die Entwicklung neuer Methoden zur selektiven und umweltfreundlichen Stoffumwandlung. Das Institut wurde 1912 als Kaiser-Wilhelm-Institut für Kohlenforschung gegründet. Es ist seit 1949 ein Max-Planck-Institut mit dem Status einer selbständigen rechtsfähigen Stiftung. Die ursprüngliche Vorgabe, die Erforschung der Kohle, spielte nach 1943 nur noch eine untergeordnete und seit 1993 keine Rolle mehr.

Die gezielte, selektive Stoffumwandlung ist das zentrale, abteilungsübergreifende Arbeitsgebiet des Institutes. Dabei wird für die Umsetzungen ein Höchstmaß an Chemo-, Regio- und Stereoselektivität unter milden Bedingungen angestrebt, damit die Reaktionen so weit als möglich energie- und ressourcenschonend ablaufen. Die wesentliche Basis für diese Arbeiten ist das Auffinden und Verstehen neuer Synthesemethoden. Die Entwicklung von neuen Synthesewegen wird dabei von mehreren Seiten, teils durch einzelne Abteilungen, teils durch das Zusammenwirken verschiedener Abteilungen, angegangen. In den Abteilungen Synthetische Organische Chemie (Prof. Dr. Manfred T. Reetz) und Metallorganische Chemie (Prof. Dr. Alois Fürstner) steht die Umsetzung selbst im Zentrum des Interesses, in den Abteilungen Homogene Katalyse (Prof. Dr. Benjamin List) und Heterogene Katalyse (Prof. Dr. Ferdi Schüth) liegt der Schwerpunkt auf der Entwicklung von neuen Katalysatoren. Die Trennung ist jedoch nicht scharf, da einerseits die meisten Reaktionen katalysiert ablaufen, andererseits für die Synthese von Katalysatoren teils aufwändige Umsetzungen erforderlich sind. In der Abteilung Theorie (Prof. Dr. Walter Thiel) werden theoretische Methoden entwickelt und numerische Reaktionen durchgeführt, die zum Verständnis von

Moleküleigenschaften und Reaktionsmechanismen beitragen sollen.

Als Alois Fürstner 1992 seine Arbeitsgruppe am Institut gründete, war Seidel sein erster Mitarbeiter. 2001 berichtete Hans-Dietrich Martin bereits einmal über Alois Fürstner, den „Herrn der Ringe“ und seine Mitarbeiter (CLB 09/2001, Seite 338 ff.). Heute ist Günter Seidel einer von fünf Festangestellten, die sich zum Beispiel mit der Metathese von Alkinen beschäftigen, um nach anschließender Hydrierung des Alkins Olefine stereoselektiv zu synthetisieren; die übrige Arbeitsgruppe bilden über 30 immer wieder wechselnde Doktoranden und Post-Docs. Seidels Hauptaufgabe besteht zur Zeit darin, Naturstoffsynthesen zu entwickeln und zu verbessern, wobei er regelmäßig selber zum Reagenzglas greift; zusätzlich ist er für die Organisation der Arbeitsgruppe und damit auch für notwendige Anschaffungen zuständig: Verschiedene Geräte müssen ausprobiert und miteinander verglichen werden. Zwar wird in gewissen Grenzen angeschafft, was gebraucht wird – schließlich finanziert sich das Institut weitgehend selbst – trotzdem muss Seidel selbstverständlich mit Fakten belegen, warum er sich für das eine oder andere Gerät entschieden hat.

Dabei ist oft auch in anderer Hinsicht besonderes Einfühlungsvermögen und Geschick notwendig: Die wechselnden Mitarbeiter kommen aus der ganzen Welt ans Institut und bringen unterschiedlichste Erfahrungen mit. „Jeder möchte am liebsten weiterhin so arbeiten, wie er es gewohnt ist; also zum Beispiel am Ende eines Syntheseschrittes die wertvolle Substanz über eine Hand-Säule isolieren. Aber die ersten drei Flash-Chromatographie-Geräte von Isco sind so



AUFsätze



Abbildung 2: Die Säulenchromatographie mit der „Hand-Säule“ erfordert wesentlich mehr Zeit und Lösungsmittel und zudem ständige Überwachung. Sie bietet den Vorteil, dass man unter Schutzgas arbeiten kann.

gut angenommen worden, dass wir inzwischen weitere drei angeschafft haben“, begründet Seidel die Tatsache, dass in den sieben von ihm betreuten Laboren nun sechs „Companions“ stehen. Seidel spricht wohl jetzt auch für seine Mitarbeiter: „Ich bin kein Freund von stundenlangem Säulen und immer wieder Tüpfeln.“

### Hand-Säulen kontra Flash-Chromatographie

Schließlich ist ihre gesamte Arbeit auf Zeitersparnis beziehungsweise Effizienz ausgerichtet: Fürstner gibt ein Zielmolekül (target) vor und die Abteilung entwickelt eine Retrosynthese. Einzelne Arbeitsgruppen wiederum stellen jeweils einen für die weitere Synthese notwendigen Baustein her. Übergeordnetes Ziel ist dabei immer auch die Reduktion der Syntheseschritte. Es ist viel gewonnen, wenn eine Synthese in zehn statt in 30 Schritten ablaufen kann. Es hilft aber auch, wenn die Aufreinigung der einzelnen Produkt-Stufen möglichst wenig Zeit in Anspruch nimmt.

Eine Trennung mit dem „Companion“ dauert hier typischerweise 15 bis 20 Minuten und nur in Ausnahmefällen bis zu einer Stunde; eine Säulen-Chromatographie von Hand kann je nach Substanz-Menge wesentlich länger dauern. Außerdem erfordert die klassische Säulen-Chromatografie ein regelmäßiges Wechseln der Auffanggefäße, deren Inhalt von einem Mitarbeiter mittels Dünnschicht-Chromatogramm überprüft – „getüpfelt“ – wird, um festzustellen, wo sich die Produkt-Fractionen befinden. Dünnschicht-Chromatographie (DC) führt man auch vorab durch, beispielweise, um zu entscheiden, welches Lösungsmittel oder Lösungsmittelgemisch für eine erfolgreiche Trennung der einzelnen Substanzen notwendig ist.

Seidel erklärt: „Die DC entscheidet auch darüber, ob eine automatisierte Trennung überhaupt möglich ist. Liegen die einzelnen Spots zu dicht beieinander, müssen wir weiterhin die Hand-Säulen verwenden. Um die automatische Detektion der Flash-Chromatographie nutzen zu können, müssen die einzelnen Komponenten natürlich UV-aktiv sein.“

Tabelle 1: Nach einer Daumenregel beträgt das Gleichgewichtsvolumen einer Säule etwa fünfmal das Säulenvolumen. In der Tabelle ist die Säulenfüllmenge an Silica zu sehen, mit Empfehlungen für Flussrate und Druck; angezeigt ist außerdem das Gleichgewichtsvolumen und die entsprechende Kapazität der Säule.

Silica [g]	Flussrate [ml/min]	Druck [psi]	Volumen [ml]	Kapazität [mg]
4	10	5	40	10 – 400
10	20	15	100	50 – 1000
35	40	15	350	100 – 3500
110	40 – 45	50	1100	500 – 10000

Am Ende einer Synthese hat ein Forscher manchmal nur drei bis vier Milligramm Endprodukt. Deshalb ist es auch wichtig, den Ausbeuteverlust bei einzelnen Operationen zu kennen und gering zu halten. Der theoretische Ausbeuteverlust

Silica	Probenmenge
4 g	4 – 400 mg
12 g	12 – 1200 mg
40 g	40 – 4000 mg
80 g	80 – 8000 mg
120 g	0,12 – 12 g
330 g	0,33 – 33 g
750 g	0,75 – 75 g
1500 g	1,5 – 150 g

Tabelle 2: Für Normalphasen (NP) Chromatographie gibt es je nach Probenmenge verschiedene Kartuschengrößen.

bei der Flash-Chromatographie beträgt etwa zehn Prozent. Seidel hält die Verluste bei ihm im Institut für größer; genauere Untersuchungen hat das MPI dazu aber bisher nicht durchgeführt.

Eine weitere Alternative zu Flash- und klassischer Chromatographie ist die präparative HPLC. Im MPI nutzt man sie für besonders große Zielmoleküle oder sehr diffizile Trennprobleme. Über Grenzen und Möglichkeiten der HPLC haben wir in CLB 12/2005 ab Seite 418 berichtet.

Im Gegensatz zur klassischen Säulen-Chromatographie verwendet man in der automatisierten Flash-Chromatographie keine Glassäulen sondern Kunststoff-Kartuschen. Isco bietet dafür die Redi-Sep-Kartuschen mit Luer-Lock-Verschluss an. So sind sie einfach einzuspannen und zu wechseln. Es gibt sie gefüllt mit einfachem oder auch mit Oberflächenmodifiziertem Kieselgel. Seidel nutzt häufig die auch erhältlichen leeren Kartuschen: „Die habe ich in 30 Sekunden gefüllt und dabei sehr viel Geld gespart!“ Eine Mehrfachverwendung von Kartuschen lehnt er allerdings ab. Dabei erhalte man keine sinnvollen Ergebnisse.

Trotz aller positiver Erfahrung bevorzugen gerade neue Mitarbeiter manchmal doch die klassische Säulen-Chromatographie: Wenn es um besonders wertvolle Substanzen geht, trauen sie dem „schwarzen Kasten“ nicht: Eine Schlauchverbindung könnte platzen, eine Undichtigkeit entstehen. Seidel findet aufgrund seiner Erfahrung diese Skepsis überflüssig, kann aber natürlich niemanden zur Nutzung der Geräte zwingen. Ein anderer Grund, beim Hand-Säulen zu bleiben, ist die Aufarbeitung sehr kleiner Mengen. Da falle der Zeitvorteil der Flash-Chromatographie nicht mehr so ins Gewicht.

Abschließend beurteilte Seidel die Flash-Chromatographie als ausgereifte Methode und erwartet nun, mit seinen Isco-Geräten die nächsten 10 Jahre arbeiten zu können.

Eine so lange Lebensdauer ist laut AS durchaus möglich. Einige Software-Anpassungen wird es aber wohl in jedem Fall geben.

## Eine Naturstoffsynthese

Ein Beispiel für ein Naturstoff-Zielmolekül ist das Nakadomarin A: Das Alkaloid mit pharmakologischer Wirkung kann man aus einem Meeresschwamm gewinnen. Zum Einsatz als Medikament würden allerdings so große Mengen benötigt, dass sie nicht direkt aus dem Schwamm gewonnen werden können, sondern mit Hilfe einer Totalsynthese hergestellt werden müssen (siehe Kasten unten). Unter Totalsynthese versteht man den Aufbau eines komplexen Moleküls aus einfachen, in großen Mengen verfügbaren Substanzen. Ein Ansatz dafür ist die lineare Synthese, der schrittweise Aufbau des Moleküls; der am MPI oft bevorzugte Ansatz ist der getrennte Aufbau verschiedener komplexerer Fragmente des Moleküls, die anschließend zu dem Wirkstoff zusammengefügt werden. Dies nennt man eine konvergente Synthese. Neben Totalsynthesen gibt es auch Partialsynthesen, bei denen ein strukturverwandter Stoff in wenigen Schritten in die gesuchte Substanz verwandelt wird. Dieser Ansatz macht vor allem dann Sinn, wenn der strukturverwandte Stoff in größeren Mengen aus natürlichen Quellen zu beziehen ist.

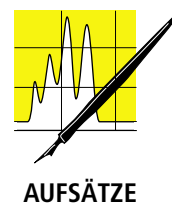
### Das Pflanzenschutzzentrum in Monheim

Bayer CropScience mit Sitz in Monheim ist weltweit tätig in Pflanzenschutz und Schädlingsbekämpfung. Der Teilkonzern erforscht und entwickelt neue Insektizide, Fungizide, Herbizide und Saatgutbehandlungsmittel. Er zählt rund 18 800 Mitarbeiter und erzielte 2005 einen Umsatz von 5896 Millionen Euro. In Monheim haben wir Dr. Oliver Guth besucht. Dass er früher im MPI für Kohlenforschung gearbeitet hat (siehe Naturstoffsynthese unten), ist ein erstaunlicher

Zufall. Zu seiner Zeit gab es dort aber noch keine automatisierten Flash-Chromatographienanlagen. Auch in Monheim ist diese Technologie noch relativ neu und musste sich zunächst gegen die manuelle Säulenchromatographie durchsetzen – was ihr offenbar recht eindrucksvoll gelungen ist. Die Mitarbeiter haben schnell Zutrauen zu den neuen Geräten gefasst und nutzen nun mit zunehmender Erfahrung immer mehr Möglichkeiten zur Trennoptimierung.

Dr. Guths Haupt-Aufgabengebiet ist zur Zeit die Leitung des Robotersyntheselabors: Hier werden mit Hilfe eines Syntheseroboters kleine Bibliotheken neuer potentieller Wirkstoffe hergestellt. Dr. Guth ist als Leiter der Lab Technology Gruppe aber auch abteilungsübergreifend zuständig für Empfehlungen zu Geräteneuanschaffungen: Auf seinen Wunsch hin wurden im letzten Jahr zunächst einige Isco-Flashsysteme erworben, um deren Akzeptanz zu testen. Inzwischen sind in den verschiedenen Laboren weitere Isco-Geräte im Einsatz. Neugierige Blicke aus anderen Laboren zeigen, dass es noch mehr Bedarf geben könnte. Die Methode steht in Monheim vor dem Durchbruch, in beinahe jedem Labor eingesetzt zu werden.

Da Labor-Mitarbeiter hauptsächlich in klassischer Säulen-Chromatographie ausgebildet sind, dauert die Umstellung auf die automatisierte Flash-Chromatographie immer einige Zeit. Dr. Guth begründet ihre Anschaffung: „Mit Hand-Säulen arbeitet man fast nur isokratisch – also mit einem während der gesamten Trennung gleichbleibenden Lösungsmittelgemisch; die Flash-Geräte können anhand der Rf-Werte, die unsere Laboranten mittels Dünnschicht-Chromatographie vorab bestimmen, einen geeigneten Gradienten vorschlagen. Hierdurch sind oft wesentlich bessere Trennungen zu erhalten.“ Er sieht Automatisierung



AUFsätze

### Auf dem Weg zu einer Totalsynthese von Nakadomarin A

Nakadomarin A (siehe Abbildung rechts) ist ein Alkaloid, das man aus einem Meeresschwamm isoliert hat. Es zeigt sowohl zytotoxische als auch antimikrobielle Aktivität. Arno Düffels, Oliver Guth und Alois Fürstner begannen die Synthese mit einer Reaktionssequenz basierend auf einer intramolekularen Michael-Addition als Schlüsselschritt. Sie erhielten so den strategisch funktionalisierten bicyclischen Kern (A, B; 4). Daran schlossen sie eine Ringschluss-Metathese (Ring Closing Metathesis RCM) an, um die stereokontrollierte Synthese des Cyclooctens zu erreichen. Durch Reduktion eines zwischenzeitlich gebildeten Butenolids bildete sich das Furan (Furan Formation). Eine Ringschluss-Alkin-Metathese (Ring Closing Alkyne Metathesis RCAM), gefolgt von einer Lindlar-Hydrogenierung sollte dann Zugang zum Cyclo-Z-Pentadecen geben.

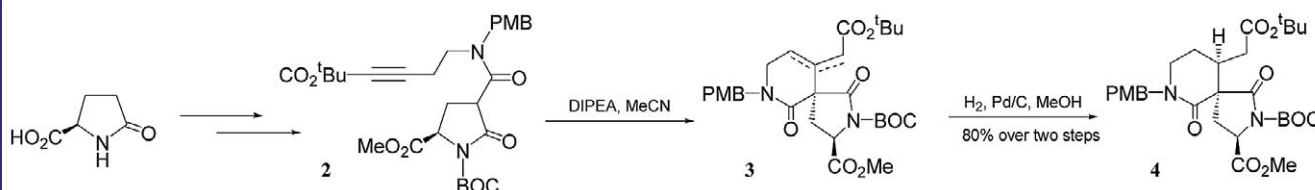
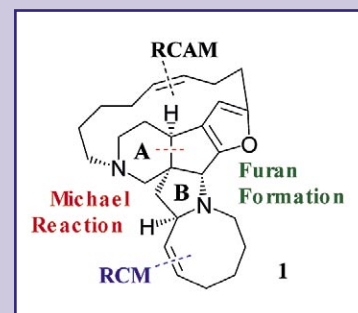
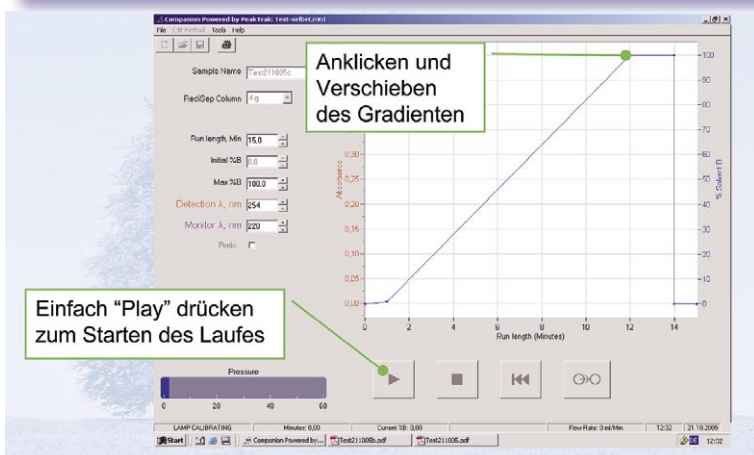
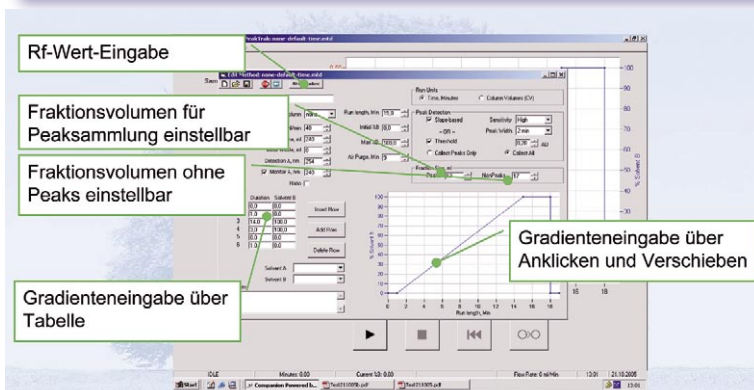
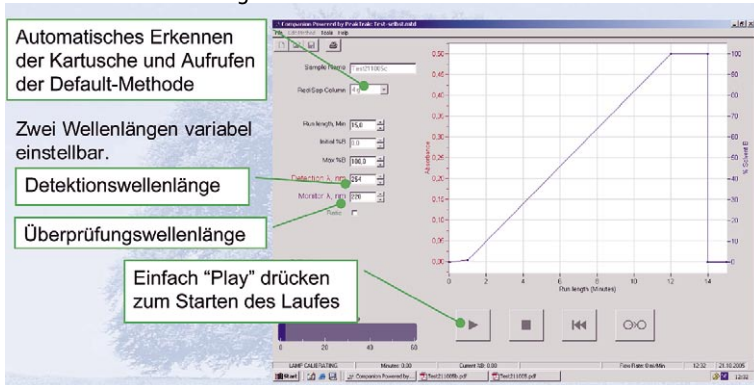




Abbildung 3: Dr. Anca Briese von der Axel Semrau GmbH (AS), Dr. Oliver Guth (Mitte) von Bayer CropScience AG und sein Mitarbeiter Dirk Ganzer sowie CLB-Redakteurin Dr. Maren Bulmahn diskutieren Anforderungen, die Anwender an ein Flash-Chromatografie-Gerät haben. Der sehr gute Kundendienst von AS war für Guth mit kaufentscheidend.

Abbildung 4, 5 und 6: Startbildschirm, Methodenbildschirm und einige Möglichkeiten der Softwaresteuerung während des Laufes.



vor allem auch als Mittel zur Qualitätssteigerung – nicht nur als Einsparungsmaßnahme.

Alexander Meyer aus der Fungizid-Abteilung ist begeistert: „Der Automat fährt Gradienten, auf die ich so niemals gekommen wäre – und die Trennungen sind hervorragend!“ Sein Kollege Dirk Ganzer nutzt die automatische Gradientenbestimmung seltener und baut eher auf seine Erfahrung: „Auf dem Bildschirm kann ich den Verlauf der Trennung ständig beobachten und sofort eingreifen, wenn eine Änderung des Lösungsmittelgemisches sinnvoll erscheint.“

## Der Companion

Auf einer Grundfläche von 49 mal 54 und nur 49 Zentimetern Höhe ist alles übersichtlich angeordnet und passt auf jeden Labortisch und in jeden Abzug. Selbst die Laufmittelflaschen können auf das Gerät gestellt werden. Die Bedienung des kompletten Systems erfolgt Software-gesteuert und ist denkbar einfach. Alle RediSep-Kartuschen – egal ob Normal-Phase oder Reversed-Phase – können beliebig wechselweise eingesetzt werden. Companion stellt selbsttätig die Größe der Kartusche fest und setzt automatisch optimierte Flussparameter. Zwei ventillose Pumpen fördern die Laufmittel bis zu einem maximalen Fluss von 100 Milliliter pro Minute. Elutionsmittelgradienten werden optisch per click and drag festgelegt und geändert. Optimierender Eingriff in laufende Trennungen ist jederzeit möglich. So können alle Methodenparameter während eines Laufes jederzeit und beliebig häufig geändert werden. Das ist besonders für unbekannte Trennungen und die Methodenentwicklung praktisch.

Das Einlassventil ermöglicht es, das zu reinigende Gemisch direkt auf die Trennsäule zu dosieren. Schwer lösliche Komponenten werden mit Kieselgel verrührt und aus einer Vorsäule auf die Trennkartusche eluiert.

Ein Diodenarray-Spektrometer registriert UV-Absorption von 200 bis 360 Nanometern und sorgt dafür, dass alle eluierenden Komponenten erkannt werden. Dabei stellt die Software PeakTrak sicher, dass Peaks sauber fraktioniert und die Fraktionen zweifelsfrei im Rack des Fraktionensammlers wiedergefunden werden. Integrierter Fraktionensammler ist der bekannte und bewährte Isco Foxy.

## Softwaresteuerung per Labor-PC, Laptop oder Touchscreen

Besonderes Augenmerk wurde beim Design des Companion der Sicherheit im Labor zuteil. Er verfügt über vollständig geerdete Lösungsmittelwege sowie Sensoren für Überdruck und Lösungsmitteldämpfe. Deshalb kann jede Auffälligkeit mit dem sofortigen selbsttätigen Abschalten des Systems quittiert werden. Auch nach jedem abgeschlossenen Lauf fährt sich das Sys-



Abbildung 7: Alexander Meyer erklärt die leicht verständliche Steuerungssoftware vor dem OptiX10.

tem automatisch runter und spült die Leitungen mit Luft.

Besonders wichtig ist auch für Seidel im MPI die Rechner-gestützte Steuerung des „Companion“. Dafür hat er extra einen Laptop an seine Geräte angeschlossen. Die Möglichkeit, diese mit Laborrechnern zu vernetzen, nutzt er allerdings nicht. Auch zieht er Ergebnis-Ausdrucke auf Papier dem Abspeichern im Rechner vor. Diese Maßnahmen seien in einem Labor mit ständig wechselnden Mitarbeitern sinnvoller.

Die Flash-Chromatographie-Geräte im Pflanzenschutzzentrum Monheim stehen in separaten Laboren und verfügen jeweils über einen eigenen Rechner, der wiederum mit den einzelnen Arbeitsplatzrechnern vernetzt ist. Mitarbeiter aus verschiedenen Laboren können so gemeinsam ein Gerät nutzen. Die Steuerung der Trennung kann nur direkt am Geräte-Rechner erfolgen – eine Überwachung ist aber von jedem angeschlossenen Arbeitsplatzrechner möglich. Für bestimmte Substanzklassen sind von den Mitarbeitern mittlerweile bereits optimierte Protokolle für die automatisierte Flash-Chromatographie hinterlegt. Problemlos entwickeln die Mitarbeiter aber auch neue Trennverfahren. Es ist wichtig, dass solche Arbeiten schnell von der Hand gehen, um möglichst viele neue Wirkstoffe zur biologischen Testung bereitstellen zu können. Neue Substanzen analysiert man mittels LC/MS und zeichnet UV-Spektren auf. Etwa 80 Prozent der Wirkstoffe sind UV-aktiv: Eine automatische Detektion mit dem Photometer der Flash-Chromatographieanlage ist also leicht möglich. Mittels DC ermittelt man die Rf-Werte und schon kann die automatisierte Trennung erfolgen.

Für die Fraktionierung und Reinigung ihrer Produkte nutzen die Monheimer Bayer CropScience-Mitarbeiter das Companion 4X-System von Isco. Hier können

vier verschiedene Produkte nacheinander chromatographiert werden; regelmäßig wird dies in den Laboren genutzt, um Trennungen über Nacht zu erhalten. „Auch tagsüber ist es mit dem Companion gut möglich, seine Zeit sinnvoll einzuteilen. Ich kann das Gerät beruhigt auch alleine laufen lassen. Nach der Einarbeitungsphase ist es nicht mehr zu Substanzverlusten gekommen und das Gerät schaltet bei Undichtigkeiten automatisch ab“ sagt Alexander Meyer. Für Dr. Guth ist der Zeitfaktor ein wichtiges Argument für den Einsatz der Flash-Chromatographie: „Wenn man etwa zehn Minuten für das Ansetzen der Synthese und 20 Minuten für die Aufarbeitung braucht, sind die etwa zwei Stunden, die eine Säulenchromatographie per Hand früher oft benötigte, einfach zuviel; manchmal dauerte es sogar einen ganzen Tag. Der Companion schafft das in durchschnittlich 45 Minuten.“

Der OptiX10 von Isco findet seinen Einsatz im Parallelsynthese-Labor: Das Gerät trennt, detektiert und sammelt parallel bis zu zehn Proben mit zehn individuell einstellbaren Elutionsgradienten. In Monheim hat der OptiX10 einen selbstgebauten Konkurrenten: Diese Anlage erlaubt sowohl parallele als auch Einzeltrennungen, erfordert aber zusätzlichen Aufwand für Wartung und Weiterentwicklung. Unabhängig von der Wahl des Flash-Automaten plädiert Dr. Guth für die Nutzung bereits fertig gepackter Kartuschen, auch wenn diese teuer sind: „Wir haben sehr gut ausgebildete Mitarbeiter; sie sollten auch möglichst hochqualifizierte Arbeit verrichten,“ meint Dr. Guth. „Zum Kartuschenfüllen zum Beispiel sind sie viel zu schade.“ Auch die Arbeitssicherheit lässt er nicht außer Acht: „Beim Befüllen der Kartuschen und Säulen entstehen Stäube; trotz aller Vorsichtsmaßnahmen wie Abzug und Mundschutz ist ein Einatmen nicht immer restlos zu verhindern. Daher wollen wir diese Arbeit vermeiden.“ In seltenen Fällen werden auch mit Alox oder oberflächenmodifiziertem Silica gefüllte Kartuschen benötigt: Auch derartige Spezialkartuschen sind bereits fertig gepackt erhältlich. Wenn selbst diese



Abbildung 8: Dirk Ganzer wechselt schnell eine Kartusche am Companion 4X.

speziellen Säulenmaterialien nicht mehr weiterhelfen oder die Substanzen nicht UV-aktiv sind, gibt man die Proben in das Service-HPLC-Labor, wo sie mittels präparativer HPLC und wenn nötig massendetektiert aufgereinigt werden.

### Ausrüstung moderner Flash-Chromatographieanlagen am Beispiel der Teledyne/Isco CombiFlash Systeme

Moderne Flash-Systeme verfügen über ein Doppelpumpensystem, mit dem binäre Lösungsmittelgradienten gesteuert werden können. Die Geräte verfügen über einen geeigneten Detektor, bei Isco sind es UV-Detektoren, die bei unterschiedlichen Wellenlängen messen können und das Chromatogramm in Echtzeit darstellen und speichern. Eingebaute oder systemintegrierte Fraktionssammler komplettieren die Hardware der Anlage. Das Ganze befindet sich, wie im Falle des Companion, in einem kompakten Gehäuse, so dass die Geräte in jedem normalen Abzug Platz finden.

In den Interviews zeigte sich, dass für den einfachen Umgang mit den Systemen eine klar strukturierte einfach verständliche und leicht bedienbare Steuersoftware von großer Wichtigkeit ist. Sie muss dem Anwender auch Hilfestellung bei der Wahl der

optimalen Trennbedingungen geben. Wichtig ist auch, dass sich große wie kleine Flashkartuschen einfach einsetzen lassen und je nach Größe der zu reinigenden Stoffmenge rasch austauschen lassen. Natürlich (aber leider nicht bei allen Systemen am Markt selbstverständlich) sollten sich nach Abschluß einer Trennung keinerlei Memories (also Reste vorhergehender Trennungen) im Gerät finden. Da für die Trennung leicht entflammare oder giftige Lösungsmittel verwendet werden, ist der Arbeitsschutz von Bedeutung. Teledyne Isco's Companion setzt hier Maßstäbe, beispielsweise durch den Lösungsmittelsensor, der zum Autostop bei Leckagen führt.

Wächst die Anzahl der zu reinigenden Substanzen oder werden die benötigten aufgereinigten Mengen immer größer, kann oder muss gegebenenfalls die Instrumentierung angepasst werden. Mit einem Erweiterungsmodul lässt sich der Companion zu einem 4-fach sequentiellen System ausbauen. Reicht das immer noch nicht, stehen 16-fach sequentielle Systeme zur Verfügung (Isco SQ 16X), die idealerweise über Nacht oder übers Wochenende automatisch die Aufreinigung vornehmen. Das Parallelsynthese-Labor stellt nochmal andere Ansprüche, denen am besten mit ebenfalls parallel trennenden Combi-Flash Anlagen begegnet wird. Hier kommt der Isco OptiX10 zum Einsatz. Für große Trennmengen schließlich gibt es den Companion XL, mit dem dann Flashkartuschen mit über 400 Gramm bis etwa zwei Kilogramm Säulenfüllmaterial einsetzbar sind.

Tabelle 3: Auf Grund der mobilen Phase kann man die Chromatographie in drei Gebiete unterteilen, die sich nach den stationären Phasen weiter unterteilen lassen.

<b>Flüssig-Chromatographie (engl. liquid chromatography, LC)</b>	
Planare Chromatographie: • Papier-Chromatographie (PC) • Dünnschicht-Chromatographie (DC)	Die mobile Phase bewegt sich aufgrund von Kapillarkräften.
Säulenchromatographie: • Schwerkraft-getrieben • Niederdruck-Chromatographie (Flash-Chromatographie) • Hochdruck-Chromatographie (HPLC) • Elektro-Chromatographie	Bei der Schwerkraft-getriebenen Chromatographie haben die Säulen oft zentimetergroße Durchmesser. Die Flash-Chromatographie verwendet einen Überdruck von 1,5 bis 2 bar. Die HPLC arbeitet mit Drücken bis zu 400 bar. Bei der Elektro-Chromatographie wird die mobile Phase durch Anlegen einer Spannung bewegt.
Membran-Chromatographie	Eine Membran dient als feste Phase. Die mobile Phase wird bei niedrigen Drücken bis zu 6 bar durch die Membran gepumpt.
<b>Gas-Chromatographie (engl. gas chromatography, GC)</b>	
Gepackte Säulen	Das Säuleninnere ist mit einem feinkörnigen Material gefüllt.
Kapillarsäulen: • Flüssige stationäre Phase • Feste stationäre Phase	Nur die Säulenwand ist mit einer dünnen Schicht aus stationärer Phase bedeckt.
<b>Überkritische Fluid-Chromatographie (engl. supercritical fluid chromatography, SFC):</b> Als mobile Phase wird eine Substanz – meist Kohlendioxid – in ihrer überkritischen Phase (Zustand zwischen Gas und Flüssigkeit) eingesetzt. Bei dieser Methode werden nur Säulen als Träger von stationären Phasen eingesetzt.	

### Grundlagen der Chromatographie

Das grundlegende Prinzip aller chromatographischen Verfahren ist die oft wiederholte Einstellung eines dynamischen Gleichgewichtes zwischen einer ruhenden – stationären – und einer bewegten – mobilen – Phase. Die zu trennenden Substanzen verteilen sich zwischen den zwei Phasen. Die stationäre Phase kann eine feste Phase (Sorbens), eine flüssige Phase (Trennflüssigkeit) oder ein Gel sein. Die mobile Phase durchströmt die stationäre Phase. Sie kann flüssig (Flüssigchromatographie, LC), gasförmig (Gaschromatographie, GC) oder ein überkritisches Fluid (überkritische Fluidchromatographie, Supercritical fluid chromatography, SFC) sein. In der GC spricht man auch vom Trägergas, in der LC vom Eluenten und in der Dünnschicht-Chromatographie (DC) vom Fließmittel. Die Probe besteht aus einem Gemisch verschiedener – meist organischer – Komponenten, die durch Chromatographie getrennt werden sollen.

Von Normalphasenchromatographie (NPC) spricht man, wenn die stationäre Phase (z.B. Kieselgel oder Aluminiumoxid) polarer als der Eluent ist. Bei der Umkehrphasenchromatographie (Reversed-Phase Chromatography, RPC) ist dagegen die mobile Phase wesentlich polarer als die stationäre (z.B. mit Alkylgruppen modifiziertes Kieselgel). Bei der isokratischen Analyse bleibt die Zusammensetzung der mobilen Pha-



se während des gesamten Elutionsvorgangs konstant. Im Gegensatz dazu wird bei der Gradientenelution die Zusammensetzung der mobilen Phase kontinuierlich oder auch stufenweise (Stufengradient) verändert. Mit chromatographischen Kenngrößen kann man das System mathematisch beschreiben. Sie dienen auch dazu, beispielsweise Säulen oder Lösungsmittel zu vergleichen. Die meisten Kenngrößen beruhen auf Modellen, die immer nur Teile der Wirklichkeit beschreiben und somit nur in bestimmten Grenzen gelten. Trotzdem kann man mit solchen Größen eine Trennung optimieren.

Nach der **kinetischen Theorie** hat jedes Probenmolekül der mobilen Phase eine bestimmte Affinität zur stationären Phase. Verschiedene Stoffe haben dadurch unterschiedliche Retentionszeiten (Verweil- oder Aufenthaltszeiten).

Das **theoretische Trennstufenmodell** zerlegt die stationäre Phase in einzelne Trennabschnitte: die theoretischen Trennstufen. Auf jeder Stufe finden Festhalte- und Lösungsvorgänge statt. Für eine möglichst gute Trennung sollen viele theoretische Trennstufen mit geringer Trennstufenhöhe vorliegen.

Die **dynamische Theorie** ist eine Erweiterung der Stufen-Theorie, aus der sich die van-Deemter-Gleichung entwickeln lässt:

$$H = A + \frac{B}{u} + C \cdot u = \text{HETP}$$

mit H=Bodenhöhe; A=Eddy-Diffusion, die durch unterschiedliche Fließstrecken durch die Packung entsteht;

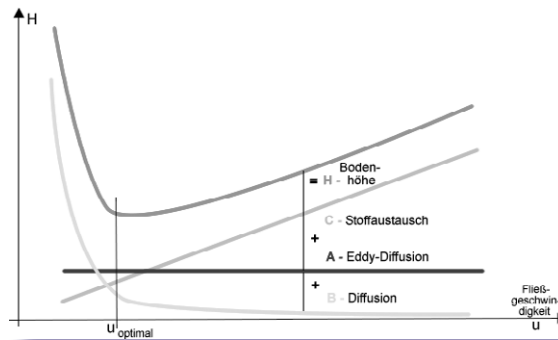


Abbildung 9: Grafische Darstellung der van-Deemter-Gleichung.

B=longitudinale Diffusion in beide Richtungen der Trennstrecke; C=Stofftransport; u=Fließgeschwindigkeit; HETP=Höhenäquivalent eines theoretischen Trennbodens. Die Gleichung beschreibt die Abhängigkeit der theoretischen Trennstufenhöhe von der linearen Strömungsgeschwindigkeit.

CLB

Zum Einsatz von Flash-Chromatographie zur selektiven Aufreinigung zusammen mit Mikrowellen-Synthese siehe auch Seite 196.



Schon heute vormerken, der Termin steht fest:

12. bis 15. März 2007, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

*Heinrich Heine*  
HEINRICH HEINE  
UNIVERSITÄT  
DÜSSELDORF

**InCom 2007**

SYMPOSIUM & EXPOSITION

**LifeCom 2007**

SYMPOSIUM & EXPOSITION

# Sensationelle Anwendungen nach 100 Jahren Dornröschenschlaf

Wolfgang Hasenpusch, Hanau

Nach einem fast 100-jährigen Dornröschenschlaf entdecken Forscher auf allen Gebieten der Naturwissenschaften neue sensationelle Anwendungsfelder der Ionischen Flüssigkeiten, der weitgehend organischen Ionenpaare, die definitionsgemäß unter 100°C schmelzen. Viele sind selbst bei Raumtemperatur flüssig, stabil und transparent. Ihre Lösungseigenschaften sind sowohl für anorganische als auch für organische Substanzen geradezu phantastisch. Was sie jedoch besonders als „Nachhaltige Lösungsmittel“ vor allen klassischen organischen Flüssigkeiten auszeichnet, ist der verschwindend geringe Dampfdruck. Ihre wirtschaftliche Bedeutung, mit der sie noch ganz am Anfang stehen, liegt jedoch in der homogenen Katalyse sowie in den höheren Ausbeuten bestimmter Ziel-Produkte.

## 1. Die junge Geschichte der Ionischen Flüssigkeiten

Schmelzen anorganischer Salze weisen selbst in Eutektika (= Salzmischungen mit Schmelzpunkt-Minima), wie sie beispielsweise als Flussmittel beim Weich- und Hartlöten Verwendung finden, relativ hohe Arbeitstemperaturen auf. Das erfordert besonders beim Aluminiumlöten Erfahrung, da die Arbeitstemperaturen mit  $\text{KF-KBF}_4$ -Eutektika nur ca. 50°C unterhalb des Schmelzpunktes vom Aluminium mit 660°C liegen.

Aber auch eutektische Mischungen von LiCl und KCl erreichen nur 355°C. In den sechziger Jahren forschten Chemiker der U.S. Air Force Academy an Salzschnmelzen für Elektrolyte, wie sie in thermischen Batterien verwendet werden. Die ersten erfolgreichen Untersuchungen konzentrierten sich auf Mischungen aus NaCl und  $\text{AlCl}_3$  mit einem minimalen Schmelzpunkt von 107°C.

Die Chemiker stießen sie auf zwei Literaturstellen, die sich bereits zuvor mit niedrig schmelzenden Salz-

mischungen beschäftigten: Die erste Arbeit mit der recht abenteuerlichen Verbindung Ethylammoniumnitrat,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3^+ \text{NO}_3^-$ , jedoch einem Schmelzpunkt von 34°C [1] sowie einem Patent aus dem Jahre 1948, das die Eigenschaften von Mischungen aus N-Ethylpyridinium-halogeniden und  $\text{AlCl}_3$  beschreibt [2].

Die U.S. Airforce fand 1978 in dem Ionenpaar N-Butylpyridinium-tetrachloroaluminat ein verbessertes Elektrolyt-Salz für ihre Batterien [3]. Nach diesen Erfolgen war auch das Interesse weiterer Chemiker geweckt, und eine neue Ära nichtwässriger Lösungsmittel begann.

1981 überschritt die Anzahl der jährlichen Veröffentlichungen über Ionische Flüssigkeiten die 25-iger Marke, 1995 waren es schon 50, 1999 über 110 und im Jahre 2002 über 500.

In dem System der asymmetrisch an die Stickstoffe des Imidazols, einem aromatischen 5-Ring aus drei Kohlenstoffatomen und zwei Stickstoffen in 1,3-Position, addierten Alkylgruppen, fanden die Forscher der U.S. Airforce Ionische Flüssigkeiten, deren Schmelzbereiche unterhalb der Raumtemperatur liegen.

Favourite war das 1-Ethyl-3-Methylimidazolium-Tetrachloroaluminat, abgekürzt EMIM  $\text{AlCl}_4$ , dessen gute Lösungseigenschaften mit der des Acetonitrils vergleichbar sind, jedoch kaum einen Dampfdruck aufweisen [4].

Rückblickend lassen sich drei Entwicklungs-Schübe bei den Imidazolium-Salzpaaren beschreiben:

- die Chloroaluminat,  $[\text{AlCl}_4]$ , von J. S. Wilkes,
- die Fluoroborate,  $[\text{BF}_4]$ , von J. S. Wilkes und
- die Hexafluorophosphate,  $[\text{PF}_6]$ , von A. E. Visser.

In Deutschland befassen sich besonders die Hochschulen in Rostock und Karlsruhe mit den Ionischen Flüssigkeiten, allen voran die RWTH Aachen um Peter Wasserscheid, der zusammen mit Tom Welton vom Imperial College in London 2003 das grundlegende Buch „Ionic Liquids in Synthesis“ [5] herausgab.

Das erste großtechnische Verfahren mit Ionischen Flüssigkeiten installierte die BASF 2005 in Deutschland.

## 2. Was sind Ionische Flüssigkeiten?

Unter ionischen Flüssigkeiten verstehen wir Ionenpaare mit Schmelzpunkten unter 100°C. Bei den Ionenpaaren, die diese Eigenschaft haben, sind es



### 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.

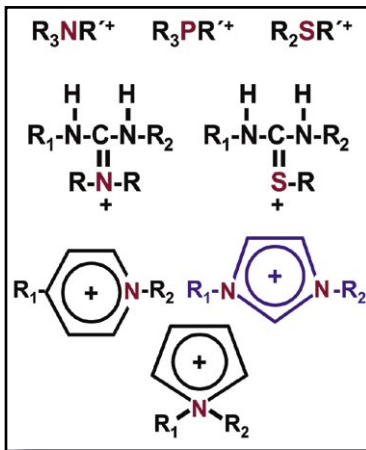


Abbildung 1: Beispiele von Kationen ionischer Flüssigkeiten.

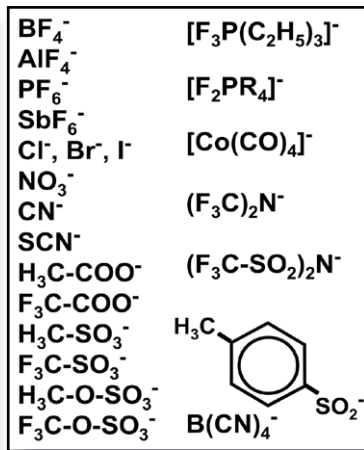


Abbildung 2: Beispiele von Anionen ionischer Flüssigkeiten.

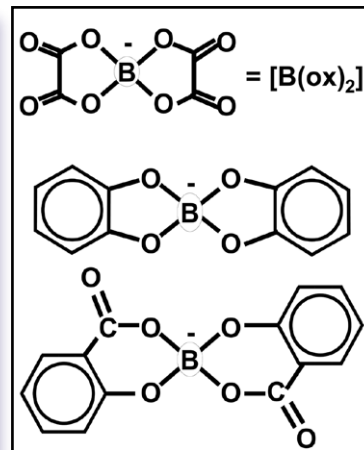


Abbildung 3: Beispiele von Borsäure-Derivaten als Anionen in ionischen Flüssigkeiten.



vor allem die asymmetrischen Onium-Ionen an den Kationenzentren Stickstoff, Phosphor und Schwefel. Den Onium-Kationen stehen Dutzende von Anionen gegenüber. Fanden zunächst die stabilen Fluorokomplex-Anionen ihren bevorzugten Einsatz, sind es heute auch größere substituierte Sulfone und Sulfate. Zur Erhöhung der thermischen Stabilität sind die Alkyl-Substituenten durchfluoriert. Abbildungen 1-3 zeigen einige Kationen und Anionen, die zu Ionenpaaren mit entsprechenden Parametern kombinierbar sind. Schon aus den bisher bekannten über dreihundert Ionen-Bausteinen lassen sich so unzählige Ionenpaare kombinieren, geschweige denn Mischungen mit mehreren Ionenpaaren herstellen, um die gewünschten Eigenschaften zu optimieren.

Die Firma MERCK, Darmstadt, hält einige Test-Kits mit mehreren Ionischen Flüssigkeiten bereit, mit denen Forscher ihre ersten Versuche durchführen können.

Die organischen Ionenpaare verfügen über eine Reihe einstellbarer Parameter, die Verfahrensoptimierungen und neue Synthesewege beschreiten lassen.

Sie weisen ein bemerkenswertes Lösungsvermögen für organische und anorganische Stoffe auf, verbleiben über weite Temperatur-Bereiche im flüssigen Aggregatzustand, sind thermisch und elektrochemisch bis deutlich über 200°C stabil, ohne einen nennenswerten Dampfdruck aufzuweisen, sind weder entflammbar noch explosiv und in ihrer Zusammensetzung sehr variabel.

### 3. Eigenschaften der Ionischen Flüssigkeiten

Von der Vielzahl an Daten und Abhängigkeiten sollen hier nur einige wenige vorgestellt werden.

An erster Stelle stehen sicherlich die Einflüsse auf die **Schmelzpunkte**, um den Arbeitsbereich abschätzen zu können. Für wirtschaftliche Betrachtungen kommt auch der **Temperatur-Stabilität** eine hohe Bedeutung zu.

Für Lösereaktionen und Flüssig/flüssig-Extraktionen bestimmen **Hydrophilie** und **-phobie** die Wahl der Ionischen Flüssigkeiten.

Galvanische Operationen fordern hohe **elektrische Leitfähigkeiten** der Reaktions-Lösungen, wobei auch die Viskosität einen maßgebenden Einfluss hat.

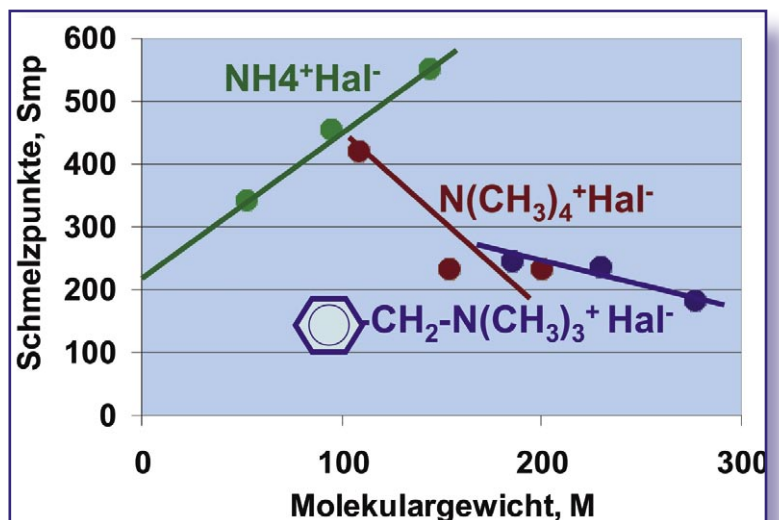
Für Extraktionen hat die **Dichte** der Ionischen Flüssigkeit eine Bedeutung, da sie bestimmt, ob die nichtmischbare wässrige oder organische Phase oben oder unten liegt. Für heterogene Reaktionen kommt auch die **Oberflächenspannung** von Ionischen Flüssigkeiten ins Spiel.

Für den großtechnischen Einsatz sind Standzeit, Rückgewinnungs-Möglichkeit und **Preis** von Bedeutung. Es bleibt zu hoffen, dass die Produktion größerer Mengen an Standard-Ionenpaaren den derzeitigen Preis-Bereich noch deutlich absenken lässt.

#### 3.1 Schmelzpunkte

Eine Vielzahl von quartären organischen Ammonium-Halogeniden schafft es kaum, die definierte Schmelzpunkts-Grenze von 100°C zu unterschreiten. Die

Abbildung 4: Schmelzpunkte verschiedener Chloride, Bromide und Iodide gleicher Ammonium-Kationen.



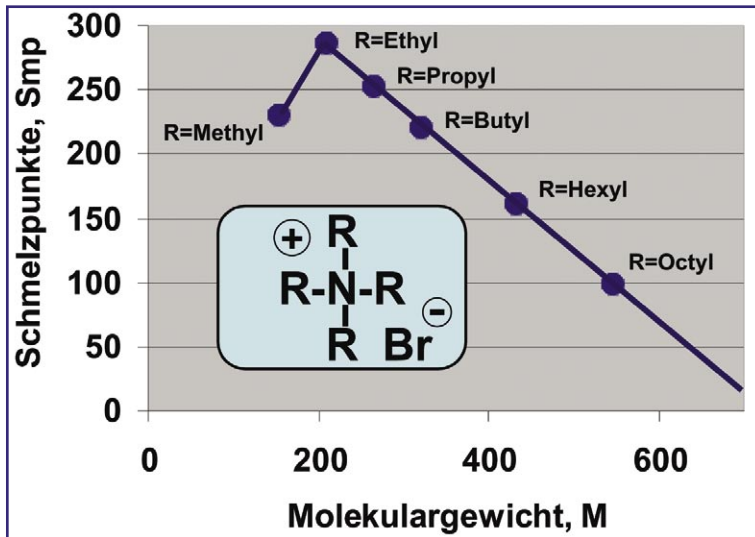


Abbildung 5: Schmelzpunkte von Tetraalkylammonium-bromiden.

Ammonium-Halogenverbindungen steigen vom Chlorid zum Iodid noch von 350 auf 551°C an. Die Schmelzpunkte der substituierten Ammonium-Verbindungen dagegen fallen zum Iodid hin ab: beispielsweise das Tetramethylammoniumchlorid zum -iodid von 420 auf 230°C und die N-Benzyl-trimethylammonium-Salze entsprechend von 243 auf 180°C (Abbildung 4).

Deutlich niedriger liegen bereits die Schmelzpunkte der Tetraalkylammonium-Verbindungen. Die Salze zeigen einen linear abfallenden Verlauf vom Tetraethyl- zum Tetroctylammonium bei gleich bleibendem Anion. Im Falle der Bromide von 285 auf 98°C (Abbildung 5).

Noch tiefer und deutlich unter 100°C liegen die Schmelzpunkte der 1-Alkyl-3-methylimidazolium-Salze. Dabei spielt sowohl die Länge des Alkyl-Restes eine Rolle als auch das Anion. Am Beispiel des 1-Ethyl-3-methylimidazoliums mit verschiedenen Ani-

Abbildung 7: Schmelzpunkte von Na- und EMIM-Salzen in Abhängigkeit der Anionenradien.

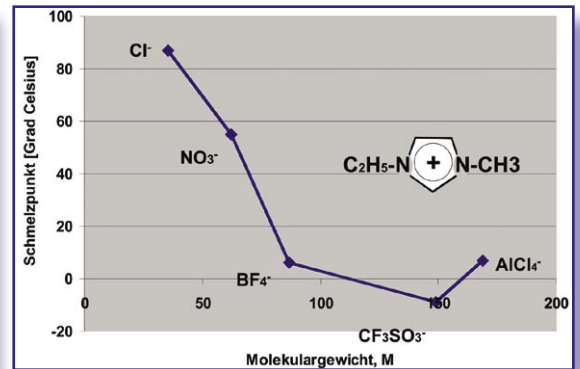
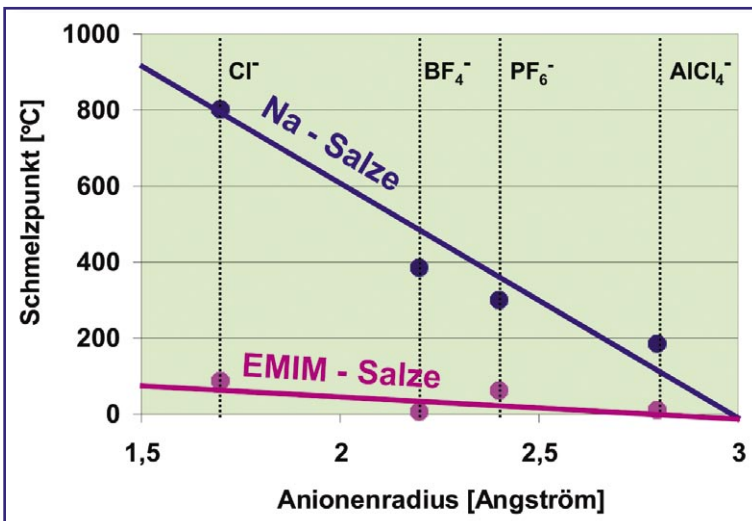


Abbildung 6: Schmelzpunkte von 1-Ethyl-3-methylimidazolium-Salzen in Abhängigkeit von Molekulargewicht M und der Anionen.

onen demonstriert Abbildung 6 sehr eindrucksvoll die Variationsbreite der Schmelzpunkte, die von über 80°C beim Chlorid bis unter 0°C beim  $CF_3SO_3^-$  reichen.

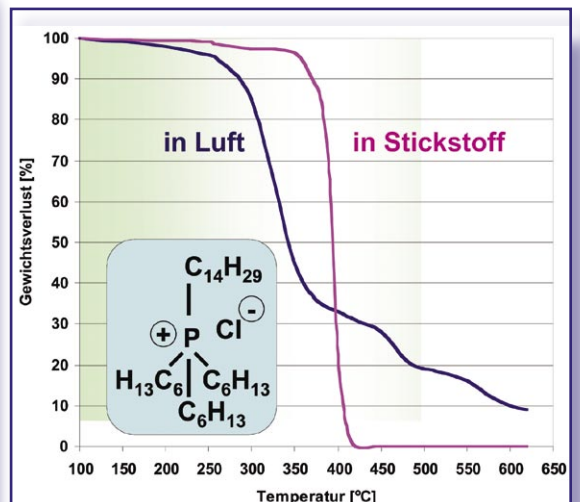
Rooney und Seddon [6] verglichen die Schmelzpunkte mit den Anionen-Radien. Aus der Extrapolation der Schmelzpunkte einiger Natriumsalze mit steigendem Anionen-Radius auf Raumtemperatur zeigten sie, dass die Anionen einen Radius von über 3 Ångström haben müssten, um flüssig zu sein. Flüssig dagegen sind die 1-Ethyl-3-methylimidazolium-Verbindungen, abgekürzt EMIM, verschiedener Anionen, wobei die Schmelzpunkte vom Tetrafluoroborat und Tetrachloroaluminat mit 6 und 7°C besonders niedrig liegen (Abbildung 7).

### 3.2 Temperatur-Stabilität

Verschiedene Einflüsse wirken auf die Stabilität der Ionischen Flüssigkeiten ein. Der kaum zu vermeidende Wassergehalt, Spuren von Verunreinigungen, gelöste Verbindungen, der Sauerstoff der Luft und vieles mehr.

Üblicherweise dienen Differential-Thermo-Analysen mit der Mikrowaage zum Aufzeigen der Zersetzungs-

Abbildung 8: Thermische Zersetzung in Luft und in Stickstoff.



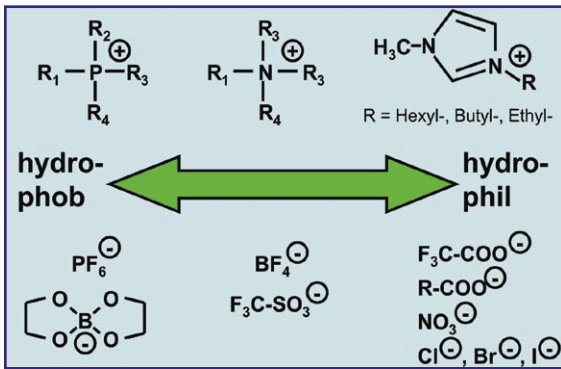


Abbildung 9: Löslichkeit der Ionischen Flüssigkeiten in Wasser in Abhängigkeit ihrer Ionen-Paare.

kurven, wie sie auch in Abbildung 8 am Beispiel des N-Tetradecyl-trihexylphosphonium-chlorids in Luft und unter Stickstoff dargestellt sind. Für Langzeit-Versuche haben sich jedoch isotherme Zeitstands-Analysen für die Praxis als aussagekräftiger herausgestellt. Bis nahezu 200°C sind die meisten Ionischen Flüssigkeiten auf Phosphonium-Basis auch über mehrere Tage hinweg ausreichend stabil. Das entsprechende Tetrahexylammonium-chlorid beginnt, sich schon ab 120°C zu zersetzen. Bei 300°C muss jedoch auch bei den Phosphonium-Salzpaaren unter einer Schutz-Atmosphäre gearbeitet werden [7].

### 3.3 Hydrophil oder hydrophob?

Um über die Löslichkeit von verschiedenen Reaktionspartnern zu befinden, ist es wichtig abschätzen zu können, ob die Ionische Arbeitslösung wasserfreundlich (hydrophil) oder wasserabstoßend und organophil (hydrophob) ist. Dabei steigt der hydrophobe Charakter bei den Kationen von den Imidazol-Derivaten, über die Ammonium-Verbindungen zu den Phosphonium-Salzpaaren hin an. Das um so stärker, je länger die Alkyl-Ketten sind.

Bei den Anionen nimmt das organophile und hydrophobe Verhalten von den Halogeniden, über Tetrafluoroborat zum Hexafluorophosphat hin zu. Die

Abbildung 12: Abgeschätzte Dichten von Tetraalkylammonium-halogeniden in Abhängigkeit vom Molekulargewicht und Anion.

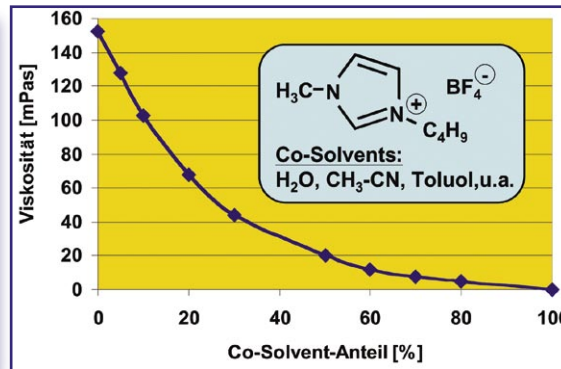
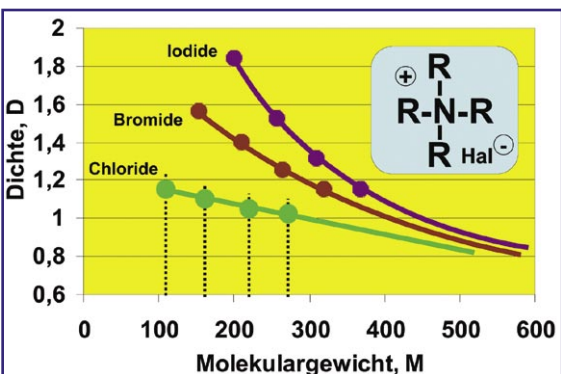


Abbildung 11: Herabsetzen der Viskosität von BMIM  $BF_4$  durch Co-Solvents.

großen substituierten Borsäure-Anionen tragen zur guten Löslichkeit in organischen Lösungsmitteln bei (Abbildung 9).

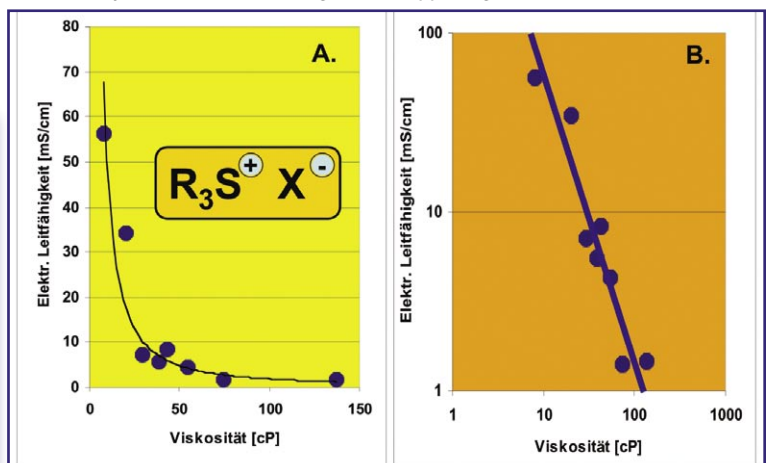
Besonders für die flüssig/flüssig-Extraktionen können Ionische Flüssigkeiten eine Alternative zu den klassischen organischen Lösungsmitteln sein. Für eine Reihe von Anwendungen besteht ein großes Interesse an einem Austausch der bisherigen Extraktionsmedien: in der Metall-Gewinnung und -Refinition, in der Aufarbeitung radioaktiver Rückstände und -Zerfallsprodukte, in der Abfall- und Abwasser-Wirtschaft sowie im Recycling von Katalysatoren.

Dazu müssen jedoch die Metalle mit einer organophilen Liganden-Sphäre umgeben werden, um sie aus der wässrigen- in die Ionische Flüssigkeits-Phase zu überführen.

Ein Beispiel ist die Einführung von substituierten Kronen-Ethern. Mit der Extraktion von Strontium-Kationen, komplexiert mit Dicyclohexan-18-krone-6, wurden sehr gute Ergebnisse erzielt.

Die Säurestärke (pH-Wert) spielt bei der Extraktion einiger Metalle, wie Eisen, Kobalt und Cadmium dabei eine große Rolle. So lassen sie sich im Alkalischen in die Ionischen Flüssigkeiten, wie HMIM  $PF_6$  extrahieren und im Säuren wieder in die wässrige Phase stripfen.

Abbildung 10: Zusammenhang zwischen Elektrischer Leitfähigkeit und Viskosität bei den Alkylsulfonium-Verbindungen (A); doppel-logarithmisch (B).



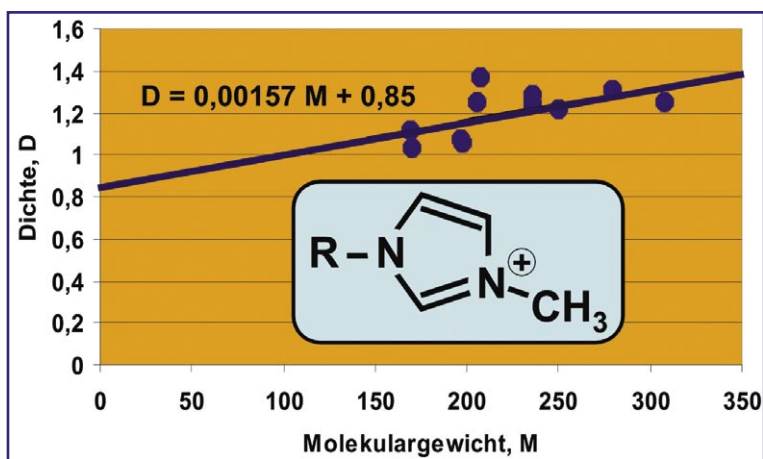


Abbildung 13: Dichten  $D$  bei RT in Beziehung zu den Molekulargewichten  $M$  einiger 1-Ethyl- und 1-Butyl-3-methylimidazolium-Salze.

### 3.4 Elektrische Leitfähigkeit und Viskosität

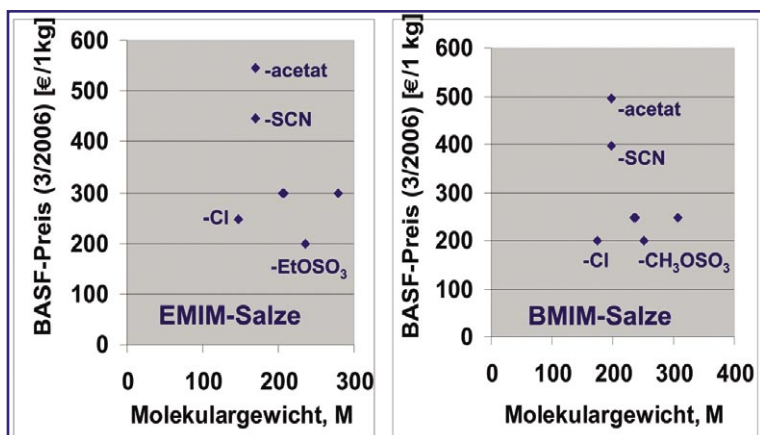
Wie auch die Wärmeleitfähigkeit ist die elektrische Leitfähigkeit der Ionenpaare nicht besonders hoch. Wenn die Temperatur-Abhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit auch nicht exakt der Arrhenius-Geraden  $\log Le = f(1/T)$  folgt, so ist sie doch stark abhängig von ihr und der damit verbundenen Viskosität der Ionischen Flüssigkeit.

Bei den Trimethyl-sulfonium-Verbindungen mit verschiedenen Anionen zeigt sich eine sehr deutliche Zunahme der elektrischen Leitfähigkeit bei 25°C mit abnehmender Viskosität der Ionenpaare. Ähnliches lässt sich an anderen Systemen ebenfalls zeigen [5].

Die doppel-logarithmische Auftragung zwischen der Viskosität und der elektrischen Leitfähigkeit führt zu einem relativ guten geradlinigen Verlauf (Abbildung 10 A. und B.).

Die Viskosität der Ionischen Flüssigkeiten lässt sich durch Zusatz klassischer Lösungsmittel, wie Wasser, Acetonitril oder Toluol erheblich herabsenken. Beim 1-Butyl-3-methylimidazolium-tetrafluorborat (BMIM-BF<sub>4</sub>) beispielsweise reichen schon 20 % aus, um die Viskosität um mehr als die Hälfte, von ca. 150 auf 70 mPas, zu senken (Abbildung 11).

Abbildung 15: Kilo-Preise von 1-Ethyl- und 1-Butyl-3-Methylimidazolium-Salzen.



### 3.5 Dichte

Dichten sind in der Regel relativ leicht zugänglich: Volumen und Gewicht einer Ionischen Flüssigkeiten lassen sich leicht messen, wenn sie nur rein und wasserfrei herzustellen sind.

Sie haben besonders bei Extraktionen Bedeutung, um die Lage der Phase zu beeinflussen. Die Dichten schwanken bei den Ionischen Flüssigkeiten etwa zwischen 1,1 und 2,4 für Tetrabromoaluminat.

Bei den Tetraalkylammonium-Halogeniden liegen jedoch nur sehr lückenhafte Dichten vor. Da helfen Analogie-Schlüsse in der Extrapolation der bekannten Daten.

So ergibt sich in der Abhängigkeit der Dichte von den Molekulargewichten der Alkylhalogeniden von den Tetramethyl- bis zu den Tetrabutyl-Verbindungen ein recht harmonisches Bild, obwohl die Relationen nicht ganz geradlinig verlaufen (Abbildung 12).

Einigermaßen auf einer Geraden liegen die Dichten in Abhängigkeit der Molekulargewichte einer Reihe von 1-Ethyl- und 1-Butyl-3-methylimidazolium-Verbindungen mit verschiedenen Anionen (Abbildung 13).

Es ist eine hinlänglich bekannte Tatsache, dass Dichten auch über die Korrelation mit dem Brechungsindex bei den entsprechenden Temperaturen zugänglich sind.

### 3.6 Oberflächenspannung

Messungen der Oberflächenspannung wurden erst an wenigen Ionischen Flüssigkeiten vorgenommen. Der lineare Verlauf der Beziehung mit dem Brechungsindex, der sich entsprechend auch auf die Dichten übertragen lässt, kann da bei der rechnerischen Ermittlung von Oberflächenspannungen aus der Verlegenheit helfen. Am Beispiel der 1-Alkyl-3-Methylimidazolium-hexafluorophosphate zeigt Abbildung 14 den linearen Verlauf von Brechungsindex und Oberflächenspannung. Da ist es dann keine große Kunst mehr, mit dem Refraktometer, wie es die Weinbauern bei der Oechsle-Grad-Bestimmung ihrer Trauben, durch die Weinberge schlendernd verwenden, auch auf die Oberflächenspannung der übrigen analogen Ionischen Flüssigkeiten zu inter- und extrapolieren.

### 3.7 Preise

Die Preise bestimmen derzeit bei relativ kleinen Technikums-Ansätzen die Personalkosten. Die Palette von Ionischen Flüssigkeiten zeigt sich relativ breit. Derzeit bietet die BASF als industrieller Produzent, der die Ionischen Flüssigkeiten als nachhaltigen Ersatz für organische Lösemittel in ganzer Breite testet und bewertet, die klassischen und vielfach verwendbaren 1-Alkyl-3-methylimidazolium-Ionenpaare mit Kilopreisen von 200 bis über 500 Euro an (Abbildung 15) [8].

Die Alkylammonium- und Phosphonium-Verbindungen dagegen sind deutlich preiswerter zu beziehen.

# CLB – Memory

Die CLB-Beilage für Ausbildung in Chemie, Labortechnik,

Chemietechnik, Biologie und Biotechnik

Mai 2006

## Sensoren für Dielektrizitätskonstante und Leitfähigkeit

### Impedanzspektroskopie in Biologie und Technik

**I**mpedanzspektroskopie ist ein Verfahren zur zerstörungsfreien Zustandsbestimmung eines Materials. Mit Hilfe der elektrochemischen Impedanzspektroskopie (EIS) lassen sich Aussagen über das dynamische Verhalten eines elektrochemischen Systems treffen.

Die (elektrochemische) Impedanzspektroskopie ist eine Erweiterung der Impedanz-Analyse. Hierbei wird die Impedanz bei mehreren Frequenzen über einen Frequenzbereich (Spektrum) bestimmt. Mit ihrer Hilfe lassen sich frequenzabhängige Phänomene von elektrochemischen Komponenten analysieren. Beispiele:

- Energiespeicher, Batterien und Brennstoffzellen
- Biologische und Biomedizinische Systeme
- Halbleiter
- Korrosion, Diffusion
- Oberflächentechnik
- Kinetik

Da das elektrochemische System bei diesem Verfahren nur geringfügig aus dem stationären Zustand ausgelenkt wird, kommt es nicht zu irreversiblen Systemveränderungen. Es können parallele und mit sehr unterschiedlicher Geschwindigkeit ablaufende Teilprozesse erfasst und ausgewertet werden.

#### Sensoren im täglichen Einsatz

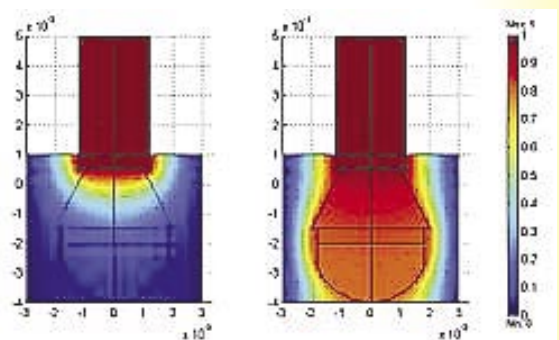
Kapazitive Sensoren sind in der Füllstandstechnik seit Jahrzehnten mit einem breiten Produktspekt-

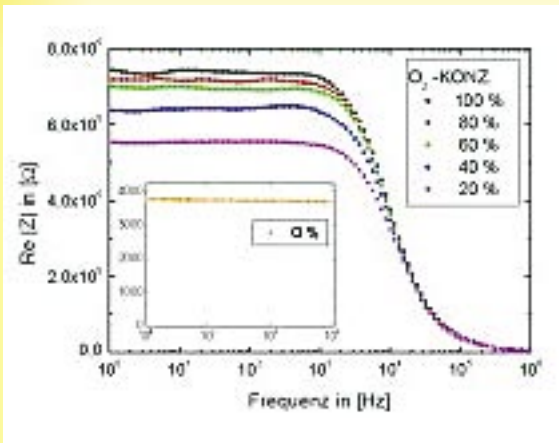
rum am Markt etabliert. Dabei sind sowohl Grenzwertwächter als auch kontinuierlich messende Sonden in verschiedensten Ausführungsformen und von verschiedenen Anbietern verfügbar. Das zu Grunde liegende elektronische Konzept ermöglicht zwar nicht das Erfassen kleiner Stoffkonzentrationsänderungen; aktuelle Entwicklungen, beispielsweise im Automobilbau (Sensor für die Ölzustandsanalyse), belegen aber das Potenzial kapazitiver Sensoranordnungen für analytische Fragestellungen. Dabei gilt es beispielsweise für das Institut für Automation und Kommunikation (ifak) an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, neue Konstruktionsprinzipien und Werkstoffe zu berücksichtigen sowie neue Methoden der Sensorsignalerfassung und Signalverarbeitung zu entwickeln, um Informationen zu Stoffkenngrößen zu gewinnen. Die Erfassung der Dielektrizitätskonstanten und der Leitfähigkeit als Stoffkenngrößen gestattet die Gewinnung vielfältiger Informationen selbst zu komplexen Stoffgemischen. So gehen vor allem der molekulare Aufbau der Substanzen (Dipolmoment), aber auch rheologische Eigenschaften, die Kompressibilität, die Dichte, Partikelkonzentrationen u.a. in die gewonnenen Messgrößen ein. Variiert man zusätzlich die Frequenz der elektrischen „Anregung“ des Mediums und berücksichtigt damit den komplexen Charakter der Dielektrizitätskonstanten und

der Leitfähigkeit, können weitere wichtige stoffliche Informationen gewonnen werden.

Einsatzgebiete für inline-fähige Impedanzsonden bietet vor allem die chemische Verfahrenstechnik, die Biotechnologie sowie die Lebensmittelindustrie. Derartige Sensorsysteme können in wässrigen und nichtwässrigen Systemen gleichermaßen eingesetzt werden. Sie lassen sich in Emulsionen und Suspensionen, auch bei erhöhten Feststoffanteilen, einsetzen. Sie bieten eine Alternative bei Stoffsystemen, bei denen beispielsweise kostengünstige Leitfähigkeits- oder pH-Wert-Messungen nicht einsetzbar und optische, akustische oder kalorimetrische Verfahren auf Grund der Einsatzbedingungen versagen oder schlicht zu teuer sind. Hauptzielrichtungen bei Forschungsarbeiten dazu sind einerseits prozessaugliche Systeme für die Analyse von Flüssigkeiten, andererseits miniaturisierte Anordnungen für Überwachungsaufgaben im Laborbereich, wie:

Impedanzspektroskopie kann Tropfenwachstum messen (Abbildung Uni Magdeburg).





Untersuchung von SnO<sub>2</sub> mit Impedanzspektroskopie (Abbildung: Uni Duisburg/Essen).

- das Beobachten von Tropfenwachstum,
- das Ermitteln von sehr kleinen Durchflussraten,
- das Bestimmen des Füllstandes von Reagenzgläsern,
- die Unterscheidung verschiedener Flüssigkeiten und das Erkennen von Phasengrenzen in Schläuchen sowie
- die Ermittlung der Oberflächenspannung.

Die Impedanzspektroskopie ist auch ein hilfreiches Werkzeug für die Charakterisierung von leitfähigen Nanomaterialien. Das große Oberfläche-zu-Volumen-Verhältnis von Nanopartikeln führt dazu, dass Oberflächen- und Korngrenzeneffekte eine besonders wichtige Rolle bezüglich der Partikeleigenschaften spielen. Gerade diese Effekte lassen sich mit der Impedanzspektroskopie besonders gut untersuchen. Am Institut für Verbrennung und Gasdynamik der Universität Duisburg/Essen sind mehrere Messplätze zur Charakterisierung der Sensoreigenschaften von Nanopartikeln eingerichtet.

### Impedanz ist Widerstand

Wie im Ohmschen Gesetz der Widerstand  $R$  der Quotient aus Gleichspannung  $U$  und Gleichstrom  $I$  ist, ist die Impedanz  $Z$  – auch Wechselstromwiderstand – in der komplexen Wechselstromrechnung der Quotient aus der Wechselspannung  $u$  und der Wechselstromstärke  $i$ .

$$Z = \frac{u}{i}$$

Impedanz hat die Einheit Ohm. Der Wechselstromwiderstand setzt sich zusammen aus einem Realteil (Wirkwiderstand  $R$ ) und einem Imaginärteil (Blindwiderstand  $X$ ). Durch Anlegen einer Gleichspannung an ein Messobjekt und Messung des Gleichstromes wird bekanntlich aus dem Quotienten der Gleichstromwiderstand (Polarisationswiderstand) am Ruhepotential ermittelt. Analog erhält man den Wechselstromwiderstand, die Impedanz, indem man der Probe am Ruhepotential eine Wechselspannung kleiner Amplitude überlagert und den korrespondierenden Wechselstrom registriert. Ist die Wechselspannung sinusförmig, dann ist der resultierende Wechselstrom ebenfalls sinusförmig und unterscheidet sich von der Wechselspannung nur durch die Größe der Amplitude und die Phasenlage zwischen Strom und Spannung.

Die Eigenschaften des elektrochemischen Messobjektes werden in einer geeigneten Zelle untersucht. Dabei tragen alle Phasen des Materials zwischen dem Messobjekt (der Arbeitselektrode) und der Gegenelektrode ihren Teil zur gemessenen Gesamtimpedanz bei (z.B. Ionenkonzentration im Elektrolyten, dielektrische Eigenschaften von Grenzschichten, elektrochemische Doppelschicht der Arbeitselektrode sowie Durchtritts- und Diffusionsprozesse). Aus solchen Impedanzbeiträgen können verschiedene Eigenschaften des Messobjektes herausgelesen werden und es sind Rückschlüsse auf Mechanismus und Kinetik beteiligter Reaktionen oder auch die Ermittlung von Korrosionsraten möglich.

Alle Beiträge der verschiedenen Teilimpedanzen addieren sich zur Gesamtimpedanz. In der Regel unterscheiden sich jedoch die Teilimpedanzen in ihrem dynamischen Verhalten, also in ihrer Antwort auf zeitliche Veränderungen der Messbedingungen. Das heißt, der auf die Anregung mit Wechselspannung resultierende Gesamtstrom setzt sich aus Anteilen unterschiedlicher Phasenlage

zusammen. Es ergibt sich daher kein algebraisches Gleichungssystem wie in der Gleichstromtechnik, sondern ein System aus linearen, gewöhnlichen Differentialgleichungen. Die direkte Lösung dieser Differentialgleichungen ist im allgemeinen sehr kompliziert, so dass ihre Berechnung meist mit Hilfe der Laplace-Transformation erfolgt.

### Bioimpedanz: der elektrische Widerstand im Körper

Hinter dem Begriff „Bioimpedanz“ verbergen sich Techniken, die auf die Messung der elektrischen Leitfähigkeit und der Dielektrizitätszahl von biologischen Geweben abzielen. Tieferer Sinn ist dabei die Extraktion von medizinisch-diagnostischer Information, wobei das Spektrum von der Bestimmung des Wasserhaushaltes bis zur Tumordetektion reicht.

Die Gebrüder Kenneth S. und Robert H. Cole machten um 1931 mit biologischen Geweben (Froschmuskel) Versuche bezüglich der Bioimpedanz. Auch heutige Körperfettwaagen beruhen auf diesem Prinzip. Übliche Modelle für die Bestimmung des Körperwassers und des Fettgehaltes unterteilen den Körper in Fettmasse und fettfreie („magere“) Masse. Die Grundidee für die Bestimmung der beiden Anteile aus Messungen der elektrischen Impedanz (= Widerstand) ist folgende: Das magere Kompartiment besitzt einen vergleichsweise hohen Wassergehalt und leitet daher den elektrischen Strom wesentlich besser als das Fettkompartiment, sein Widerstand ist also wesentlich geringer. Sehr stark vereinfachende Modelle (Annäherung des Körpervolumens durch einen Zylinder) ergeben, dass die Impedanz umgekehrt proportional dem mageren Gewebeanteil ist. Daraus folgt, dass Impedanzverfahren primär empfindlich auf den mageren, wasserhaltigen Körpermasseanteil sind. Eine Bestimmung der Fettmasse kann aber indirekt durch Abziehen der mageren Masse von der (durch Wägen bestimmten) Gesamtkörpermasse



erfolgen. Die Messungen werden häufig bei einer Stromfrequenz von 50 kHz durchgeführt, man spricht dann von bioimpedance analysis (BIA). Bei Verwendung mehrerer verschiedener Frequenzen (Impedanz-Spektroskopie) ist theoretisch sogar die Verteilung des Wassers zwischen Intra- und Extrazellulärraum ermittelbar.

Wegen der komplexen Struktur der Epithelien ist es nicht möglich, die elektrischen Eigenschaften einzelner Widerstandsbarrieren, wie z.B. der Zellmembranen direkt zu messen. Jedes „Baulement“ ist mit allen anderen verschaltet, so dass das Ergebnis jeder Stromspannungsmessung über dem

Gesamtepithel von allen Teilstrukturen mitbestimmt wird.

Eine Analyse aller Widerstandsbarrieren wird jedoch in vielen Fällen durch Wechselstrommessungen ermöglicht, weil hier die zusätzliche Information über die Frequenzabhängigkeit der einzelnen Barrieren gewonnen wird.

Wechselstrommessungen sind deshalb von Interesse, weil biologische Membranen in guter Näherung durch die Parallelschaltung eines Widerstands und eines Kondensators (RC-Glied) modelliert werden können. Der Widerstand wird durch die Ionenkanäle in der Zellmembran bestimmt, während die Lipid-Doppelschicht der

Zellmembran mit den wässrigen Lösungen an beiden Seiten den Kondensator bildet.

Zur Auswertung der Impedanzdaten wird ein äquivalentes elektrisches Modellschaltbild aus Widerständen und Kondensatoren benutzt, das die gleiche Verschaltung hat, wie das natürliche Epithel. Durch die Variation der Parameter wird der Verlauf der errechneten Impedanzfunktion des Modells mit der gemessenen Impedanzfunktion des Epithels zur Deckung gebracht. Diese Modellanpassung liefert Schätzwerte für den Widerstandswert einzelner intraepithelialer Widerstandsbarrieren.

## Sicherheitsfilm des Instituts für Anorganische Chemie

### „Alles wird Gut“ – nicht nur in Erlangen

**Probieren geht über studieren – das erfahren vor allem Chemiestudenten im Laborpraktikum. Wer fleißig experimentiert, weiß, dass beim Studieren auch leicht mal etwas explodieren kann. Wie sich Geistesblitze erfolgreich ohne Labordonner umsetzen lassen, präsentiert das Institut für Anorganische Chemie der Universität Erlangen-Nürnberg jetzt in seinem neuesten Sicherheitsfilm „Alles wird Gut“, der seit dem Wintersemester bundesweit an allen deutschen Hochschulen zum Einsatz kommt.**

Die Arbeit im chemischen Labor ist gefährlich. Nicht umsonst verlangt der Gesetzgeber daher vom Arbeitgeber am Anfang einer jeden praktischen Tätigkeit im Bereich Chemie eine Sicherheitsunterweisung. Bei Studierenden muss das Gefahrenbewusstsein erst geweckt werden. Zeitraubende Unterweisungen sind jedoch nicht gerade beliebt bei Laborleitern oder Assistenten. Die existierenden Lehr-

filme sind größtenteils veraltet, nur wenige Abschnitte aus diesem Material lassen sich sinnvoll in eine moderne Sicherheitsschulung einbauen.

Die Sicherheitsbeauftragten aus dem Institut für Anorganische Chemie der Universität Erlangen-Nürnberg drehten deshalb einen Film, der speziell auf die Bedürfnisse von Lernenden zugeschnitten, stufenweise aufgebaut und deshalb einfach zu aktualisieren ist. Die Vorreiterrolle in der technischen Umsetzung des Konzepts für das Filmprojekt übernahm das Computer-Chemie-Centrum (CCC) der Universität Erlangen-Nürnberg. Ein Team von engagierten Studenten aus den Studiengängen Chemie und Molekularwissenschaften beteiligte sich mit Begeisterung an den Dreharbeiten vor und hinter der Kamera.

Unter der Leitung von Prof. Dr. Dr. Rudi van Eldik arbeiteten insbesondere drei Wissenschaftler des Lehrstuhls für Anorganische und Analytische Chemie an der Reali-

sierung des Films: Dr. Carlos Dücker-Benfer schrieb das Drehbuch, um die technische Seite der Filmherstellung kümmerte sich Michael Galle, für Ton und Musik sorgte Wolfgang Schiessl. Der gesamte Film ist in fünf Kapitel unterteilt, in welchen Studierende Grundsätzliches über korrekte Kleidung im Labor, über Notfalleinrichtungen, Alarmplan, Schutzausrüstung und das richtige Verhalten in Notfallsituationen lernen können.

Der neue Sicherheitsfilm „Alles wird Gut“ ist ein funktionelles Werkzeug für die Unterweisenden, mit dem jeder Referent seine Sicherheitsschulung individuell gestalten kann. Der Lehrfilm ist als Basis für eine umfassende Gesamtbibliothek für Sicherheitseinweisungen angelegt: Neue Informationsblöcke können jederzeit unproblematisch eingebaut werden. Der Film wird auf DVD zusammen mit einem Handbuch bundesweit über die zuständigen Landesunfallkassen und Gemeindeunfallversicherer verteilt.

## CHE – Centrum für Hochschulentwicklung gibt Tipps: Studienkredit und Universität auswählen

**M**ehr als 40 Banken und Sparkassen bieten mittlerweile eigene Studienkredite an. Dabei sind deutliche Unterschiede bei den Kosten und der Risikobegrenzung, aber auch beim maximal möglichen Finanzierungsvolumen festzustellen. Das ist das Ergebnis des Vergleichstest der Studienkreditangebote, den das CHE durchgeführt hat. Auch die Qualität der Hochschulen stand wieder auf dem Prüfstand: Über 280 Hochschulen in Deutschland, Österreich und der Schweiz hat das CHE untersucht.

In der Gruppe der bundesweit verfügbaren Kredite sind die Kosten bei der Dresdner Bank vergleichsweise hoch. Gut schneiden bei diesem Kriterium die Deutsche Kreditbank und die KfW-Förderbank ab. Unter den landesweiten Angeboten erzielen die Studienbeitragsdarlehen in Hamburg und Niedersachsen bei den Kosten gute Werte. Sie kommen aber bei der Risikobegrenzung nicht über eine mittlere Einstufung hinaus. Bei den Landesdarlehen profitieren Bafög-Empfänger in Baden-

Württemberg, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen dadurch, dass sie einen nachträglichen Darlehenserrlass erhalten können, wenn eine bestimmte Schuldensumme überschritten wird. Schlecht in punkto Risikobegrenzung schneiden Berliner Bank, Berliner Sparkasse und L-Bank Baden-Württemberg ab.

Die CHE-Experten haben die Studienkredite im Hinblick auf fünf Fragen untersucht: Welche Gesamtkosten entstehen? Bleibt man trotz Studienkredit weiterhin auf die Eltern angewiesen, weil das Auszahlungsvolumen niedrig ist oder entsprechende Sicherheiten benötigt werden? Wird das Schuldenrisiko begrenzt, etwa durch fixierte Zinssätze? Sind Fach-, Ortswechsel, Praktika und Auslandsaufenthalte möglich? Und: Wie leicht ist der Kredit erhältlich? Um die Fragen zu beantworten, wurden insgesamt 15 Indikatoren betrachtet.

Welches Angebot unterm Strich das beste ist, lässt sich nach Einschätzung des CHE nicht pauschal beantworten. So schneidet beispielsweise das Angebot der KfW-Förderbank in vielen Kategorien gut ab, die Zahlung setzt allerdings bei Auslandssemestern aus. Umgekehrt ist das Angebot der Dresdner Bank zwar relativ teuer, bietet aber deutlich mehr Flexibilität als andere Angebote und kann für Auslandssemester sogar ausgeweitet werden. Neben dem Kreditvergleich enthält der CHE-Studienkredit-Test, der in Kooperation mit dem Wirtschafts magazin Capital (Ausgabe 11/2006) veröffentlicht wurde, daher auch Tipps für unterschiedliche Typen von Studierenden ([www.che.de](http://www.che.de)).

Nach Auffassung des CHE zeigt der Vergleich der Kreditangebote, dass die in vielen Ländern geplanten Studiengebühren weitgehend sozial abgesichert sind. Ein Rückgang der Studentenzahl sei daher nicht zu befürchten.

### Hochschul-Ranking

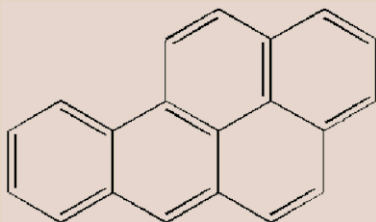
Jedes Jahr wird für das größte Hochschulranking im deutschsprachigen Raum ein Drittel der gesamten Fächerpalette neu analysiert; in diesem Jahr: Medizin, Zahnmedizin, Pflege, Informatik, Mathematik, Chemie, Physik, Biologie, Pharmazie, Geografie und Geowissenschaften. Eine Auswahl der Ergebnisse ist im ZEIT Studienführer 2006/07 zu finden ([www.zeit.de/studium](http://www.zeit.de/studium)).

Bei Mathematik und den Naturwissenschaften (Chemie, Physik und Biologie) punktet die ETH Zürich. In allen vier Fächern erreicht sie bei der Reputation bei Professoren sowie der Zahl der wissenschaftlichen Veröffentlichungen die Spitzengruppe. Im Fach Chemie liegt die Universität Göttingen in den Kriterien „Studiensituation insgesamt“, „Betreuung“, „Forschungsgelder“ und „Wissenschaftliche Veröffentlichungen“ in der Spitzengruppe. In Biologie werden die Universitäten Basel, Heidelberg, Tübingen sowie die ETH Zürich sowohl von den Professoren als auch von den Studierenden sehr geschätzt. Im Fach Pharmazie fühlen sich die Studierenden an den Universitäten Basel, Freiburg, Heidelberg, Kiel, und Münster gut betreut und beurteilen darüber hinaus die Studiensituation insgesamt als sehr gut.

Gute Studienbedingungen im Fach Medizin finden sich laut Einschätzung der Studierenden vor allem in den neuen Bundesländern. Ein zahlenmäßig gutes Betreuungsverhältnis finden Medizin-Studenten an der privaten Universität Witten-Herdecke und den schweizerischen Universitäten Genf, Bern, Lausanne, Basel und Zürich. Bern und Zürich genießen auch bei den Professoren ein hohes Ansehen. In Deutschland zählen Freiburg, Heidelberg und die LMU München zu den Fakultäten mit einer hohen Reputation.

### Immer mal nachzählen!

Benz(a)pyren ( $C_{20}H_{12}$ ) mit fünf Ringen dient als Leitsubstanz für polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK). Die in Heft 04/2006 auf Seite M28 gezeigte Abbildung ließ leider 14 Wasserstoffatome zu, wie ein aufmerksamer Leser feststellte. Benzopyren (auch Benzopyren genannt) ist ein vollständig konjugiertes aromatisches System. Man könnte also alle Doppelbindungen weglassen und stattdessen in jeden Ring einen Kreis zeichnen. Die unten stehende Abbildung erlaubt aber auch die richtige Anzahl von Kohlenwasserstoffatomen.



„Verlassen Sie diese Erde so, wie Sie sie vorzufinden wünschen“

## Phosphor – Gedanken zur Nachhaltigkeit

Margit Fink, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)

**O**hne Phosphor (P) geht gar nichts: Alle Lebewesen benötigen ihn zumindest als Baustein von Erbsubstanz (DNS) und Energieträgern (ADP/ATP), Wirbeltiere und Menschen für ihre Skelettsubstanz. Etwa 700 Gramm P enthält ein erwachsener Mensch. Gleichzeitig ist P aber auch die erste nicht erneuerbare natürliche Ressource, die in einem überschaubaren Zeitraum (50 bis 100 Jahre) knapp werden wird. Am Umgang mit P zeigt sich exemplarisch, wie ernst wir es mit dem Gedanken nachhaltiger Entwicklung nehmen, denn „nachhaltige Entwicklung ist eine Entwicklung, die Bedürfnisse der jetzigen Generationen deckt, ohne die Möglichkeiten zukünftiger Generationen, ihre eigenen Bedürfnisse zu decken, zu beschränken“. Diese Aspekte behandelte Anfang April das Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig in der Veranstaltung „Phosphor – Gedanken zur Nachhaltigkeit“ und leistete damit einen Beitrag zur 2005 von den Vereinten Nationen (UNESCO) proklamierten Dekade der Nachhaltigkeit.

Landwirtschaft ist der bei weitem größte Verbraucher an P und gleichzeitig die größte Verlustquelle für P. (Dispersion in der Umwelt, unnötige Anreicherung in Böden, Bindung in nicht verwerteten tierischen Produkten). Unbeachtet der absehbaren Verknappung der Ressource gehen wir jedoch immer noch damit um, wie die sprichwörtliche „Sau mit dem Bettelsack“. Der norwegische Wissenschaftler Nils Vagstad (Bioforsk, Aas) demonstrierte dies

sehr anschaulich am Beispiel der 36 000 Tonnen P, die jährlich aus der Landwirtschaft in die Ostsee eingetragen werden: Folge hiervon ist unter anderem das ungenutzte Wachstum von giftigen Blaualgen. Die Akkumulation pflanzenaufnehmbarer P-Formen in landwirtschaftlichen Böden sei daher auf Konzentrationen von 130 Milligramm pro Kilogramm (mg/kg) – nach den in Deutschland gebräuchlichen Laktat-Methoden – beziehungsweise 200 mg/kg P (nach der internationalen Mehlich-3 Methode; siehe Kasten) zu begrenzen. Prof. Brunner (TU Wien) zeigte an Hand von Material-Fluss-Analysen, dass für eine weitgehende Schließung gesamtgesellschaftlicher P-Kreisläufe in erster Linie Optimierungsarbeit in der landwirtschaftlichen Produktion zu leisten ist. Was den Teil

Pflanzenproduktion anbelangt, ist der Schlüssel hierfür nach Prof. Schnug (FAL) eine strikt auf den Pflanzenentzug limitierte P-Düngung ausreichend versorgter und biologisch intakter Böden. Dabei sind ausschließlich wasser- oder zumindest citratlösliche P-Formen in Mineraldüngern akzeptabel; P aus organischen Quellen ist als gleichwertig mit Mineraldüngern anzusetzen.

Wenngleich durch Einhaltung dieser Randbedingungen die langfristige Effizienz des P-Einsatzes in der Pflanzenproduktion von 100% möglich ist, bleiben erhebliche Defizite bei der Nutzung von P in der Tierproduktion. Dr. Hillebrand (BASF Plant Science, Ludwigshafen) stellte hierzu Entwicklungsoptionen unter Einschließung neuer Technologien vor. Begrenzender Faktor der P-Ausnutzung im Tier

### Phosphor: ein „buntes“ Element

1669 entdeckte Hennig Brand – auf der Suche nach dem „Stein der Weisen“ –, dass eingedampfter Urin leuchtet. Beim Glühen des Rückstandes bemerkte er weiße Nebel, die sich als schlammiges Öl am Boden absetzten: Der **weiße** Phosphor war entdeckt. Man verwendete ihn anfangs auf Grund der faszinierenden Phosphoreszenz als Heilmittel. Verunreinigt wird der weiße Phosphor auch als **gelber** Phosphor bezeichnet. Gegenüber der weißen (gelben) Modifikation des Phosphors sind die anderen Phosphormodifikationen wesentlich weniger reaktionsfähig und bei weitem nicht so giftig. Durch mehrstündiges Erhitzen von weißem Phosphor auf etwa 360 Grad Celsius erhält man **roten** Phosphor. **Schwarzer** Phosphor entsteht unter hohem Druck aus weißem oder rotem Phosphor. **Violetter** Phosphor bildet sich beim ein- bis zweiwöchigen Erhitzen von weißem Phosphor auf etwa 550 Grad Celsius. Entdeckt wurde er 1865 von Johann Wilhelm Hittorf (Hittorfscher Phosphor). Es handelt sich um ein nichtleitendes Polymer, das unlöslich in  $CS_2$  ist. Die Strukturklärung gelang Ende der 1960er Jahre an der Universität Stuttgart durch Herbert Thurn. Im August 2004 isolierten Arno Pfitzner und Hellmut Eckert zwei weitere Modifikationen des vielgesichtigen Elements: Phosphor-Nanostäbchen. Dabei liegen die Phosphoratome in Form von Kettenmolekülen (Polymeren) vor. Die **rotbraunen** Fasern, die sich deutlich von der roten Phosphormodifikation unterscheiden, sind an der Luft in trockenem Zustand über Wochen stabil.

In der Natur kommt Phosphor ausschließlich in gebundener Form – meist als Phosphat – in der Erdkruste vor. Typische Mineralien sind etwa die Apatite  $Ca_5(PO_4)_3(F,Cl,OH)$ . Von den weltweit jährlich geförderten etwa 100 Millionen Tonnen an Rohphosphaten werden etwa 90 Prozent zur Herstellung von Düngemitteln verwendet. Die größten Lagerstätten liegen in den USA und Afrika. Phosphor kommt in verschiedensten Bereichen der Fauna und Flora vor: Etwa als Hydroxyapatit  $Ca_5(PO_4)_3OH$ , welcher einer der Hauptbestandteile der Gerüstsubstanz ist, die in Knochen und Zähnen vorkommt. Weiterhin spielen Phosphate als Bestandteile der Nucleinsäuren und als Energieträger, wie zum Beispiel ATP, eine wichtige Rolle in lebenden Organismen.

ist der Gehalt des Futters an Phytat, einer pflanzlichen und im Tier schwer verdaulichen Speicherform von P. Als Lösungsansätze werden hier unter anderem die Produktion rekombinanter Phytasen als Futterzusätze und transgene Pflanzen mit geringeren Phytatgehalten diskutiert. Aus den USA werden bereits Steigerungen der Ausnutzung des P in transgenem Mais auf 96 Prozent im Vergleich zu 30 Prozent bei herkömmlichen Sorten berichtet.

PD Dr. Rahmann (FAL) machte sehr deutlich klar, dass im ökologischen Landbau transgene Organismen und deren Produkte als Lösungsoptionen für eine Verbesserung der P-Ausnutzung abgelehnt werden. Stattdessen setzt man hier auf die Schließung der P-Kreisläufe durch Optimierung innerbetrieblicher Maßnahmen. Dieses Ziel ist im Ökolandbau durchaus realisierbar, solange auf einem Betrieb gleichzeitig Pflanzen- und Tierproduktion stattfinden. Dr. Prinz zu Löwenstein (BÖLW Berlin) zeigte aber auch, dass sich viehlose Öko-Betriebe schnell auf einer Gratwanderung mit der Tendenz zur Erschöpfung der P-Bodenvorräte finden. Forschungsbedarf besteht hier insbesondere hinsichtlich der Beschränkungen des Ökolandbaus auf schwerlösliches Mineraldünger-P, deren Bedeutung für die langfristige P-Ausnutzung und die Bodenfruchtbarkeit.

Die nachhaltige Nutzung von P-Ressourcen erfordert zwingend die konsequente Rückführung von P aus Reststoffen in die Landwirt-

schaft. Damit verbunden ist jedoch das Problem einer Befruchtung der Böden mit Schwermetallen und organischen Schadstoffen. Der von Dr. Adam (BAM Berlin) koordinierte internationale Forschungsverbund SUSAN (Sustainable and Safe Re-use of Municipal Sewage Sludge for Nutrient Recovery) entwickelt hierzu ein thermochemisches Verfahren zur Aufarbeitung von Klärschlämmen, bei dem organische Schadstoffe bei 850 bis 1000 Grad Celsius vollständig zerstört und Schwermetalle als flüchtige Chloride abgetrennt werden. Die FAL beteiligt sich an diesem Vorhaben mit Untersuchungen zur Bewertung und Verbesserung der landbaulichen Eignung der entstehenden Produkte.

In der Diskussion von Rednern und Auditorium mit dem Rechtswissenschaftler Prof. Ekaradt (Uni-Bremen) wurde abschließend noch einmal sehr deutlich, dass ohne ein neues, in das Prinzip Nachhaltigkeit eingebundenes Bewusstsein, welches auch Aspekte der Generationengerechtigkeit und Gerechtigkeit zwischen den Völkern dieser Erde einbezieht, globaler Streit um die endliche Ressource P vorhersehbar ist.

### Synthese von Wissenschaft und Kunst

Kann Nachhaltigkeit überhaupt attraktiv sein? Kann dieses oft staubtrocken daher kommende Thema leicht, romantisch und unterhaltsam vermittelt werden? Wie muss die Erscheinungsform von Nachhaltigkeit gestaltet werden, dass sie bezaubert und bewegt? Eine künstlerische Antwort auf diese Fragen gab Anfang April die Theater-Performance „Außer diesem Stern – The Spirit of Sustainability“, präsentiert von der Stiftung Zollverein im Forum der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig.

Dank Schauspielern wie Daniela Kiefer und Fatih Cevikkollu gelang es der Nachhaltigkeit, an diesem Abend sogar ihren Charme zu entfalten. Der gemeinsam mit der Gesellschaft der Freunde



Der Leiter des Institutes für Pflanzenernährung und Bodenkunde der FAL, Prof. Dr. Dr. Ewald Schnug (links) und Prof. Dr. Paul Hans Brunner vom Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft in Wien (rechts) diskutieren mit Fatih Cevikkollu (Mitte) und dem Publikum über den verantwortlichen und nachhaltigen Umgang mit der endlichen Ressource Phosphor (Fotos: FAL-PB).

der FAL (GdF) organisierte Abend war abschließender Höhepunkte einer Veranstaltung des Institutes für Pflanzenernährung und Bodenkunde der FAL zu Fragen des nachhaltigen Umgangs mit der endlichen Ressource Phosphor in der Landwirtschaft.

Im Laufe des Performance-Abends wurde Nachhaltigkeit einmal anders betrachtet. Mit Liedern und Texten von Ingeborg Bachmann bis Bertolt Brecht, Paul Celan und John Cage, Heiner Müller und Durs Grünbein wurde das schwere Thema auf künstlerische Art leicht gemacht. Die im Wappen der Nachhaltigkeit geführte Auseinandersetzung um ein lebenswertes Morgen nahm hier eine andere Gestalt an – fernab von Politikerrunden und Konferenzräumen – ohne dabei jedoch ihren existenziellen Gehalt zu verlieren. Der Theaterabend zur Nachhaltigkeit von Frank Raddatz rückte das Zukunftsthema nicht nur auf künstlerische Weise in das öffentliche Bewusstsein, sondern ermöglichte den über einhundert Zuschauern im direkten Dialog mit Wissenschaftlern persönliche Betroffenheit am Beispiel von Phosphor zu erleben und zu diskutieren. Mehr Informationen unter [www.unesco-heute.de/0505/raddatz](http://www.unesco-heute.de/0505/raddatz).

Kryptische (Laut-) Äußerungen eines Müllmanagers (gespielt von Tunç Denizer) zur Nachhaltigkeit, moderiert von Daniela Kiefer.



## In der Welt die Welt studieren

# China, Russland, Frankreich ...

**E**nde April fand in Berlin im Russischen Haus der Wissenschaft und Kultur die „StudyWorld2006 – 1. Internationale Messe für Studium, Praktikum, Jobeinstieg und Weiterbildung“ statt. Im Verlauf des Sommers wird es außerdem verschiedene Veranstaltungen mit russischer, französischer und weiterer internationaler Beteiligung geben.

### Bildungs-Messe in Berlin

Über 100 Aussteller stellten ihre Studienangebote und Programme vor, über 60 Vorträge ergänzten und erweiterten die „StudyWorld“. Unter dem Titel „The 21<sup>st</sup> Century China Higher Education Exhibition“ informierten zudem 30 chinesische Hochschulen über Studienmöglichkeiten in der Volksrepublik China. Die Internationalisierung von Lehre und Ausbildung an den Hochschulen sowie die Mobilität von Studierenden und Absolventen standen im Mittelpunkt der Veranstaltung. Vor diesem Hintergrund ist die Präsentation von 30 Hochschulen aus der Volksrepublik China von besonderer Bedeutung. Der Austausch ist bisher ungleichgewichtig: Über 25 000 junge Chinesen studieren an deutschen Hochschulen, dagegen nur rund 1300 Deutsche an chinesischen Hochschulen. Angesichts der immer weiter wachsenden Bedeutung Chinas will der DAAD mehr Studierende und Absolventen deutscher Hochschulen dazu ermutigen, Studienerfahrungen in diesem Land zu sammeln.

### Start ups in der Biotechnologie

Der 2005 geschlossene „Deutsch-Russische Kooperationsverbund Biotechnologie“ hat das Ziel, die Zusammenarbeit in Forschung und Entwicklung im Bereich Biotechnologie zwischen beiden Ländern zu intensivieren. Im Rahmen dieses vom BMBF für drei Jahre geförderten Projekts organisiert das

Ost-West-Wissenschaftszentrum Hessen OWWZ 2006 Qualifizierungsworkshops zu verschiedenen Themen. Zielgruppen für diese Seminarreihe sind Wissenschaftler und biotechnologisch orientierte Unternehmen aus Deutschland und Russland, die Interesse am Aufbau oder der Vertiefung von Kooperationen im Bereich Biotechnologie haben.

Die detaillierten Programme der einzelnen Seminare, weitere Informationen bezüglich des Projekts sowie die Möglichkeit zur online- Anmeldung finden Sie unter Veranstaltungen auf der Projekt-Homepage des OWWZ unter [www.owwz.de](http://www.owwz.de).

### Energie und Umwelt im Sommer

Die Universitäten am Oberrhein – die Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau, die Universität Basel, die Université Louis Pasteur in Straßburg, die Université Marc Bloch in Straßburg, die Universität Robert Schuman in Straßburg, die Universität (TH) Karlsruhe und die Université de Haute Alsace in Mülhausen – haben sich 1989 zu einem grenzüberschreitenden Zweckverband unter dem Namen Europäische Konföderation der Oberrheinischen Universitäten (EUCOR) zusammengeschlossen. Im Mittelpunkt EUCOR-Sommeruniversität in Mittelweh im Elsass steht das Thema „Energie und Umwelt: Fragen an ein tragfähiges System in der Modellregion Oberrhein“. Weitere Infos und Anmeldung unter [www.eucor-uni.org](http://www.eucor-uni.org).

Das Kompetenznetzwerk Skandinavistik veranstaltet in Freiburg eine Sommeruniversität ([www.skandinavistik.net/studium/sommeruniversitaet.html](http://www.skandinavistik.net/studium/sommeruniversitaet.html)). Austragungsort einer weiteren DFH-Sommeruniversität ist die Universität Vilnius in Litauen und sie trägt den Titel „Der Europäische Raum: Mythos oder Realität“ ([www.dfh-ufa.org](http://www.dfh-ufa.org)).

## Aus der Bildungslandschaft

- Forschungstalente in der **Biomedizin** können in Heidelberg zwei Doktorarbeiten gleichzeitig abschließen: eine medizinische (MD, verliehen wird jedoch der Titel Dr. med. / Dr. med. dent.) und eine naturwissenschaftliche (PhD, hier wird der Titel Dr. rer. nat. verliehen) Das neue Ausbildungs- und Stipendienprogramm der Medizinischen Fakultät Heidelberg ermöglicht begabten Studenten einen frühzeitigen, intensiven Einstieg in die biomedizinische Wissenschaft auf sehr hohem Niveau. Ab dem vierten Studienjahr können sie parallel zum Studium der Humanmedizin oder Zahnmedizin eine zweijährige naturwissenschaftliche Zusatzausbildung absolvieren, an die sich eine medizinische und eine naturwissenschaftliche Doktorarbeit anschließen.

- „Unser langfristiges Ziel ist, in allen Fächern eine Promotion mit Mehrwert und eine neue Promotionskultur zu schaffen“, sagt Prof. Dr. Elmar Weiler, Prorektor für Planung, Struktur und Finanzen der RUB (Ruhr-Universität Bochum). Inhaltlich spiegelt die geplante **Research School** die Forschungsschwerpunkte der RUB wider: In der Sektion Natur- und Ingenieurwissenschaften werden die Gebiete Systemchemie der Grenzflächen, Plasmawissenschaften, Materialwissenschaften, Nachhaltige Planung und Ausführung urbaner Infrastruktur und Sicherheit in der Informations- und Kommunikationstechnik bearbeitet; in der Sektion Lebenswissenschaften sind dies die Forschungsfelder Makromolekulare Netzwerke und Neuronale und Kognitive Netze; in der Sektion Geistes- und Gesellschaftswissenschaften die Gebiete Biomedizinische Ethik und Versorgungsforschung („Public Health“), Religion und Säkularisierung, Semantische Räume sowie Sicherheit des Menschen im Prozess der Globalisierung.

- Das **Gründernetz** Route A 66 unterstützt auch im Sommersemester 2006 Hochschulabsolventen sowie Studierende, die sich selbstständig machen möchten. Die insgesamt 34 Seminare decken ein breites Themenspektrum ab: Sie reichen von Basisfragen wie „Wie gut ist meine Geschäftsidee?“ bis hin zu individueller Betreuung bei konkreten Gründungsprojekten. Im Gründernetz haben sich folgende Hochschulen zusammengeschlossen: Fachhochschule Frankfurt am Main, Johann Wolfgang Goethe-Universität, Hochschule für Gestaltung in Offenbach und Fachhochschule Wiesbaden ([www.routeA66.de](http://www.routeA66.de)).

- Die weiterbildenden, berufsbegleitenden **Fernstudiengänge** „Medien & Bildung“, Umwelt & Bildung“ und „Umweltschutz“ der Universität Rostock eröffnen im Oktober 2006 neue Durchgänge. Die Studienangebote richten sich an Interessenten, die bereits über einen Fach- oder Hochschulabschluss verfügen und berufsbegleitend eine Zusatzqualifikation erwerben möchten. Weiterführende Informationen erhalten Sie unter [www.weiterbildung-rostock.de](http://www.weiterbildung-rostock.de).

# Elemente und ihre Darstellung und Gewinnung

## Die fünfte Hauptgruppe – es kann mehr als eine Antwort richtig sein

1 Welches ist das seltenste Element der fünften Hauptgruppe?

- A Stickstoff N
- B Phosphor P
- C Arsen As
- D Antimon Sb
- E Bismut Bi

2 Wer wies als erster Stickstoff als Bestandteil der Luft nach?

- A Sir Robert Boyle 1661
- B Johann Friedrich Böttger 1706
- C Carl Wilhelm Scheele 1771
- D Joseph Priestley 1784
- E Robert Wilhelm Bunsen 1818

3 In unserer Atemluft ist das Verhältnis von Edelgasen zu Stickstoff in etwa 1 zu

- A 51
- B 62
- C 73
- D 84
- E 95

4 Die Überführung des gasförmigen Stickstoffs der atmosphärischen Luft in eine N-Form, die von Pflanzen verwertbar ist, geschieht durch

- A das Haber-Bosch-Verfahren.
- B freilebende Mikroorganismen.
- C Knöllchenbakterien.
- D die Ammoniak-Synthese.
- E elektrische Entladung bei Gewittern.

5 Wie kann man Stickstoff aus Luft gewinnen?

- A Durch Oxidation des Luft-Sauerstoffs zu Wasser.
- B Durch fraktionierte Destillation von flüssiger Luft.

6 Durch Absorption des Stickstoffs in Pyrogallol-Lösung.

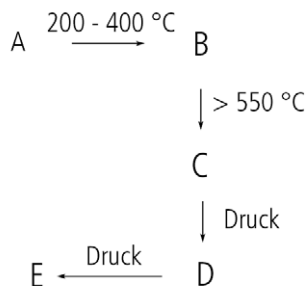
D Durch „Verbrennen“ der Luft mit Kohle, wobei Kohlendioxid entsteht.

E Durch das Überleiten der Luft über glühendes Kupfer, das den Sauerstoff bindet.

7 Woraus kann man Stickstoff im Labor gewinnen?

- A Aus Luft.
- B Aus Ammoniumnitrit.
- C Aus Salpetersäure.
- D Aus Natriumazid.
- E Aus Azidothymidin.

8 Dir Grafik unten zeigt, wie einige Phosphormodifikationen auseinander entstehen können.



Welcher Buchstabe symbolisiert die schwarze Modifikation?

- A B C D E

9 Unter welchen Bedingungen entsteht violetter Phosphor?

- A Durch Kochen einer wässrigen Lösung von rotem Phosphor.
- B Durch mehrtägiges Erhitzen von weißem Phosphor auf etwa 550 Grad Celsius.
- C Durch schnelles Abkühlen von gasförmigem Phosphor.
- D Durch Umkristallisation von schwarzem Phosphor in Schwefelkohlenstoff.

E Durch starke Druckeinwirkung auf gelben Phosphor.

10 Was ist beziehungsweise war keine Anwendung von Arsenverbindungen?

- A Man färbte mit Arsenverbindungen Silber goldfarben ein.
- B Man färbte mit Arsenverbindungen Eisen goldfarben ein.
- C Man färbte mit Arsenverbindungen Kupfer silberfarben ein.
- D Arsenik diente als Pestizid.
- E Arsenik diente zur Aufreinigung von Kupfererzen.
- F Arsentrisulfid diente als Enthaarungsmittel.
- G Arsentrisulfid diente als Arznei bei Lungenkrankheiten.
- H Arsentrisulfid diente als Malerfarbe.

11 Die heutige Halbleitertechnik benötigt hochreines Arsen (99,99999 prozentig). Wie kann man es herstellen?

- A Man lässt Arsen aus Lösungen in flüssigem Blei heraussublimieren.
- B Arsenkies (FeAs<sub>2</sub>) zersetzt man in Eisensulfid (FeS) und Arsen.
- C Durch Auskristallisieren aus geschmolzenem Arsen.
- D Arsenikalkies (FeAs<sub>2</sub>) zersetzt man in Eisenarsenid (FeAs) und Arsen.
- E Arsentrichlorid (AsCl<sub>3</sub>) reagiert mit Wasserstoff zu Chlorwasserstoff (HCl) und Arsen.

12 Wie kann man metallisches Antimon gewinnen?

- A Durch Röstarbeit.
- B Durch Niederschlagsarbeit.
- C Durch Röstreduktionsarbeit.
- D Durch Seigerarbeit.
- E Durch Reduktionsarbeit.

13 Wie kann man reines Bismut darstellen?

- A Durch Röstarbeit.
- B Durch Niederschlagsarbeit.
- C Durch Röstreduktionsarbeit.
- D Durch Seigerarbeit.
- E Durch Reduktionsarbeit.

### Lösungen zu Seite M32 (CLB 04/2006):

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

(Alle Lösungen zu Seite M40 finden Sie in CLB 06/2006 sowie auf [www.clb.de](http://www.clb.de))

Das Tetrabutylammoniumchlorid, -bromid und Iodid bietet Merck im aktuellen Chemikalien-Katalog zu 260,74 und 50 Euro je 250 g an. Größere Mengen lassen sich günstiger beziehen [9]. Die GeReSo mbH mit Sitz in Einbeck hat größere Mengen an 1-Butyl-3-methylimidazolium-Derivate in ihrem Angebot: 1, 3, 5, 10 oder mehr kg [10]. Breitere industrielle Anwendung dürfte erst bei 20 Euro/kg im Tonnen-Maßstab anfangen, interessant zu werden, denn der Tonnen-Einsatz läge dann immerhin noch bei den Kosten eines Kilos Platin.

Für Tests im Labor und Technikums-Maßstab bietet auch Merck, Darmstadt, eine Vielzahl von Ionischen Flüssigkeiten an [11]. Neben Test-Kits mit jeweils fünf verschiedenen Ionischen Flüssigkeiten, anwendungstechnischer Beratung und einer Datenbank bieten die sich selbst als „Pioniere der Ionischen Flüssigkeiten“ bezeichnenden Merck-Chemiker einen „Ionic Liquids Newsletter“ heraus.

Auch die relativ einfache Quartierung im eigenen Technikum, beispielsweise durch Zusammenkochen von 1-Halogen-Butan (Merck: Cl-Bu = 21,78 €/kg, Br-Bu = 57,16 €/kg und I-Bu = 117,45 €/250g) mit Tributylamin (21,67 €/kg) lohnt sich wegen der hohen Rohstoff-Kosten im Kilo-Maßstab kaum.

#### 4. Beispiele chemischer Reaktionen in Ionischen Flüssigkeiten

Mittlerweile wurden Tausende von Reaktionen in den Laboratorien an Hochschulen, Instituten und Industrie-Technika überprüft und veröffentlicht. Der Einsatz von Ionischen Flüssigkeiten zeigt seine Vorteile vor allem auf den Gebieten der

- Synthesen und Katalysen, wie beispielsweise die Oxo-Synthese mit einem homogenen Rhodium-Katalysator, ausgehend von Olefinen und Kohlenmonoxid oder Polymerisationen,
- Verfahrenstechnik, beispielsweise durch „Eintopf-Reaktionen“,
- Energie-Gewinnung, etwa als Elektrolyt in Batterien,
- Analytik, beispielsweise durch extraktive Anreicherungen von Spuren,
- Elektrochemie, wenn es gilt, hauchfeine, porendichte Metallüberzüge galvanisch abzuscheiden sowie der
- Bio-Technologie, die große Erfolge in der biokatalytischen Produktion stereo-selektiver Verbindungen mit Mikroorganismen in hohen Ausbeuten vorweisen kann.

Der Übersicht halber fasst Abbildung 16 diese Haupt-Einsatzgebiete noch einmal zusammen.

Einer der ersten großtechnischen Einsätze gelang der BASF mit der Herstellung von Alkoxyphenyl-phosphinen,  $R_2P-OEt$ . Dieses 2004 mit Auszeichnungen bedachte und 2005 mit der Öko-Effizienz-Analyse überprüfte Verfahren geht von substituiertem Chlor-

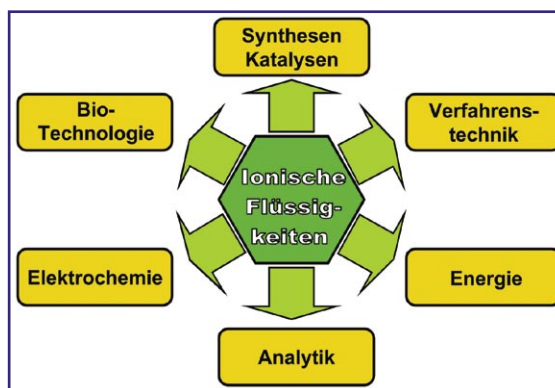


Abbildung 16: Haupt-Einsatzbereiche der Ionischen Flüssigkeiten.

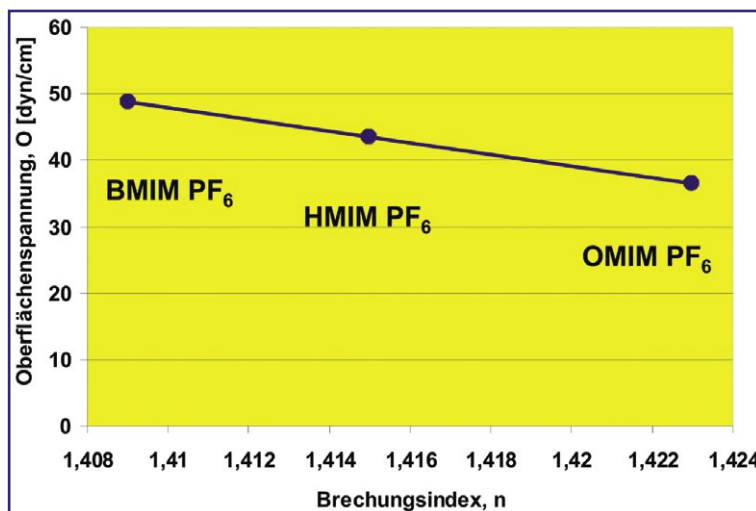
phosphan und Ethanol aus und arbeitet in einem im Kreislauf geführten 1-Methylimidazol [12]. Der Prozess-Ablauf ist der Abbildung 17 zu entnehmen.

Ein relativ neues Verfahren nutzt die gute Löslichkeit von Kohlendioxid in Ionischen Flüssigkeiten unter Druck aus. Auf diese Weise sind gute Trennungen von beispielsweise Methan möglich, das eine relativ schlechte Affinität zu den flüssigen Ionenpaaren zeigt (Abbildung 18). Diese Reinigung von Erd- und Grubengasen von  $CO_2$ -Nebenbestandteilen oder -Spuren hat großtechnisch eine enorme Bedeutung [13].

#### 5. Ausblick

Ionische Flüssigkeiten besitzen in großer Breite eine Reihe von vorteilhaften Eigenschaften, dass ihnen eine große Zukunft bevorsteht. Ihre schwere Brennbarkeit, der praktisch fehlende Dampfdruck, die gute Recycelbarkeit und die oft auch geringere Toxizität gegenüber den organischen Lösungsmitteln machen Ionische Flüssigkeiten zu den nachhaltigen Chemikalien, wie sie sich die Gesetzgeber mit ihrer „Green Chemicals“- und „Zero Emission“-Philosophie vorstellen. **CLB**

Abbildung 14: Oberflächenspannung und Brechungsindex der 1-N-Alkyl-3-methylimidazolium-fluorophosphate.



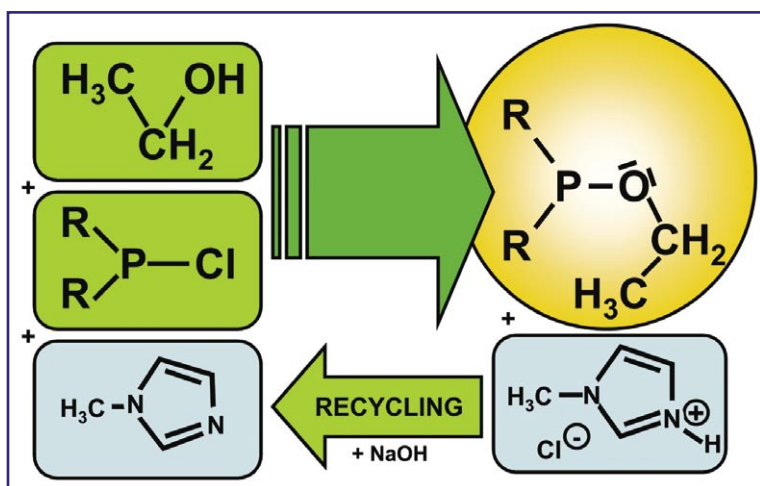


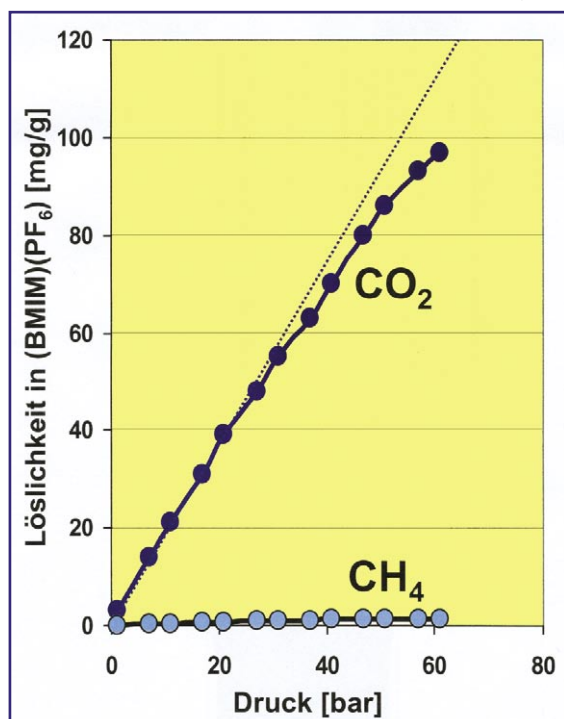
Abbildung 17: Herstellung von Alkoxyphenylphosphan in 1-Methylimidazol (BASF).

Die klassischen leichtflüchtigen Lösungsmittel mit Siedepunkten unterhalb von  $150^\circ\text{C}$  erfahren seit 2001 zudem durch die 31. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutz-Gesetz (VOC-Verordnung) besondere Anforderungen an Messungen, Informationen und Reduktions-Maßnahmen.

Die Palette der Ionischen Flüssigkeiten und ihre Anwendungen werden sich sicherlich noch ausweiten, vielleicht auch auf wenige besonders geeignete Ionenpaare mit breitgefächertem Anwendungs-Profil konzentrieren. Zumindest birgt eine damit verbundene Herstellung größerer Mengen die Chance, dass die Materialkosten auf ein allseits akzeptiertes Maß herunterkommen.

Viele Parameter von Ionischen Flüssigkeiten warten noch auf ihre Ermittlung. Abhängigkeiten der Daten

Abbildung 18: Löslichkeit von  $\text{CO}_2$  und  $\text{CH}_4$  in (BMIM)( $\text{PF}_6$ ).



untereinander ergeben noch das Bild eines sehr lückenhaften Netzwerks. Sie sind jedoch für den Chemiker, Verfahrenstechniker wichtig, um für seinen Prozess die optimale Reaktions-Matrix zu finden.

Sauerstoff-, Licht- und Hydrolyse-Beständigkeit sowie die relativ hohe Viskosität lassen sich noch bei einigen Ionenpaaren verbessern. Die Einstufung der meisten Ionischen Lösungsmittel in die argste Wassergefährdungskategorie III birgt auch bei der Toxizität für Wasserlebewesen noch Optimierungspotential.

Kombinationen mit flüssigem Kohlendioxid in der Lebensmittel- und Pharma-Industrie, die einmalige galvanische Abscheidung von Nano-Schichten, die aus wässrigen Lösungen nicht zugänglich sind, wie aus Germanium und Silizium, die zahlreichen Vorteile bei der Synthese von definierten Polymeren und die Reaktionen, die in klassischen organischen Lösungsmitteln nicht funktionieren, geben den Entwicklern, die sich noch im Pionier-Status wägen dürfen, Anstöße für noch unendlich viele Ideen, Versuche und Synthesen.

Die Liste der weltweiten Patent-Anmeldungen wächst unaufhörlich. Aber vielleicht bekommen wir die interessantesten Innovationen mit Ionischen Flüssigkeiten auch noch gar nicht mit, weil die Unternehmen ihre Verfahren mit Ionischen Lösungsmitteln lieber vorerst für sich behalten. Denn an den am Markt angebotenen Produkten aus der „Ionenpaar-Küche“ erkennt ja keiner die Herstellungs-Methode.

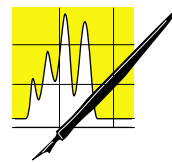
CLB

#### Literatur

- [1] Walden, P., Bull. Acad. Sci. St. Petersburg (1914) 405-422
- [2] Hurley, F. H., T.P. Wier, U.S. Patent 4,446,331/ 4,446,349 / 4,446,350 (1948)
- [3] Nardy, J.C., C. L. Hussey and L. A. King, U.S. Patent 4,122,245 (1978)
- [4] Wilkes, J. S., J. A. Levisky, R. A. Wilson and C. L. Hussey, Inorg. Chem. 21 (1982) 1263
- [5] Wasserscheid, P. und T. Welton (Eds.) „Ionic Liquids in Synthesis“, Wiley-VCH, Weinheim (2003) 366 Seiten (englisch)
- [6] Rooney, D. W. and K. R. Seddon, „Ionic Liquids“ in HANDBOOK OF SOLVENTS, ChemTec, Toronto (2001) 1459
- [7] Cytec, CYPHOS® IL 101, www.cytec.com, Firmen-Prospekt, März, 2004
- [8] „Basionic™“-Produkte fürs Labor (Sigma Aldrich/ Fluka), www.basionics.com und www.basf.de/intermediates
- [9] Merck „Chemikalien & Reagenzien“ Katalog 2005 - 7 www.chemdat.info
- [10] GeReSo mbH, Einbeck, www.designer-solvents.de
- [11] www.ionicliquids-merck.de
- [12] BASF-Broschüre „Basionics™ und Basil™“, 2005
- [13] Deisbach, F. u.a., LABO 3 (2006) 78-81



## Kann Naturwissenschaft verständlich sein?



AUFSÄTZE

Georg Schwedt, Clausthal

Im CLB-Memory erschien im September 2005 eine Übersicht über „Wissenschaft und Technik im Fernsehen“. In diesem Beitrag wird über die Popularisierung von Naturwissenschaft anhand eines Rückblicks auf ausgewählte Printmedien des 19. und 20. Jahrhunderts berichtet.

### Gibt es eine populäre Wissenschaft?

Das Popularisieren einer Wissenschaft wurde von dem Philosophen Friedrich Nietzsche (1844-1900) als das *berüchtigte Zuschneiden des Rocks der Wissenschaft auf den Leib des gemischten Publikums* (1874) bezeichnet. Der Baseler Kunsthistoriker Jacob Burckhardt (1818-1897) hatte dagegen wenige Jahre zuvor in einem Kolleg ein anderes Verständnis der Vermittlung von Wissenschaft zum Ausdruck gebracht: *In den Wissenschaften kann man nur noch in einem begrenzten Bereich Meister sein, nämlich als Spezialist... Soll man aber nicht die Fähigkeit der allgemeinen Übersicht, ja der Würdigung derselben einbüßen, so sei man noch an möglichst vielen anderen Stellen Dilettant.* [1] Von Burckhardt stammt aber auch der Ausdruck *Les terribles simplificateurs*, die schrecklichen Simplifizierer, für die Vereinfacher aller Dinge und Zusammenhänge. [2] Der englische Historiker, Kulturtheoretiker und Geschichtsphilosoph Arnold J. Toynbee (1889-1975) formuliert die erste Aussage Burckhardts als eher peinliche Alternative: *Man kann sich entweder eine oberflächliche Kenntnis auf einem größtmöglichen Feld zu erwerben suchen, oder man strebt danach, sich ein möglichst umfassendes Wissen von einem Teilgebiet anzueignen, das dann relativ klein sein wird. Wir haben also die Wahl zwischen der Perspektive des Vogels und der des Wurmes; und keine von beiden wird uns jene korrekte Information liefern, nach der wir suchen.*

Toynbee ist der Meinung, dass die Popularisatoren die Fachpublizisten geringschätzig als Akademiker betrachten, diese wiederum die Popularisatoren mit der gleichen Geringschätzung als ungebildet und unwissenschaftlich – und leider sei die Kritik auf beiden Seiten gerechtfertigt. Und Toynbee folgert schließlich: *Was wir brauchen, ist eine Truppe von Kulturingenieuren, die Brücken über den Abgrund bauen.*

Bemühen wir einen Dichter, der sich zugleich als Naturforscher verstand – nämlich Goethe, so klingt auch der folgende Ausspruch gegenüber seinem Sekretär Eckermann vom 23. Oktober 1828 recht negativ

[3]: *Es gibt zwar viele, die fähig sind, über alles sehr geschickt mitzureden, aber sie haben es nicht im Innern und krabbeln nur an den Oberflächen.*

Und gerade Goethe hat sich doch bemüht, Naturwissenschaften auch an die Leser seiner Dichtungen zu vermitteln. [4]

Schließlich sei noch der Göttinger Physiker und Philosoph Georg Christoph Lichtenberg (1742-1799) zitiert: *Wer nur die Chemie versteht, versteht auch die nicht recht.* (aus seinen Sudelbüchern 1789-1793) [5]

Die meisten der bisher zitierten Autoritäten gehören – mehr oder weniger – zur Gruppe der Philosophen. In der Philosophie existiert auch der Begriff der *Popularphilosophie*. Man bezeichnet damit allgemein Versuche, in philosophischen Schulzusammenhängen entstandene Lehren von praktischer Relevanz einem breiten Publikum in vereinfachter Form darzustellen. (Brockhaus-Enzyklopädie, Leipzig 2001) Die Popularphilosophie entstand als eine philosophische Richtung der deutschen Aufklärung im 18. Jahrhundert. Nach deren Emanzipationsideal strebte sie eine allgemein verständliche Verbreitung aufklärerischer Ideen an, nicht nur über Moralität und Freiheit, sondern auch über die Wissenschaften.

Unter dem Stichwort *Popularität* findet man im „Bilder-Conversations-Lexikon für das deutsche Volk. Ein Handbuch zur Verbreitung gemeinnütziger Kenntnisse und zur Unterhaltung“ (im Verlag F. A. Brockhaus, Leipzig 1839) folgende Aussage: *Man nennt aber auch eine Schreibart eines Schriftstellers populair oder schreibt ihr Popularität zu und versteht darunter eine solche Deutlichkeit und Verständlichkeit desselben, daß seine Schriften auch den nicht wissenschaftlich gebildeten Ständen genießbar sind. Das Streben nach einer solchen Popularität auch in Behandlung wissenschaftlicher Gegenstände ist stets lobenswerth, wenn es nicht in Oberflächlichkeit und Gemeinheit ausartet, und für die höhere geistige Ausbildung des Volkes ist wahre Popularität der Schreibart von der höchste Wichtigkeit. Erfreulich ist es namentlich in unserer Zeit, daß man auf diese Art eine Menge von Kenntnissen, welche früher die sogenannten Gelehrten als ihr ausschließliches Eigenthum ansahen, zum Gemeingut der Nation*

### Der Autor

Der Buchautor und Mitherausgeber der CLB, Prof. Dr. Georg Schwedt, ist seit 1987 Professor für Anorganische und Analytische Chemie an der Technischen Universität Clausthal.



zu machen sucht. Die Inhalte dieses Textes gelten bis heute als Maxime des BROCKHAUS.

Über 100 Jahre später (1965) – also vor 40 Jahren – erschien von Ernst Glaser ein Buch mit dem Titel auch dieses Buches „Kann Wissenschaft verständlich sein? Von der Schwierigkeit ihrer Popularisierung“ (2). In seiner Einleitung schreibt der 1912 in Wien geborene Glaser, der Germanistik, Geschichte und Psychologie studiert hatte und nach dem Zweiten Weltkrieg zunächst im Schuldienst, dann als Bildungssekretär der Wiener Kammer für Arbeiter und Angestellte und auch als Studioleiter im Österreichischen Rundfunk tätig war, u.a.:

*Wer von der Popularisierung der Wissenschaften spricht, meint damit, daß Informationen besonderer Art, nämlich Erkenntnisse wissenschaftlicher Forschungen von dem, der sie besitzt, an jemand anderen, für den sie für Interesse sein könnten, weitergegeben werden.*

Seine Darlegungen beinhalten eine „grundlegende Analyse der heutigen Bildungssituation im deutschen Sprachgebiet, aus der sich die dringende Notwendigkeit ergibt, die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse der Allgemeinheit zugänglich zu machen.“ (aus dem Klappentext seines Buches)

Zwei wesentliche Thesen Glasers sind:

- Es gilt, den Kulturabgrund zwischen den Wissenden und Schlechtinformierten zu überbrücken.
- Die Forschungsergebnisse der Wissenschaften müssen in immer weitere Kreise der Bevölkerung getragen werden. Die Gesellschaft der Zukunft wird nicht lebensfähig und schöpferisch sein, wenn dies nicht geschieht.

Unsere Wissenschaftsgesellschaften, die sich mit dem Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (federführend) zu einer gemeinsamen Aktion zusammen gefunden haben, verwenden dafür den Slogan *Dialog Wissenschaft und Gesellschaft*.

### Naturwissenschaften in der Familienzeitschrift *Die Gartenlaube*

Die 1853 in Leipzig von dem Verleger Ernst Keil (1816-1878) gegründete illustrierte Wochenzeitschrift *Die Gartenlaube* ging 1884 in den Besitz von Alfred Kröner (1836-1911) in Stuttgart und 1904 an den Verlag von August Scherl (1849-1921) in Berlin über. Sie brachte vor allem leichte Unterhaltung wie die Romane von Eugenie Marlitt in Fortsetzungen, aber auch zahlreiche

belehrende Beiträge. 1875 erreichte die wöchentlich erscheinende Zeitschrift mit 382 000 Exemplaren ihre höchste Auflage. Ab 1938 erschien sie bis 1944 unter dem Titel „Die neue Gartenlaube“. Auch in wissenschaftlichen Bibliotheken wie der Göttinger Universitätsbibliothek wurde die Zeitschrift archiviert und ist dort heute, wenn auch nicht ganz vollständig, in der ehemaligen Pauliner Kirche, in den heutigen Räumen der historischen Forschungsbibliothek zugänglich.

Über die Bedeutung dieser Familienzeitschrift für die „bürgerliche Kultur, naturwissenschaftliche Bildung und die deutsche Öffentlichkeit“ – so der Untertitel eines neueren Werkes von Andreas Daum [6] über die „Wissenschaftspopularisierung im 19. Jahrhundert“ (1998) wird eine Reihe von Beispielen angeführt:

So schlossen sich 1862 im lüneburgischen Talge 15 Dorfbewohner zu einem lokalen Humboldt-Verein zusammen. Bei den wöchentlichen Treffen wurde u.a. auch *Die Gartenlaube* gelesen, man sammelte Naturalien und widmete sich dem Selbststudium. In der Mitte des 19. Jahrhunderts bilden sich zwei Gruppen von Naturforschern – so ist in der *Gartenlaube* (1858, Band 6) folgender Text zu lesen:

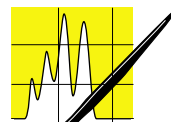
„Unter den an Zahl täglich zunehmenden berufsmäßigen Naturforschern muß man zwei Classen unterscheiden. Die einen haben bei ihrem Forschen nur die Förderung der Wissenschaft an sich im Auge, wobei sie dem sehr verzeihlichen Ehrgeiz huldigen, ihrem Namen in den Annalen der Wissenschaft einen Ehrenplatz zu erringen. Die Anderen bestimmen ihr wissenschaftliches Streben nur nach dem Grundsatz, daß vor allen anderen die Wissenschaft der Natur Gemeingut Aller sei, und ihr Ehrgeiz ist darauf gerichtet, den Dank des Volkes zu gewinnen.“

Der Band des Jahres 1895 der Zeitschrift *Die Gartenlaube* wurde vor allem deshalb ausgewählt, weil in diesem Jahr Alfred Nobel seine Preise zur Förderung der Naturwissenschaften und der Medizin stiftete – die *Gartenlaube* berichtete darüber unter dem Titel *Eine hochherzige Stiftung zur Pflege der Wissenschaft*.

In einer Rubrik mit dem Titel *Blätter und Blüten* werden im Jahrgang 1895 in Form von Kurzberichten u.a. folgende Themen behandelt: „Neue Erfahrungen über die Giftwirkung arsenhaltiger Tapeten“ – „Nährwert der Eier“ – „Die Accumulatoren-Straßenbahn zu Hagen i. W.“ – „Einfluss des Wassers auf die Zähne“ – „Verdaulichkeit der Fette“ – „Spiritus aus vorweltlichen Stoffen“. In der Rubrik *Fortschritte und Erfindungen der Neuzeit* wird über „Lampen der Zukunft“ und „Neue Entdeckungen in der Luft“ berichtet. Ausführliche Aufsätze beschäftigen sich mit den Themen „Gefährliches Kochgeschirr“ [Abgabe von Schwermetallen] – „Der Accumulator“ – „Das Butteraroma“ – „Die Gärtnerische Fettmilch. Ein neuer Fortschritt auf dem Gebiete der Kinderernährung“ – „Künstliches Eis“ – „Die Papierwunder“ – „Die Frage der Selbstentzündung. Allgemeines. – Selbstentzündung der Baumwolle? Fette und Oele. – Selbstentzündung der Kohle. Verschiedene andere Selbstentzündungen.“

Titelblock der „Gartenlaube“ im Jahre 1895.





II. Die Selbstverbrennung des menschlichen Körpers. – Selbstentzündungen als Folge der Lebensthätigkeit (Heu)“ – „Das Haar als Zeuge vor Gericht“ – „Beim Glockenguß zu Laucha“.

Die Verlagsrechte der traditionellen *Gartenlaube* übernahm 1955 der Martin Kelter Verlag in Hamburg, der zum 150jährigen Jubiläum ein 32seitiges Sonderblatt herausgab – mit dem Titel „150 Jahre *Die Gartenlaube*“. Ein historischer Streifzug durch die Vergangenheit des erfolgreichsten deutschen Familienblattes (Dr. A. Schäfer, Cheflektor).“ Darin sind neben einem „Marlitt-Blatt“ auch Beiträge über „Fortschritte und Erfind(ung)en der Neuzeit. Neue Wege zu uralten Lichtenquellen“ und „Die flüssige Luft im Experiment und in der Praxis“ nachzulesen.

### Aus der *Bibliothek zur Unterhaltung und des Wissens*

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts und bis in das erste Drittel des 20. Jahrhunderts erschien in der „Union Deutsche Verlagsgesellschaft“ (Stuttgart, Berlin, Leipzig) eine Buchreihe unter dem Titel *Bibliothek der Unterhaltung und des Wissens*. Die mit Einbänden im Jugendstil versehenen Bände im heutigen Taschenbuchformat standen in vielen Bücherschränken des Bildungsbürgertums. Im Untertitel warb der Verlag mit der Aussage: „Mit Original-Beiträgen der hervorragendsten Schriftsteller und Gelehrten“. Ähnlich wie in der Familienzeitschrift *Die Gartenlaube* enthalten die Bände Fortsetzungsromane, Erzählungen, Kriminalnovellen und vor allem auch längere Beiträge aus den Naturwissenschaften sowie Kurzberichte in einem Kapitel mit der Überschrift „Mannigfaltiges“. Im Jahrgang 1892 (zwölfter Band) ist u.a. ein Kurzbeitrag über *Die Erfindung des Gaslichtes* enthalten. Im 20. Jahrhundert begann der Verlag eine zweite Serie diese Buchreihe. Im zweiten Band (Jahrgang 1910) ist ein ausführlicher Beitrag mit dem Titel „Wie soll der Zuckerkranke leben?“ (Autor: Dr. K. R. Kreuzschner) enthalten, in dem auch die (Bio)Chemie und Analytik dargestellt werden. Über die Ausführung des Zuckernachweises durch einen Laien ist zu lesen:

„Er kann in folgender Weise, ohne Chemiker zu sein, prüfen, ob Zucker vorhanden ist, freilich nicht wie viel, was nur mit Hilfe eines Polarisationsapparates oder umständlichen Titrierungsverfahrens möglich ist. Das hierzu erforderliche Gerät besteht in einem Fläschchen Kalilauge (etwa 100 Kubikzentimeter), einem Fläschchen fünf- bis zehnprozentiger Kupfervitriollösung (etwa 50 Kubikzentimeter), einem Reagenzfläschchen (schlanke Form), einem Tropfenzähler und einem Spirituslämpchen – alles in allem Gegenstände, die beim Drogisten nicht mehr als 2 Mark kosten. Man beschickt das Reagenzglas mit Harn bis a (Fig. 1), so dass dieser darin 2 bis 2 1/2 Zentimeter hoch steht, und setzt etwa ein Drittel dieser Menge an Kalilauge bis b zu. Hierauf saugt man in einem der üblichen



Fig. 2.

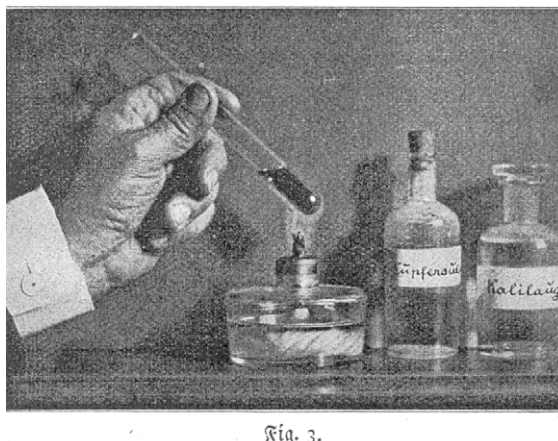


Fig. 3.

Zucker-Nachweis nach Fehling aus der „Bibliothek der Unterhaltung und des Wissens“ 1910.

Tropfenzähler mit Gummiansatz eine kleine Menge Kupfervitriollösung an (Fig. 2), die man tropfenweise in die Mischung fallen läßt, und erwärmt das Röhrchen über der Spiritusflamme (Vorsicht beim Erwärmen, weil die gashaltige Flüssigkeit leicht überkocht). Ist kein Zuckervitriol vorhanden, so hat sich schon vor dem Kochen die Kupfervitriollösung nicht lösen können, sondern bleibt als Kupferoxydhydrat in bläulichen Flocken schweben, auch wenn man das Gläschen schüttelt. Bei Gegenwart von Zucker hingegen löst sie sich vollkommen mit schön lasurblauer Farbe. Man setzt nun so lange Kupfervitriollösung zu, bis eben noch ein kleiner Rest beim Schütteln ungelöst bleibt, und erwärmt, wobei sich noch vor Eintritt des Kochens zuerst an der hauptsächlich der Flamme ausgesetzten Stelle eine orange- bis rotgelbe, intensive

Trübung zeigt, die sich schnell über die ganze Flüssigkeit ausbreitet und schließlich einen ebenso gefärbten Niederschlag bildet (Fig. 3)...“

### Experimentierbücher aus zwei Jahrhunderten (Auszug aus [1])

Politische Entwicklungen und die Geschichte populärwissenschaftlicher Literatur bzw. Sachbuchliteratur sind eng miteinander verknüpft. Schon in den französischen Salons des 17. Jahrhunderts fanden die Naturwissenschaften neben Literatur, Geographie und Geschichte großes Interesse bei den Adelligen, nicht zuletzt den adeligen Damen. „Wissenswertes aus den Bereich(en) der Physik, der Chemie und Medizin wurde von Gelehrten – wohl meist in vulgarisierter Form – dargeboten. Eine große Rolle spielten hierbei anschauliche chemisch-physikalische Experimente und mikroskopische Untersuchungen. Die Vortragenden waren zum Teil hochrangige Wissenschaftler. Die Wissensvermittlung erfolgte innerhalb von Gesellschaften im privaten Kreis. (...) Auch in den Salons des 18. Jahrhunderts veranstalteten Damen Gesellschaften von zwanzig bis fünfundzwanzig Personen, um einer Vorlesung über Physik oder Experimentalchemie, Naturgeschichte oder Muskellehre zu folgen.“ [7]

Die Zeit der Aufklärung hat dann auch zu den frühesten Veröffentlichungen allgemeinverständlicher naturwissenschaftlicher Werke geführt. Erstaunlicherweise hat die Experimentierbuchliteratur in den folgenden Jahrzehnten den allgemein auffälligen Erfolg der Naturwissenschaften zum Trotz an Beliebtheit verloren. Bei den bildungsbürgerlichen Schichten, der wichtigsten Käufergruppe, ging das Interesse an den Naturwissenschaften stark zurück. Dagegen rückten – dank der neuhumanistischen Bildungsideale – Kunst, Literatur und Musik in den Mittelpunkt der Aufmerksamkeit.

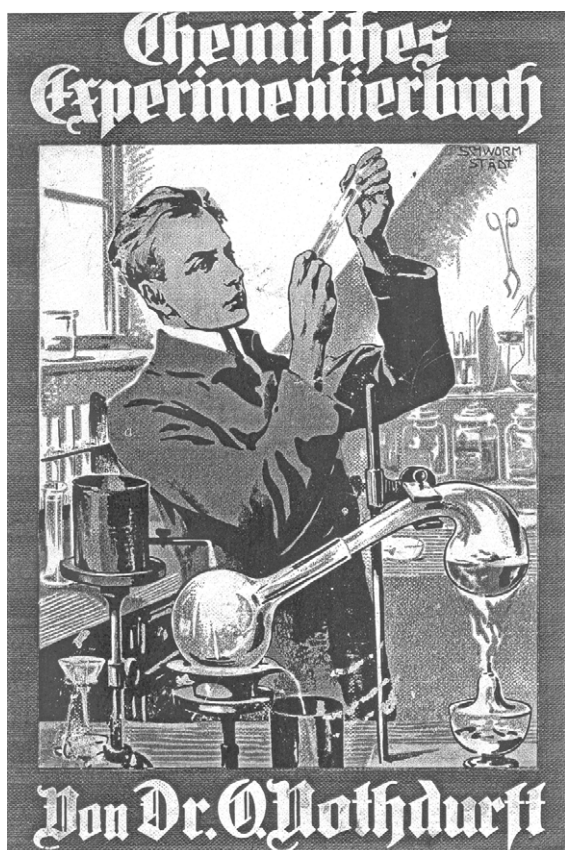
Ein Beispiel für die populärwissenschaftliche Literatur aus der Zeit des Vormärz, der Epoche zwischen dem Wiener Kongress von 1815 und der Revolution von 1848, sind Justus von Liebig's (1803-1873) berühmte *Chemische Briefe* (1844). Diese erschienen zuerst 1843 in Fortsetzungen in der *Augsburger Allgemeinen Zeitung*, danach auch in Buchform. Die „gebildete Welt“, nicht das „gemeine Volk“, machte Liebig hier mit den neuesten Entdeckungen der Chemie und Agrikulturchemie bekannt.

Während des Kaiserreichs (1871-1918) entwickelte sich Deutschland zu einer der führenden Industrienationen der Welt. Die Naturwissenschaften hatten an dieser Entwicklung entscheidenden Anteil. Doch trotz der wachsenden Bedeutung des naturwissenschaftlichen Schulunterrichts kam es bis 1900 kaum zu einer Belebung der Experimentierbuchliteratur. erfolgreichsten Wissenschaftspopularisatoren des Kaiserreichs. Mit seinem Chemischen Experimentierbuch für Knaben veröffentlichte der Freiburger Chemielehrer Karl

Scheid 1904 das erste ausschließlich der Chemie gewidmete Experimentierbuch. Chemische Experimente waren jedoch schon immer in umfangreicheren, fachübergreifenden Experimentierbüchern enthalten gewesen. Ziel des Werkes war die Vermittlung chemischen Grundlagenwissens, das nach der Jahrhundertwende zunehmend als wichtiger Teil der Allgemeinbildung betrachtet wurde. Der Verfasser schreibt in seinem Vorwort, dass Schüler und Eltern wie auch die chemische Industrie ihn zu diesem Werk ermuntert hätten.

Besonders beliebt waren Experimentierbücher in der Zwischenkriegszeit. Diese wirtschaftlich arme Zeit ließ Jugendliche wie Erwachsene vermutlich mehr als je zuvor Zerstreuung bei einfachen, billig durchzuführenden und gleichzeitig unterhaltsamen Experimenten suchen. Ob Chemie, Elektrotechnik oder Physik, zu jedem Fachgebiet gab es eine größere Anzahl einschlägiger Titel. Der erfolgreichste Experimentierbuchautor auf dem Gebiet der Chemie war in den 1930er Jahren wie auch in der frühen Nachkriegszeit der württembergische Chemielehrer Hermann Römpp (1901-1964). Sein Name ist bis heute mit dem führenden Chemie-Lexikon, dem *Römpp*, verbunden. Mit seinen Bestsellern *Chemie des Alltags* (1936), *Chemische Experimente die gelingen* (1939) und *Organische Chemie im Probierglas* (1940) erreichte er ein breites Publikum. Mehr als moderne chemische Experimentierbücher hatten Römpps Werke noch den Reiz, nicht ganz ungefährlich zu sein. Gefährliche Stoffe, die Römpp in seinen chemischen Versuchen noch verwenden konnte, sind heutzutage dem Laien – überwiegend zu Recht – nicht mehr ohne weiteres zugänglich. Ebenso wie Römpps Bücher wurden auch Hans Joachim Flechners *Die Welt in der Retorte – eine moderne Chemie für Jedermann* (1938) sowie Walter Greilings *Chemie erobert die Welt* (1938) in der Nachkriegszeit wieder aufgelegt.

Literarisch mit den Experimentierbüchern verwandt sind die Romane Hans Dominiks und Karl Aloys Schenzingers. Hans Dominik (1872-1945), von Haus aus Elektroingenieur, gehört sicherlich zu den bekanntesten populärwissenschaftlichen Autoren in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Dominik wandte sich ab 1904 der Literatur zu und verfasste eine größere Zahl technischer Zukunftsromane sowie Jugendbücher. Seine technischen Zukunftsromane, er selbst nannte sie Energie-Romane, spiegeln in gleicher Weise Dominiks Phantasie wie seine Physikkenntnisse wider. Mit den beiden von ihm 1925 publizierten Werken *Das Buch der Chemie* und *Das Buch der Physik* wollte er einem breiten Laienpublikum das chemische und physikalische Grundwissen seiner Zeit vermitteln. Neben historischen Ausführungen finden sich in diesen Büchern aber auch einige leicht nachvollziehbare Versuche eingestreut, so dass Dominiks Werke Interessierte auf vielfältige Weise ansprechen konnten. Mit rund 2,5 Millionen verkauften Exemplaren gehört Dominik bis heute in Deutschland zu den erfolgreichsten populärwissenschaftlichen Autoren. Während Dominik noch heute einem größeren Publikum zumindest vom



Titelseite eines verbreiteten chemischen Experimentierbuches.

Namen her bekannt ist, dürfte der Name Karl Aloys Schenzinger (1886-1962) nur noch wenigen etwas sagen. Schenzinger hatte aber zu seiner Zeit mit seinen so genannten Tatsachenromanen, die Titel wie *Anilin* (1936) oder *Metall* (1939) trugen, großen Erfolg. Gemeinsam ist Dominik und Schenzinger, die mit ihren vom Fortschrittsmythos getragenen Werken nicht wenig zu Technikbegeisterung breiter Kreise beigetragen haben, ihre kritiklose, teilweise begeisterte Unterstützung des Nationalsozialismus.

Die Naturwissenschaften und mit ihnen Experimentierbücher wie auch Experimentierkästen genossen in der Nachkriegszeit bei Kindern und auch Erwachsenen weiterhin große Beliebtheit. Verlegerisch begann mit dem Zusammenschluss von vierzehn deutschen und schweizerischen Verlagen 1962 (bis 1971) unter dem Kürzel *dms – Das moderne Sachbuch – eine neue Phase*, die auch zur Entwicklung eines neuen Berufes, des Wissenschaftspublizisten (und –journalisten) beigetragen hat. Vom Econ-Verleger Erwin Barth wurde das Sachbuch als ein „Werk, das sachkundig geschrieben, einen oder mehrere Wissenschaftsbereiche einem breiten Leserkreis erschließt“, definiert.

Mit Beginn der 1970er Jahre wandte sich jedoch die Aufmerksamkeit der Kinder und Jugendlichen verstärkt anderen Themen zu. Chemische Experimente wie auch das früher so beliebte Basteln kamen darüber oft zu kurz. Ein Übriges tat sicherlich zunehmend auch die Furcht vieler Autoren, für durch Experimente

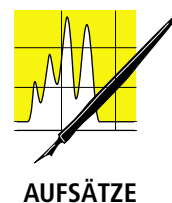
verursachte Unfälle haftbar gemacht zu werden. Die immer harmloseren Experimente hatten immer weniger Anziehungskraft. Das eigene Experimentieren mit chemischen Stoffen gehört heute längst nicht mehr zu den interessanten Hobbies. Die chemischen Experimentierbücher von Römpp, Flechtner und Greiling verschwanden mit der Umweltschutzbewegung vom Markt. Die Folge war aber auch ein gegenüber früheren Generationen verringertes Verständnis für die Grundlagen der Chemie. Dafür entwickelte sich ein umfangreiches Sortiment an Taschenbüchern, in denen die negativen Auswirkungen chemischer Stoffe im Alltag dargestellt wurden.

Im letzten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts entstand jedoch eine neue Art von Experimentierbüchern – zum Beispiel mit Titeln wie Joachim Bublaths *Verblüffende Experimente aus der Naturwissenschaft* (1995), Johann Eibls *Experimente zum Forschen, Tüfteln, Ausprobieren* (2000), Gerald Boschs *1000 spannende Experimente* (2000) sowie Hermann Krekelers *Spannende Experimente – Naturwissenschaft spielerisch erleben* (2000).

Auch Experimentierbücher unserer Zeit haben zweierlei Ziele, die sich auf angenehme Weise miteinander verbinden lassen: die Experimente sollen unterhaltend und belehrend zugleich sein – und sie sollen möglichst ungefährlich sein, was die meisten der Versuche in den Experimentierbüchern bis in die Zeit von Hermann Römpp nicht waren. Es gilt auch heute noch die Aussage eines adeligen Alchemisten, des Grafen Wolfgang II. von Hohenlohe um 1600 – sie sollen Lust machen zu eigenen naturwissenschaftlichen, bei ihm chemischen Experimenten. [8] CLB

#### Literatur

- [1] Helmut Hiltz und Georg Schwedt: >Zur Belustigung und Belehrung< Experimentierbücher aus zwei Jahrhunderten, GNT-Verlag / Deutsches Museum, Berlin, München, Diepholz 2002
- [2] Ernst Glaser: Kann die Wissenschaft verständlich sein? Von der Schwierigkeit ihrer Popularisierung, Econ, Wien, Düsseldorf 1965
- [3] Johann Peter Eckermann: Gespräche mit Goethe in den letzten Jahren seines Lebens, (Hrsg. Otto Schönberger), Reclam, Stuttgart/Leipzig 1998
- [4] Georg Schwedt: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin-Heidelberg 1998
- [5] Georg Christoph Lichtenberg: Schriften und Briefe (Hrsg. Franz H. Mautner), Band 1 Sudelbücher, Fragmente, Fabeln, Verse; Insel-Verlag, Frankfurt 1983
- [6] Andreas Daum: Wissenschaftspopularisierung im 19. Jahrhundert. Bürgerliche Kultur, naturwissenschaftliche Bildung und die deutsche Öffentlichkeit 1848-1914, Oldenbourg, München 1998
- [7] Ildikó Szász: >Chemie für die Dame<. Fachbücher für das >Schöne Geschlecht< vom 16. bis 19. Jahrhundert, Ulrike Helmer Verlag, Königstein/Taunus 1997
- [8] Georg Schwedt: Chemische Experimente in Schlössern, Klöstern und Museen, Wiley-VCH, Weinheim 2002



AUFsätze

## Anmeldungen beim DPMA 2005

## 71 000 Marken, 60 000 Patente

**D**as Deutsche Patent- und Markenamt (DPMA) hat wie in jedem Jahr die Leistungen der Erfinder und die Arbeit seiner Mitarbeiter während des Vorjahres mit Zahlen belegt und diese aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet – die Chemie kommt dabei nicht vor. CLB stellt seinen Lesern einige dieser Zahlen, aber auch neue, bisher nicht veröffentlichte vor.

Im Jahr 2005 gingen beim DPMA fast 71 000 Markenmeldungen ein; das waren gut 7 % mehr als im Vorjahr. Auch bei den Patentanmeldungen nahm die Zahl gegenüber dem Vorjahr zu, sie stieg um fast 1000 auf über 60 000. Auf 100 000 Einwohner der Bundesrepublik Deutschland kamen damit 59 Patentanmeldungen. Dieser Durchschnittswert gilt natürlich nicht für alle Bundesländer. Aus Baden-Württemberg kamen 120, aus Bayern 110 Patentanmeldungen pro 100 000 Einwohner. Die Forscher und Erfinder in diesen beiden Bundesländern schickten mehr als die Hälfte der Patentanmeldungen des Jahres 2005 an die Behörde. Die Statistik wird seit Jahren vom Fahrzeugbau angeführt.

Wie in einem früheren Beitrag in CLB ausgeführt, vergeht viel Zeit, bis ein angemeldetes Patent erteilt wird, denn je nach Sachverhalt ist das Prüfungsverfahren sehr aufwändig.

Die Patentprüfer schafften im vergangenen Jahr eine Trendwende; mit gut 40 000 erledigten Prüfungsverfahren steigerten sie ihr Pensum gegenüber dem Jahr 2004 um über 10 %, so dass zum Jahresende 2005 trotz gestiegener Anmeldezahlen gut 3000 Prüfungsverfahren weniger als im Vorjahr auf ihren Abschluss warteten.

Im Jahr 2005 hat das Deutsche Patent- und Markenamt (einschließlich Bundespatentgericht) 244,9 Mio. Euro eingenommen und 218,1 Mio. Euro ausgegeben, 125,9 Mio. Euro davon für Personal. Alle Einnahmen, die Bundesbehörden (also auch das DPMA) erzielen, fließen dem Gesamthaushalt zu. Der Etat des Bundesministeriums der Justiz, dem das DPMA unterstellt ist, hat den Haushaltsausschuss am 5. April 2006 passiert. Für wichtige Modernisierungsprojekte werden

dem DPMA bis 2009 insgesamt 52 Mio. Euro an zusätzlichen Haushaltsmitteln zur Verfügung gestellt.

## Klassifizierung von Patenten

Bei der großen Zahl allein der deutschen Patente kann man sich gut vorstellen, dass es ohne ein Ordnungsprinzip nicht geht. Ein solches Prinzip wurde 1975 mit der Internationalen Patentklassifikation (IPC) geschaffen. Die IPC wurde danach im 5-Jahresrhythmus revidiert und in einer jeweils neuen Ausgabe veröffentlicht; mittlerweile gibt es 70 000 Einteilungen. In der Datenbank DEPATISnet beim DPMA kann man sich im Internet Informationen holen: Was gehört zu einer bestimmten Sektion/Klasse/Unterklasse (usw.). Zum Beispiel bilden Chemie und Hüttenwesen die Sektion C; „organische makromolekulare Verbindungen; deren Herstellung oder chemische Verarbeitung; Massen auf deren Grundlage“ findet man in der Klasse C08. Man kann auch umgekehrt suchen: Schwefelsäure liefert 21 und DNA liefert 16 Treffer. Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass in den USA die IPC nicht benutzt wird; dort hat man ein eigenes Klassifikationssystem.

Die IPC wurde im Laufe der Jahre für kleinere Patentämter zu komplex, den größeren Ämtern, zum Beispiel dem DPMA, genügte sie nicht, vor allem nicht bei der Recherche. Daher wurde mit Beginn des Jahres 2006 die 8. Version der IPC eingeführt. An der grundlegenden Struktur hat sich nichts geändert, aber es wurden zwei Ebenen eingeführt: Eine Basisversion (Core Level IPC) und eine Vollversion (Advanced Level IPC); letztere ist eine Verfeinerung der ersten. Neu ist auch, dass sich der Revisionszyklus auf drei Monate verkürzt. Den Firmen, die Patentdatenbanken für Recherchezwecke anbieten,

Tabelle 1: Patente und ihre Gebiete. Es wurde nach Wörtern gesucht, wobei ? kein oder beliebig viele Zeichen bedeutet. Angegeben ist die Zahl der im Jahr 2005 erteilten deutschen Patente, bei denen in einem der Textfelder des Datensatzes das angegebene Wort vorkommt (Quelle: DPMA-Publikationen).

analytisch?	4
aromati?	12
atomspektr?	0
bildanaly?	1
biotechnolog?	14
chemie	78
chemisch?	70
chemometr?	0
chiral?	2
chromatogr?	9
destillat?	3
elektrochem?	40
gaschromat?	4
gefriertrockn?	1
laser?	191
laser? UND chemi?	2
massenspektr?	5
molekülspektr?	0
nano?	50
nanopart?	7
nanotechn?	3
nmr	7
photometr?	0
polyester?	16
polyurethan?	24
pvc ODER polyvinylchlorid	1
radioaktivit?	0
rektifikat?	0
spektroskop?	9

brachte die neue IPC-Version eine Menge Arbeit, denn es mussten Millionen von Dokumenten reklassifiziert werden.

### Wer und was im Jahre 2005

Wir haben für das Jahr 2005 verschiedene Statistiken erstellt. Zunächst hat interessiert, wie die Patenthäufigkeit bei verschiedenen Gebieten der Chemie und der Labortechnik ist (Tabelle 1). Weiter wollten wir für eine Reihe von Firmen zeigen, wie viele Marken sie angemeldet haben und wie viele Patente ihnen erteilt wurden (Tabelle 2). Die Auswahl sowohl der Gebiete als auch der Firmen ist natürlich subjektiv. Die Firmennamen sind in der Regel so aufgeführt, wie sie gesucht wurden; Abweichungen sind erkennbar.

Aus der Markenstatistik geht hervor, dass die Forschungsgesellschaften kaum Marken anmelden, die Pharmafirmen umso mehr. Das ist verständlich, denn erstere wollen ja keine Endprodukte verkaufen, sondern allenfalls Lizenzen für Verfahren, während jedes Medikament für den Verkauf einen Namen haben muss. Das Beispiel Olympus zeigt, dass auch ausländische Hersteller Marken in Deutschland anmelden.

Bei der Suche nach Marken war das Suchkriterium (außer dem Firmennamen) das Anmeldedatum. Marken erlangen ihren Schutz mit der Anmeldung. Da sie nach der Anmeldung nicht geprüft werden, werden sie durchschnittlich nach einigen Monaten in das Register eingetragen und einige Wochen danach veröffentlicht. Die dargestellte Statistik enthält keine EU-Gemeinschaftsmarken und keine international registrierten Marken.

Bei der Patentstatistik haben wir nicht das Anmelde-, sondern das Erteilungsdatum als Kriterium gewählt, obwohl das DPMA für seine Zahlen die Anmeldung verwendet und die 20-jährige Laufzeit eines deutschen Patents mit dem Anmeldetag beginnt. Wir wollten aktuell sein, denn das Patentverfahren ist durchschnittlich erst nach 2 bis 2 1/2 Jahren abgeschlossen.

In der Patentstatistik tauchen die Abkürzungen DE und EP auf. Im ersten Fall handelt es sich um deutsche Patente, bei denen eine technische Erfindung nur im Inland geschützt ist. EP steht für Europapatent oder europäisches Patent. Dieses Patent wird aufgrund des europäischen Patentübereinkommens erteilt, das am

	M	DE	EP
Agilent	2	37	97
Aventis	0	16	106
BASF	57	31	361
Bayer	32	25	333
Boehringer Ingelheim	48	2	49
Degussa	15	18	100
Forschungszentrum Jülich	0	29	24
Forschungszentrum Karlsruhe	4	43	20
Fraunhofer-Gesellschaft	33	271	103
Goldschmidt	5	2	15
Henkel KGaA	137	31	102
Hexal	20	0	3
Gerätebau Knauer	3	0	0
Lanxess	4	0	37
Max-Planck-Gesellschaft	0	8	23
Merck KGaA (inkl. Tochterges.)	177	-	-
Merck Patent GmbH	-	25	74
Merz Pharma	76	0	4
Novartis	24	1	73
Olympus	11	12	31
Ratiopharm	5	0	0
Sanofi-Aventis	2	0	60
Sanofi Pasteur	0	0	4
Schering	46	14	65
Schwarz Pharma	30	2	6

Tabelle 2: Marken- und Patentstatistik 2005.  
M = im Jahr 2005 in Deutschland angemeldete Marken.  
DE = im Jahr 2005 erteilte deutsche Patente.  
EP = im Jahr 2005 erteilte europäische Patente.  
(Quelle: DPMA-Publikationen)

Tabelle 3: Große Patentanmelder. Auszug aus einer vom DPMA veröffentlichten Rangliste, die von 1 bis 50 reicht. Es handelt sich um im Jahr 2005 beim DPMA veröffentlichte Patentanmeldungen mit Wirkung für die Bundesrepublik Deutschland. Hinweis: Ohne Berücksichtigung eventueller Konzernverbundenheiten.

Rang	Anmelder	Sitzland	Anmeldungen
1	Siemens AG	DE	2398
2	Robert Bosch GmbH	DE	2149
3	DaimlerChrysler AG	DE	1899
4	Infineon Technologies AG	DE	1448
5	Volkswagen AG	DE	859
6	BASF AG	DE	631
10	Fraunhofer-Gesellschaft e.V.	DE	384
18	Henkel KGaA	DE	215
23	Degussa AG	DE	198
26	Agilent Technologies Inc.	US	175
27	Schott AG	DE	165
38	Merck Patent GmbH	DE	131
45	Bayer MaterialScience AG	DE	117

7.10.1977 in Kraft getreten ist und dem 17 Länder beigetreten sind. Die Anmeldung erfolgt beim Europäischen Patentamt in München; dort werden jährlich etwa 60 000 Anmeldungen eingereicht. Der Anmelder kann bei der Anmeldung bestimmte Länder aus der Liste der 17 auswählen; das ist auch eine Kostenfrage. Nach Erteilung des europäischen Patents muss der Inhaber sein Patent in den von ihm benannten Ländern noch „nationalisieren“; er muss es aber nicht in allen gewählten Ländern tun. Von da an gilt nationales Recht. Schon die kurzen Erläuterungen zeigen, dass es ein zentrales, einheitliches Patent für ganz Europa (noch) nicht gibt.

Zum Schluss noch der Hinweis auf Tabelle 3, die ein Auszug aus einer vom DPMA veröffentlichten aufschlussreichen Liste ist. Die volle Liste ist zu finden unter <http://www.dpma.de/infos/pressdienst/blick.pdf>  
*Reinhold Ellmer*

## Namen suchen – Bildung gewinnen

### Kennen Sie den? (Teil 3)

1	2	3	4	5	6	7

**A**uch beim dritten Wissensschatzrätsel werden zu jedem gesuchten Namen Fakten aus dem Leben der oder des Gesuchten mitgeteilt. Natürlich ist die Schilderung der Leistungen nie vollständig, und es werden auch nicht alle Auszeichnungen erwähnt, denn dann wäre das Rätsel sicher zu leicht. Wie bei den vorangegangenen Folgen werden sieben Buchstaben für das oben rechts stehende Raster benötigt. Die sieben Buchstaben ergeben den Namen einer weiteren Wissenschaftlerin oder eines Wissenschaftlers, der möglicherweise bereits erkennbar wird, wenn noch nicht alle sieben Buchstaben gefunden wurden.

#### Von Reinhold Ellmer

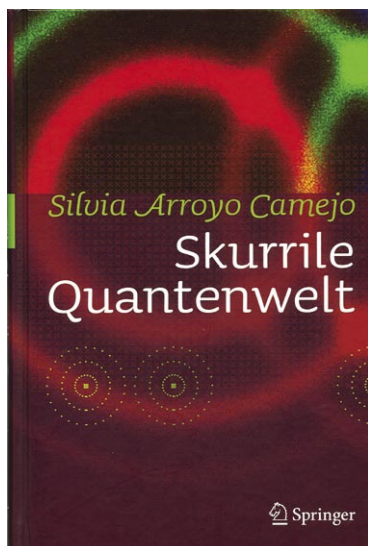
1. Für den ersten Buchstaben unseres Rasters suchen wir einen russischen Chemiker, dessen Name in den Lehrbüchern unterschiedlich geschrieben wird. Jeder Schüler hört seinen Namen, wenn bestimmte Eigenschaften der Elemente besprochen werden, zum Beispiel dass man sie in Gruppen zusammenfassen kann. Der Name des Gesuchten wird, um historisch korrekt zu sein, zusammen mit dem Namen eines deutschen

Chemikers genannt, der die Möglichkeit der Gruppenbildung der Elemente ebenfalls herausfand. Der Gesuchte wurde in Sibirien geboren; mit rund 30 Jahren wurde er Professor in St. Petersburg; hier starb er auch. Aufgrund der von ihm gefundenen Erkenntnisse sagte er die Existenz mehrerer Elemente voraus, die dann später entdeckt wurden. Er hat sich jedoch nicht nur mit den Elementen beschäftigt, sondern zum Beispiel auch mit der Wärmeausdehnung von Flüssigkeiten, mit Erdöltechnologie und Lagerstättenkunde. Nach dem Gesuchten ist ein künstlich hergestelltes, radioaktives Element benannt. Der erste Buchstabe des gesuchten Namens gehört unter die 1 im auszufüllenden Raster.

2. Wir gehen in der Geschichte der Chemie etwas weiter zurück als vorher und suchen einen Großen, der es in seiner Kindheit und während des Studiums nicht leicht gehabt hat, aber trotzdem viel erreichte. Er lernte die Sprachen Deutsch, Französisch und Englisch, was ihm später sehr nützlich war. Er reiste durch England nach Paris und konnte während dieser Zeit viele Wissenschaftler von Rang kennen lernen. Der Gesuchte entwickelte ein umfangreiche literari-

sche Tätigkeit. Sein sechsbändiges Lehrbuch der Chemie erreichte zu seinen Lebzeiten fünf Auflagen. Zu seinen Werken gehört auch ein Buch über die Lötrohranalyse. Er entdeckte mehrere Elemente, entweder allein oder zusammen mit anderen. Vor allem aber hat er allein die Atomgewichte vieler Elemente bestimmt; die Mehrzahl der Werte lag den heutigen ganz nahe. Einem deutschen Großen, der in der Diskussion aggressiv sein konnte, musste der Gesuchte schreiben: „Sie müssen aufhören, chemischer Scharfrichter zu seyn, Sie stehen hoch genug, um gesehen zu werden ohne zu gebrauchen, andere ringsum Stehenden niederzudrücken, um besser in die Augen fallend zu werden.“ Ein anderer Deutscher hat über den Gesuchten gesagt: „Lernt man ihn näher kennen, so weiß man in der That nicht, ob man mehr seinen Geist oder seine Anspruchslosigkeit und Herzensgüte bewundern soll.“ Man kann sagen, dass der Gesuchte mit allen seinen Taten die Entwicklung der Chemie seiner Zeit entscheidend beeinflusst hat. Der zweite Buchstabe aus dem Namen des Gesuchten ist auch der zweite Buchstabe im gesuchten Lösungswort.

3. Beim dritten Buchstaben kommt zur Abwechslung mal wieder eine Frau zu Ehren, mehr noch, eine lebende Wissenschaftlerin, und sie hat noch nicht das (derzeit gültige) Rentenalter erreicht. Die Gesuchte studierte in Frankfurt und Tübingen. Ihre Doktorarbeit fertigte sie an einem Max-Planck-Institut an; die Promotion erfolgte 1973. Sie forschte in Basel, Freiburg, Heidelberg und Tübingen, rund 5 Jahre war sie Dozentin an verschiedenen US-amerikanischen Universitäten. Seit über 20 Jahren ist die Wissenschaftlerin Direktorin an einem Max-Planck-Institut in Tübingen. Die Ergebnisse ihrer



**Das Buch von Silvia Arroyo Camejo, das sie als 17jährige fertigstellte, kennen Sie aus CLB 02-2006 (S. 75) – oder aus den Bestsellerlisten des „Spiegel“. Jetzt können Sie es gleich 2 x gewinnen.**



**Als weitere Preise gibt es 3 x das CLB-Buch „Alles Repetito – oder was?“**

**(Anschrift/ E-Mail siehe Impressum Seite 163).**



biologischen Grundlagenforschungen haben auch für die Humanmedizin eine Bedeutung, denn sie ermöglichten unter anderem neue Erkenntnisse bezüglich der Missbildung von Neugeborenen. Die Wissenschaftlerin hat zahlreiche Preise erhalten, darunter auch (zusammen mit einem Deutschen und einem Amerikaner) den Nobelpreis; sie ist Mitglied im Nationalen Ethikrat. Ihr Buch „Das Werden des Lebens. Wie Gene die Entwicklung steuern.“ ist lesenswert. Der siebte Buchstabe Ihres Namens gehört unter die 3 im Raster für das Lösungswort.

4. Für den vierten Buchstaben des Rasters suchen wir einen Physiker. Er wurde im vorvorigen Jahrhundert, vier Jahre vor der Konstituierung der Frankfurter Nationalversammlung, in Wien geboren. Die Wirkungsstätten dieses Physikers waren Graz, Wien, München, wieder Wien, Leipzig und erneut Wien; nach Graz wurde er im Alter von nur 25 Jahren zum ordentlichen Professor für mathematische Physik berufen. Der Gesuchte hat in seinem Leben viel geleistet. Einige Begriffe sind nach ihm, mitunter zusammen nach einem anderen Forscher, benannt; eine ganz bestimmte Konstante trägt nur seinen Namen. Es ist überliefert, dass er mit anderen Wissenschaftlern hart diskutiert hat. Das war in einer Zeit, als man darum stritt, ob Atome und Moleküle wirklich existieren; unser Physiker war fest von der Wirklichkeit der Atome überzeugt. Er hat viel von sich verlangt, nicht alles ist ihm gelungen, und das soll der Grund dafür gewesen sein, dass seine Stimmung oft schwankte und von Fröhlichkeit bis Traurigkeit reichte. Während eines Urlaubs im sechsten Jahr des vorigen Jahrhunderts nahm er sich das Leben. In das vierte Feld des Rasters gehört der vierte Buchstabe aus dem Namen des Physikers.

5. Im Laufe der vergangenen Jahrhunderte gab es Menschen, die wichtige Zusammenhänge ent-

deckt und damit Großes für die Menschheit geleistet haben, und daher wird man auch noch in den kommenden Jahrhunderten ihren Namen nennen. Einen solchen Mann suchen wir für den fünften Buchstaben unseres Lösungsrasters. Der Sohn eines englischen Bauern war auf den Gebieten Physik, Mathematik und Astronomie tätig. Die Liste seiner Taten ist sehr lang. Würden wir die wichtigsten Entdeckungen hier nennen, wäre unserer Rätsel zu leicht. Daher eine nicht so bekannte Tatsache: Der Gesuchte gilt als Entwickler einer damals neuen Form des Rechnens, die heute Mathematikstudenten als Grundkurs angeboten wird. Und wegen der Priorität dieser Rechenweise lieferte sich der Gesuchte mit dem Deutschen G. W. Leibniz einen schlimmen Streit. Wie das schon mal ist bei Menschen, selbst wenn sie Großes vollbringen, sind sie nicht immer die freundlichsten. Der deutsche Wissenschaftshistoriker Ernst Peter Fischer schreibt, dass der Gesuchte ekelhaft gewesen ist und berichtet, dass viele Historiker der Meinung sind, dass er ein großer Karriere-rist war. Nun, er war Vorsteher der königlichen Münzanstalt und rund 25 Jahre lang Präsident der Royal Society. Unser Mann wurde deutlich über 80 Jahre alt. Voltaire hat beobachtet, dass er wie ein König begraben wurde, der beim Volk sehr beliebt war. Schreiben Sie den ersten Buchstaben des gesuchten Namens in das fünfte Buchstabenfeld des Rasters.

6. Wir suchen nun den Sohn eines Schullehrers, der aufgrund seiner Begabung eine kostenlose Ausbildung an der militärärztlichen Akademie des preußischen Staates erhielt, danach in Bonn und Berlin seine ärztliche Ausbildung fortsetzte. Rund zehn Jahre hat er als Stabsarzt gearbeitet, bis er Assistent eines berühmten Arztes wurde. Später kam es zwischen beiden zu Differenzen. Der Gesuchte arbeitete später in einer hessischen Universitätsstadt. Hier hatte er die Leitung des Hygienischen Instituts

der Universität inne. Schon vorher hatte er die Erkenntnis gewonnen, dass das Blutserum von Tieren dafür verantwortlich ist, dass sie gegen bestimmte Krankheiten immun sind. In der Folge entdeckte er das Prinzip der passiven Immunisierung. So konnten die schlimmen Auswirkungen einer vor allem bei Kindern und einer anderen, bei verwundeten Soldaten auftretenden Krankheit überwunden werden. Vor etwas über 100 Jahren gründete der Arzt eine Firma, die seinen Namen trug. Aufgrund der wirtschaftlichen Ausnutzung seiner Erkenntnisse wurde der Gesuchte ein wohlhabender Mann. Wir suchen für das sechste Buchstabenfeld den zweiten Buchstaben seines Namens (bevor er geadelt wurde).

7. Zum Schluss unseres Rätsels suchen wir einen deutschen Chemiker, der außerordentlich viel für die analytische Chemie geleistet hat. Unter anderem hat er den Trennungsgang der Kationen begründet. Im zweiten Semester seines Studiums schrieb er das Buch „Anleitung zur qualitativen chemischen Analyse“; es war ein Lehrbuch für Anfänger und besonders klar geschrieben. Bis zum Tod des Gesuchten erlebte dieses Buch 16 Auflagen; es wurde in acht Sprachen übersetzt, sogar ins Chinesische! Der Chemiker hat auch eine Zeitschrift begründet, die heute in Englisch erscheint. Und er hat ein Laboratorium für die Ausbildung gegründet. Dieses startete mit fünf Studenten und einem Assistenten, wuchs dann von Jahr zu Jahr und erhielt Untersuchungsaufträge aus der Industrie. Beide Zweige, nämlich der für die Ausbildung und der für die Untersuchung, existieren noch heute, allerdings an anderen Orten. Das Labor (heute Institut) gehört zu den führenden Anbietern für nicht-medizinische Laboranalytik in Europa, der Ausbildungsbereich ist heute eine Fachhochschule. Übrigens: Alle Söhne des Gesuchten wurden Chemiker. Schreiben Sie den zweiten Buchstaben des gesuchten Namens in das letzte Feld des Rasters. **CLB**

## Analytica 2006 in München: Fast ein Fünftel weniger Aussteller als 2004 Verstärkte Präsentation der Biotechnologie

**D**eutliche Rückgänge bei Aussteller- und Besucherzahlen musste die Analytica 2006 hinnehmen. Rund 19 Prozent weniger Aussteller – nur 908 – und 26 000 Besucher in diesem Jahr standen 1 118 Ausstellern und ca. 30 100 Besuchern 2004 gegenüber. Mit 383 Ausstellern bewegte sich die 20. Analytica jetzt mehr in Richtung Life Sciences und Biotechnologie.

Die Analytica feierte jetzt ihr 20. Jubiläum; 1968 startete sie mit 90 Ausstellern und 4000 Besuchern. Messe-München-Geschäftsführer Klaus Dittrich (kl. Bild re.) schnitt dafür mit dem Preisträger der „Molecular Bioanalytics 2006“ (von Roche gesponsort), Dr. Thomas Tuschl (kl. Bild li.), die Geburtstagstorte an, die Ellen Richter-Maierhofer, Marketing-Managerin der Messe, hungrigen Journalisten in den Raum der Pressekonferenz brachte :-)

Die 20. Analytica markiert auch eine personelle Veränderung: Klaus Dittrich übergab am letzten Messetag die Verantwortung für die nächste Analytica und die Auslandsmessen der Analytica an seinen Geschäftsführungs-Kollegen Hans-Joachim Heusler (Fotos: Kickuth).

Zum Vergleich: 1998, im Boomjahr des Neuen Marktes, gab es 71 Aussteller aus der Biotechnologie. Das Umfeld von Analytik und Biotechnik verbreitert sich offenbar. So war beispielsweise SAP jetzt erstmals als eigener Aussteller auf der Analytica präsent. Ebenso gab es Aussteller, die als Zulieferer für die Herstellung biotechnischer und analytischer Geräte fungieren. Demgegenüber führen Firmenfusionen zu weniger Anbietern von Analysentechnik. Dennoch wächst nach Angaben von Spectaris, dem Deutschen Industrieverband für optische, medizinische und mechatronische Technologien e.V., das Marktvolumen für analytische Geräte und Labortechnologie. In diesem Jahr soll es weltweit acht Milliarden Euro betragen, und 2011 schätzt der Verband es auf elf Milliarden Euro. Das entspricht

einer jährlichen Wachstumsrate von fünf Prozent. Knapp nach den USA mit 33 Prozent hat Europa daran einen Marktanteil von 32 Prozent. Auch in Deutschland hat die deutsche Analysen-, Bio- und Laborgeräteindustrie zugelegt: Von 2002 kletterte der Inlandsumsatz um 8,6 Prozent auf nunmehr 2,25 Milliarden Euro, der Gesamtumsatz der entsprechenden deutschen Industrie (mit Exportumsatz) kletterte auf 4,69 Milliarden Euro. Für dieses Jahr erwartet Spectaris beim Inlandsumsatz ein Plus von sechs Prozent, beim Auslandsumsatz ein Plus von zehn Prozent – und immerhin ein Prozent mehr Beschäftigte.

Die Innovationen auf der diesjährigen Analytica waren laut Klaus Dittrich, Geschäftsführer der Messe München, geprägt von Optimierungen der Wirtschaftlichkeit.



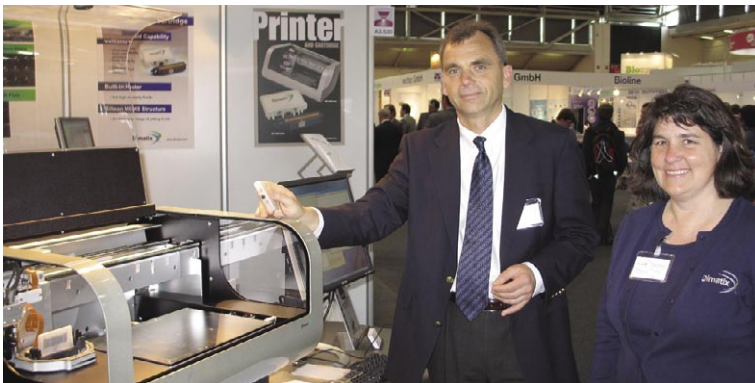
Nicht nur die Analytica feierte, sondern auch die Bischoff Analysentechnik und -geräte GmbH. Die Firma aus Leonberg mit ihren Geschäftsführer Klaus Bischoff (3.v.r.) besteht jetzt seit 25 Jahren!



Beispiele dafür seien „PCR on a chip“ und Analysen mit Nanolitermengen. Ebenso beobachte man eine Beschleunigung der Analyseprozesse, etwa durch Automatisierungen oder schnellen Probevorbereitungen. In der Biotechnologie stoße man in neue Geschwindigkeitsdimensionen bei der Gen-Sequenzierung vor; es gebe auch immer mehr Systeme für die „Point of Care-Analytik“. RK



Erstmals auf der Analytica als Aussteller vertreten war die Walldorfer SAP (rechts Silke Rastätter, Marketing Manager Process Industries).



Als Zulieferer für die Biotechnik stellte sich die kalifornische Firma Dimatix vor (Foto oben, mit Vice President Corp. Strat. Business Dev. Martin Schöppler und Dr. Jan Sumerel, Manager for Biomedical Sciences). Sie präsentierten einen Drucker mit Piezo-Druckkopf, der komplett aus Silizium besteht und eine große Bandbreite von chemischen und biologischen Flüssigkeiten verarbeiten kann. Die Kunden können die Druck-Cartridges individuell befüllen lassen. Anwendungen liegen bei RFID-Tags, DNA-Arrays oder auch optischen Mikrolinsen. Neben dem Druck von DNA-Substanz ist auch bereits der Druck funktionaler Nanopartikel gelungen.

Beständig steigende Umsatzzahlen konnte Jan Volker Geil verkünden, Vizedirektor der Metrohm AG (Foto unten, re.; daneben v.r.: Dr. Hans-Jürgen Knabe, Dr. Kai Henning Viehweger, Dr. Christian Haider und Uwe Loyall). Demnach kletterte der Umsatz der Metrohm-Gruppe 2005 auf 227 Millionen Schweizer Franken (kleines Bild). Metrohm mit 1200 Angestellten beschäftigt 22 Prozent seiner Mitarbeiter in der Entwicklung; der F&E-Umsatzanteil sei noch höher, so Geil. „Riesenprojekte“ bezögen sich mittlerweile auf die Software-Entwicklung. Die Deutsche Metrohm hat jetzt laut Geschäftsführer Knabe ein neues Tochterunternehmen: die DMPA (Deutsche Metrohm Prozess-Analytik, neben der DMIA (Dt.Metr. Ionen-Analytik). Ziel sei eine noch intensivere Kundenbetreuung. Als Produktneueheit stellte Metrohm u.a. ein System für thermometrische Titration vor.



## Krebs: Mechanismen und Möglichkeiten

- **Capsaicin**, der Scharfmacher in Chilischoten, kann bei Prostatakrebszellen zur Apoptose führen, dem programmierten Zelltod. Apoptose dient gesunden Körperzellen zur natürlichen Erneuerung: Ältere Zellen sterben ab, um Zellnachwuchs Platz zu machen. Bei Tumorzellen ist dieser Mechanismus unterdrückt, weil die entsprechenden Gene ausgeschaltet sind. Capsaicin scheint diesen Mechanismus in Prostata Tumoren wieder in Gang zu setzen, stellten Wissenschaftler der University of California im Tierversuch fest.

- **Chemotherapie bei Brustkrebs** ist eine belastende Behandlung und hilft in nur etwa 30 Prozent der Fälle. Es wäre nützlich, bereits vor der Behandlung Anhaltspunkte zu haben, wer von der Behandlung profitiert. Wissenschaftler des Deutschen Krebsforschungszentrums identifizierten ein spezifisches Genaktivitätsprofil, das Tumoren charakterisiert, die auf ein bestimmtes Therapieschema mit vollständiger Rückbildung reagieren. Das Aktivitätsmuster der Chemotherapie-sensiblen Tumoren umfasst 512 Gene.

- **Der Wnt Signalweg** ist eines der wichtigsten Kommunikationssysteme in der Entwicklung eines Organismus. Falsch kontrollierte Komponenten dieses Signalwegs sind verantwortlich für rund 90 Prozent aller Fälle von Dickdarmkrebs sowie vieler anderer Tumore. Ein Forschungsteam der Universität Zürich hat ein neues Protein namens Parafibromin im Wnt Signalweg entdeckt, das an die zentrale Komponente des Wnt Signalwegs bindet, das beta-catenin Molekül. Aufgrund dieser zentralen Rolle kann Parafibromin als wichtiges Protein für potenzielle Therapieansätze von Dickdarmkrebs angesehen werden.

- **Zielgerichtete Therapien bösartiger Tumore** gewinnen zunehmend an Bedeutung. Am Beispiel des Lymphdrüsenrebs untersuchten Wissenschaftler vom Klinikum der TU München die Rolle des Signalmoleküls STAT3 am Mausmodell. STAT3 leitet Signale innerhalb einer Zelle aus dem Zellplasma direkt in den Zellkern. Dort bindet STAT3 an die DNA und schaltet bestimmte Gene an, die für die Entstehung einer bösartigen Zelle notwendig sind. Die bösartigen Zellen, die nicht mehr über STAT3 verfügten, können die krankmachenden Signale nicht mehr in den Zellkern leiten.

- **Kortisonpräparate** im Rahmen einer Krebstherapie lösen in entarteten Zellen des blutbildenden Systems die Apoptose aus. Zudem mildern die Medikamente Nebenwirkungen wie Übelkeit und Erbrechen und bewahren vor Ödembildung sowie Allergien gegen bestimmte Zytostatika. Nun haben Wissenschaftler des Deutschen Krebsforschungszentrums und des Universitätsklinikums Heidelberg herausgefunden, dass Glukokortikoide bei soliden Tumoren häufig zu einer Resistenz gegenüber einer Chemo- oder Strahlentherapie führen. Außerdem erhöhen sie die Neigung eines Tumors, Tochterzellen in andere Körperregionen zu streuen.

## Namensgeber von SI-Einheiten (Teil ?)

# Charles Augustin de Coulomb (1736-1806)

Charles Augustin de Coulomb (Abbildung 1) wurde am 14. Juni 1736 im südfranzösischen Angoulême in einer wohlhabenden Familie geboren. Nach dem Studium der Mathematik und der Naturwissenschaft in Paris wählte er den Militärberuf. Als Offizier des technischen Dienstes leitete er die Festungsbauarbeiten auf der Insel Martinique, wo er neun Jahre verbrachte.

Bereits während seines Aufenthaltes auf Martinique beschäftigte er sich nebenbei mit wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiet der technischen Me-

chanik, hauptsächlich mit einigen Problemen der Statik.

Im Jahre 1776 kehrte er nach Frankreich zurück. Hier beteiligte er sich an einem Wettbewerb, den die Französische Akademie der Wissenschaften mit dem Ziel der Vervollkommnung von Navigationseinrichtungen ausgeschrieben hatte. Coulomb konnte das gestellte Problem erfolgreich lösen und studierte daneben den Magnetismus ausführlicher, insbesondere die Abhängigkeit der Eigenschaften der Magneten von der Temperatur.

Für seine erfolgreiche Neukonstruktion des Kompasses und andere Arbeiten wurde er 1782 zum Mitglied der Akademie ernannt. Obwohl er auch weiterhin im Militärdienst verblieb, hatte er so doch größere Möglichkeiten zum Experimentieren und wurde in der wissenschaftlichen Welt bekannt.

Im Jahre 1784 veröffentlichte Coulomb eine Arbeit über die Abhängigkeit des Torsionsmoments eines Drahtes von dessen Durchmesser, Länge und Torsionswinkel sowie von einer konstanten Größe, die von den physikalischen Eigenschaften des Drahtmaterials abhängig ist.

Er machte Untersuchungen über die Statik fester Körper, Festigkeit von Werkstoffen, Gleit- und Haftreibung und formulierte das Reibungsgesetz.

Im Jahr 1779 verfasste Coulomb die Arbeit „Theorie der

einfachen Maschinen“, die seine wesentlichen Erkenntnisse auf dem Gebiet der Mechanik zum damaligen Zeitpunkt zusammenfassten. Mit einem selbstersonnenen Ladungsmesser (Coulombmeter) bestimmte er den Zusammenhang zwischen Stromstärke und Stoffabscheidung bei der Elektrolyse. Seinen Untersuchungen und Erkenntnissen über die Eigenschaft von elastischen Körpern beim Verdrehen entsprang die Konstruktion einer Drehwaage (Abbildung 2).

Mit dieser konnte er kleine Kräfte zwischen elektrischen Ladungen relativ genau messen und das nach ihm benannte Grundgesetz der Elektrostatik im Jahr 1785 aufstellen.

In seiner allgemeinen Form besagt das Coulombsche Gesetz, dass die zwischen zwei elektrischen Ladungen wirkende Kraft proportional den beiden Ladungsmengen und umgekehrt proportional dem Abstand der Ladungen ist. Haben die Ladungen ungleiche Vorzeichen, entsteht eine Anziehungskraft, bei gleichen Vorzeichen eine Abstoßungskraft (Abbildung 3).

Coulomb entdeckte weiterhin, dass sich die elektrische Ladung in den Körpern nicht entsprechend ihrer chemischen Zusammensetzung aufteilt, sondern bei einer wechselseitigen Berührung infolge der elektrischen Abstoßungskräfte von einem auf den anderen Körper übergeht. Eben-

Abbildung 1: Charles Augustin de Coulomb (1736–1806).



Abbildung 2: Prinzip der Drehwaage mit Lichtzeiger zur Ladungsmessung.

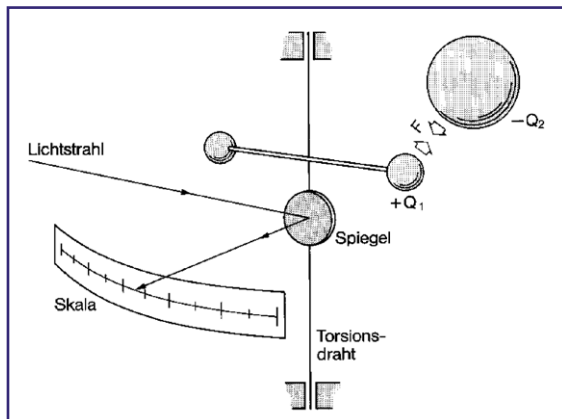
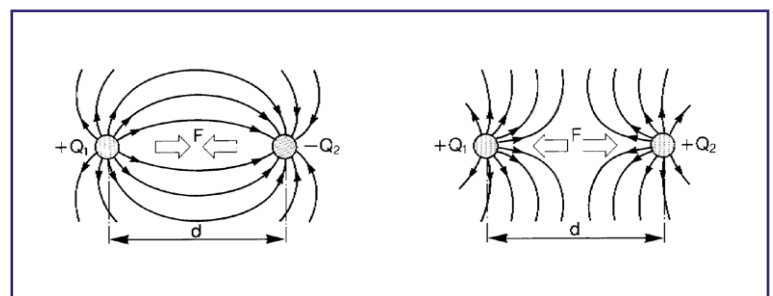


Abbildung 3: Kraftwirkung zwischen Ladungen.



so klärt er auf, dass die elektrische Feldstärke in einem Punkt in der Nähe der Oberfläche eines geladenen Leiters der Flächenladungsdichte auf dem Leiter proportional ist.

Neben seiner wissenschaftlichen Tätigkeit bekleidete Coulomb auch öffentliche Ämter: Er nahm eine bedeutende Stelle im Ministerium für Unterrichtswesen ein und hatte die Funktion des Generalinspektors für Gewässer und Quellen. Die öffentliche Tätigkeit gab er später auf, nachdem er bei den höheren Regierungsstellen in Ungnade gefallen war. Als im Jahre 1789 die Französische Revolution ausbrach, zog er sich auf sein Gut bei Blois zurück, wo er sich ganz der wissenschaftlichen Arbeit widmete.

Im gleichen Jahr erschien sein bedeutendstes Werk, in dem er die Vorstellung von der Existenz zweier Elektrizitätsarten auch auf den Magnetismus ausdehnte und ein Gesetz formulierte, nach dem die Wirkung zwischen den Magnetpolen der Wirkung zwischen zwei elektrischen Punktladungen analog ist.

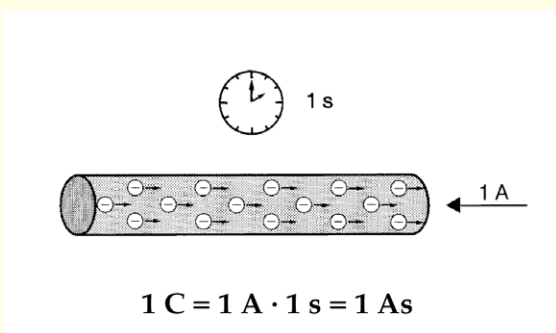
Coulomb hat mit seinen wissenschaftlichen Arbeiten in die Fachgebiete Elektrizität und Magnetismus exakte quantitative Methoden eingeführt und die Prinzipien der Newtonschen Mechanik auch auf die Elektrizität und den Magnetismus angewendet. Seine Drehwaage wurde in den empfindlichsten elektrischen Messgeräten eingesetzt und fand in vielen Gebieten der Physik erfolgreich Anwendung. Nach dem Machtantritt Napoleons erhielt Coulomb seine Ämter wieder zurück, die er bis an sein Lebensende bekleidete. Er starb am 23. August 1806 in Paris.

### Coulomb

Coulomb (C) ist die abgeleitete SI-Einheit der elektrischen Ladung oder der Elektrizitätsmenge.

#### Definiton des Coulomb (C)

1 Coulomb ist die Elektrizitätsmenge oder elektrische Ladung, die bei einer zeitlich konstanten Stromstärke 1 Ampere (A) während der Zeit 1 Sekunde (s) durch einen Leiter fließt.



### Proteine, Gene und Hormone

**Bei Pulmonaler Hypertonie** leiden die Patienten unter Kurzatmigkeit und Atemnot. Eine frühe Diagnose kann lebensentscheidend sein. Patienten mit bestimmten Mutationen im Erbgut, so die Experten auf einer Wiesbadener Fachtagung, könnten in Zukunft frühzeitig auf erste Anzeichen der Erkrankung hin untersucht werden.

**Es gibt einen Zusammenhang** zwischen Schäden an der DNA von Mitochondrien und dem Altern bzw. der Parkinson-Erkrankung. Offenbar kommt es im Lauf der Zeit zu einem Verlust von Teilen des Erbgutes in den Mitochondrien von Nervenzellen. Damit geht ein Prozess des selektiven neuronalen Zelltods einher, der ein typisches Merkmal des Alterns ist. Auch die für die Parkinson-Erkrankung relevanten Nervenzellen sind dafür besonders anfällig. Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass durch Verbesserung des Energiestoffwechsels und durch Verminderung oxidativer Schädigung eine Neuroprotektion bei neurodegenerativen Erkrankungen und beim Alterungsprozess zu erreichen ist.

**Adipositas** gilt unter anderem als eine der Ursachen für Bluthochdruck, Typ-2-Diabetes, Herzinfarkt und einige Krebsarten. Ein internationales Forscherteam analysierte rund 100 000 Genvarianten im menschlichen Erbgut. Sie entdeckten bei etwa 10 Prozent der Bevölkerung eine Erbgutveränderung in der Nähe eines Gens, das den Fettstoffwechsel steuert. Die gefundene Genvariante rs7566605 trägt dazu bei, dass Personen 30 Prozent häufiger übergewichtig sind andere, die diese Genvariante nicht tragen.

**Die Atherosklerose** ist die Ursache vieler Erkrankungen wie Herzinfarkt, Schlaganfall oder Bluthochdruck. Sie ist zum einen umwelt- zum anderen genetisch bedingt. Forscher der Universität Leipzig wiesen im Mausversuch nach, dass das Anfälligkeits-Gen für Atherosklerose nur vom gegenteiligen Geschlecht vererbt werden kann. Trägt ein männlicher Nachkomme dieses Gen, muss zuvor die Mutter dieses Gen getragen haben. Umgekehrt erfordert ein weiblicher Nachkomme mit diesem Gen einen entsprechenden männlichen Vorfahren.

**Eine erhöhte Blutgerinnung** kann sehr gefährlich werden: Thromben können Gefäße in Hirn oder Herz verstopfen; Folge sind Herzinfarkt oder Schlaganfall. Cumarine unterdrücken die Bildung der Gerinnungsfaktoren II, VII, IX und X und verbessern so die Fließfähigkeit des Blutes. Nachteilig ist die schwierige Doseinstellung, da die Patienten unterschiedliche Cumarinmengen benötigen. Eine zu hohe Dosis kann zu schweren Blutungen führen. Mediziner der Universität Bonn haben herausgefunden, warum Cumarine so unterschiedlich wirken: Das Gen für das Protein VKORC1, das bei der Blutgerinnung eine wesentliche Rolle spielt, kann in verschiedenen Varianten vorkommen, von denen manche auf die Gerinnungshemmer stärker ansprechen als andere.

### Trendbarometer Förderungen

- **Das Potato Genome Sequencing Consortium** (PGSC) erhält von der **holländischen Regierung** 3 Millionen Euro für die Sequenzierung des ersten Kartoffel-Genoms bis 2010. Das Konsortium besteht aus weltweit 16 beteiligten Ländern. Die Ergebnisse werden als Grundlage für die Zucht neuer krankheitsresistenter Kartoffelarten dienen.
- **Das Forschungsprojekt INOS** (Identifizierung und Bewertung von Gesundheits- und Umweltauswirkungen von technischen nanoskaligen Partikeln), welches sich mit Gesundheits- und Umweltauswirkungen von Nanopartikeln beschäftigt, ist auf 3 Jahre angelegt und wird vom **Bundesforschungsministerium** mit über einer Million Euro gefördert. Am Ende soll eine wissenschaftlich fundierte Datenbank entstehen, in der sich jeder öffentlich über potentielle Risiken von Nanopartikel informieren kann. Forschungseinrichtungen und Unternehmen der Werkstoffwissenschaften, der Umweltwissenschaften und der Medizin aus Dresden und Leipzig haben sich deshalb zu einem Forschungskonsortium zusammengeschlossen.
- **Das Bundesministerium für Bildung und Forschung** (BMBF) fördert die **Forschung für Dienstleistungen** in den kommenden fünf Jahren mit rund 70 Millionen Euro, um Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit in Deutschland zu stärken. Der Dienstleistungssektor hat in Deutschland ein großes Potenzial, die meisten Arbeitsplätze der Zukunft werden im Dienstleistungsbereich entstehen.
- **Das Bundesministerium für Bildung und Forschung** (BMBF) fördert den **Einsatz von Stammzellen in der Medizin** mit dem Programm „Zellbasierte, regenerative Medizin“. Zehn Forschergruppen werden bis zum Jahr 2008 mit knapp 12 Millionen Euro gefördert. Mit Hilfe von Stammzellen können körpereigene Selbstheilungskräfte aktiviert und Ersatzgewebe für die Transplantation erzeugt werden.
- Die Tomate beugt Herz-Kreislauf-Erkrankungen vor, was dem **Tomateninhaltsstoff und Pflanzenfarbstoff Lycopin** zugeschrieben wird. Details dazu wollen Wissenschaftler, Technologen, Industriefirmen und Patientenorganisationen aus sechs europäischen Ländern unter Führung der Friedrich-Schiller-Universität Jena herausfinden. In den nächsten fünf Jahren fördert die **EU** mit 5,2 Millionen Euro die 15 Partner des Projekts „Lycocard“.
- Mit 12 Mio Euro fördert die **Europäische Kommission** fünf Jahre lang Forschungen über das „**Ubiquitin-System**“, das eine zentrale Rolle für die Zellfunktion hat. An dem Forschungsprojekt „**RUBICON**“ (Role of Ubiquitin and Ubiquitin-like Modifiers in Cellular Regulation) sind 15 führende Forschungseinrichtungen in Europa und Israel beteiligt, darunter das Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin (MDC) Berlin-Buch sowie fünf mittelständische Unternehmen.

## Mikrowellen-Synthesizer und Flash-Chromatographie – Seminare bundesweit (s. auch S. 168)

Gleich fünf neue Mikrowellen-Synthesizer der neuen S-Klasse stellte CEM auf der ANALYTICA vor: Die Discover S-Klasse, der Explorer 24, der Explorer 48, der Explorer 72 und der Explorer 96 bieten den weltweit höchsten Probendurchsatz für chemische Synthesen und dazu eine ganze Reihe weiterer innovativer Aspekte für die organische Chemie.

Die neuen Explorer-Geräte bestehen aus einer Discover-Mikrowelle und den neuen Autosamplern auf der Mikrowelle, was wiederum den Vorteil des geringen Platzbedarfs beinhaltet: Explorer 48 48 Proben, Explorer 72 72 Proben, Explorer 96 96 Proben, die Grundfläche dieses Explorer-Gerätes ist trotzdem kleiner als bei konventionellen Synthesizern mit nur 60 Proben. Neben den klassischen 10 ml Druckgefäßen werden nun auch automatisierbare 35 ml Druckgefäße eingesetzt.

Eine neue geräuschlose elektromagnetische Rührung im Explorer vermag sogar stark viskose Proben zu vermischen, was gerade in dem großen 35 ml Druckbehälter von Vorteil ist. Zudem ist die neue Rührung in drei unterschiedlichen Geschwindigkeiten programmierbar.

In den neuen Discover- und Explorer-Geräten der S-Klasse kann mit einer CCD-Kamera direkt die Reaktion beobachtet werden. So kann beispielsweise direkt ein Farbumschlag der Reaktion oder weitere charakterische Änderungen beobachtet und dokumentiert werden.

Schnellere Synthesen mit hohen Ausbeuten und effizienter Produktiso-



lierung sind nicht mehr nur des Chemikers Wunschtraum, sondern bereits realer Laboralltag. Im Rahmen dieses Fortbildungsseminars möchten wir Ihnen die enormen Möglichkeiten der mikrowellenunterstützten Synthese und der Flash-Chromatographie sowie instrumentelle Neuigkeiten vorstellen. Darüber hinaus stellt dieses Seminar eine Plattform zum informativen Austausch dar.

Schnelle Synthesen in der Mikrowellen und selektive Aufreinigung mittels Flash-Chromatographie (s. Foto u.):

- Mo., 14. August Hamburg
- Di., 15. August Berlin
- Mi., 16. August Leipzig
- Do., 17. August Frankfurt/Main
- Fr., 18. August Leverkusen

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



## Schwingungsviskosimeter

Als Revolution in der Viskositätsmessung bezeichnet der Hersteller KSV die neuen Schwingungsviskosimeter. Zwei mit 30 Hz und einer Amplitude von weniger als einem Millimeter, analog einer Stimmgabel, oszillierende Sensorplatten bilden das Messprinzip. Das ist schnell, genau, reproduzierbar und sehr einfach zu bedienen.

Nicht-Newton'sche Proben, ob flüssig oder schäumend, lassen sich auf Knopfdruck bestimmen, ebenso wie die Durchführung von Sol-Gel-Messungen.

Der Messbereich liegt, je nach Gerät, zwischen 0,3 mPaos und 100 000 mPaos. Der gesamte Messbereich steht ohne Wechsel der Sensorplatten zur Verfügung. Eine 1- oder 2-Punkt-Kalibrierung unter Verwendung von Standardmedien ist ebenfalls vom Anwender einfach durchführbar. Zur Serienausstattung gehören Messgefäße, ein Temperatursensor und die Software WinCT-Viscosity zur Echtzeit-Datenübertragung auf einen PC und zur Datenauswertung beziehungsweise -darstellung.



L.O.T.-Oriol GmbH & Co. KG  
64293 Darmstadt  
Tel 06151 8806 0  
Fax 06151 896667  
[www.LOT-Oriol.com/de](http://www.LOT-Oriol.com/de)

## Der neue Lichtquellenkatalog

Für ausgereifte und zuverlässige Lichtquellen für Forschung, Entwicklung und Industrie steht der Name LOT-Oriol seit mittlerweile 35 Jahren. Dieses Know-how spiegelt sich auch in dem neuen Lichtquellenkatalog wider.

Ob Bogen-, Halogen- oder Deuteriumlichtquelle, ob 10 oder 1000 Watt, ob Blitzlampe, Sonnensimulation oder Fotoresistbelichtung, es ist bestimmt für jede Anwendung die richtige Strahlungsquelle dabei, natürlich inklusive Zubehör. Doch der Katalog ist auch gleichzeitig Nachschlagewerk. Technische Hintergründe und umfangreiches Datenmaterial sind eine wertvolle Informationsquelle für jeden, der mit Lichtquellen zu tun hat.

Doch ein schöner Katalog ist nicht alles; LOT-Oriol bietet fachkundige Beratung und die Sicherheit eines stabilen Unternehmens.

L.O.T.-Oriol GmbH & Co. KG  
64293 Darmstadt  
Tel 06151 8806 0  
Fax 06151 896667  
[www.LOT-Oriol.com/de](http://www.LOT-Oriol.com/de)

## Komfortable CMOS-Kameras in hoher Qualität

Die CMOS-Technologie wird immer häufiger in industriellen und wissenschaftlichen Anwendungen eingesetzt. Wesentliche Gründe sind die Dynamik von CMOS-Detektoren und die Möglichkeit, einzelne Pixel zu adressieren, sowie die mittlerweile sehr gute Bildqualität.

Dem Rechnung tragend lässt LOT-Oriol jetzt CMOS-Kameras unter eigenem Markennamen fertigen. Das Produktportfolio reicht von den 1,3 Megapixel-Kameras mit sehr hohem Signal-zu-Rausch-Verhältnis über die Version mit 6,6 Megapixeln bis hin zum Spitzenmodell mit der höchsten Auflösung von 14 Megapixeln. Ein Sondermodell ist die VL450, eine High Speed-Kamera, die im Vollbild mit 1280 x 1024 Pixeln eine Rate von 450 Bildern pro Sekunde, bei 10 Bit Auflösung, erreicht.

Allen Kameras gemeinsam ist das kompakte Gehäuse, das auch die Integration in limitierter räumlicher Umgebung zulässt. Zum Lieferumfang jeder Kamera gehört ein umfassendes Software Development-Kit zur schnellen und zielführenden Programmierung. Neben der ausführlichen Dokumentation stehen auch Beispielprogramme zur Verfügung.

Als Datenausgänge sind LVDS, CameraLink, USB und FireWire möglich. Ausnahmen sind die 14 Megapixel- und High Speed-Kameras, die derzeit auf den CameraLink-Ausgang begrenzt sind.

Bei allen Kameras besteht die Wahlmöglichkeit zwischen Monochrom und Farbe. Triggerein- und -ausgänge sind Standard. Für OEM-Anwendungen sind spezielle Varianten, beispielsweise ohne Gehäuse, lieferbar.

L.O.T.-Oriol GmbH & Co. KG  
64293 Darmstadt  
Tel 06151 8806 0  
Fax 06151 896667  
[www.LOT-Oriol.com/de](http://www.LOT-Oriol.com/de)



## Einfache Rückverfolgung von Lebensmitteln bei der Garmo AG

Seit Anfang der siebziger Jahre produziert die Garmo AG aus Stuttgart Weichkäse aus Schafs-, Ziegen- oder Kuhmilch. Zu den Premiummarken zählen beispielsweise: Gazi, Sirtakis und Sardo Bianco. Die EU Verordnung 178/2002 zur Lebensmittelsicherheit, auch bekannt als General Food Law, und die Handelsnorm International Food Standard (IFS) sehen vor, dass Lebensmittelhersteller die Rückverfolgbarkeit von Rohstoffen über die Produktion bis zum Groß- und Einzelhandel sicherstellen. „Bei der Realisierung der Rückverfolgbarkeit wollten wir eine integrierte, wirtschaftliche Lösung.“, so Thomas Merk, Finanz- und Rechnungswesen der Garmo AG.

Wichtige Komponenten des Systems sind Scanner. Die Wahl bei Garmo fiel auf den mobilen Computer von Datalogic Formula Color. Er hat ein großes Farbdisplay und verfügt über den patentierten „green spot“, der die Leseinformation direkt auf dem Code wiedergibt. Der Computer ist handlich und mit großen Tasten gut zu bedienen. Das acht Zeilen Display stellt alle Positionen übersichtlich dar.

Die Kommunikation zwischen allen Scannern mit Microsoft Navision erfolgt über eine Docking Station. Hier werden die Auftragsdaten als ASCII-Datei vom Server geladen. Den Download der Daten startet der Lagerarbeiter, indem er die Auftragsnummer aus dem

Kommissionsbeleg eintippt. Basis der Informationskette ist die Warenkennzeichnung mittels EAN 128-Etiketten. Paletten-, Beleg-, Zeilen- und Artikelnummer sind darin verschlüsselt. Bevor die Waren kommissioniert werden, kennzeichnet der Lagerarbeiter die Palette mit dem Palettenschein für den Auftrag. Angekommen am Lagerplatz, entnimmt und scannt er die Ware. Drei Scans genügen und das System kann jederzeit die Ware rückverfolgen: EAN-Code, Chargennummer und Nummer der Versandeinheit (NVE). Sekundenschnell vergleicht das System die gescannten Daten mit den im Formula Color hinterlegten Informationen. Stimmen diese überein wird der Lagerarbeiter aufgefordert die Menge einzugeben. Bestätigt der Lagerarbeiter abschließend den Vorgang, wird die Kommission im Scanner für die spätere Übertragung gespeichert. Oftmals genügt eine Charge nicht und weitere Chargen müssen angebrochen werden. In diesem Fall scannt er die nächste

Chargennummer und NVE des neuen Behälters oder der Umverpackung und kommissioniert, bis die Gesamtmenge erreicht ist.

Ist der Auftrag abgearbeitet, bewegt der Lagerarbeiter die Kommission zum Versand und stellt den Scanner in die Docking-Station. Dadurch wird die Übertragung aktiviert. Nach der erfolgreichen Übermittlung wird der Auftrag gelöscht und der Lagerarbeiter kann die nächste Auftragsnummer eingeben.

Hubertus Hofmann, technischer Geschäftsführer, Etiscan GmbH, Wöllstadt sagt: „Bei Garmo AG haben wir bewusst auf bestehende Softwaremodule gesetzt, um kostenintensive Individualprogrammierung zu vermeiden.“

Datalogic GmbH  
73268 Erkenbrechtsweiler  
Tel 07026 608 0  
Fax 07026 5746  
www.datalogic.de

## Dip Coater für Monolagen

Für die Übertragung vieler selbstorganisierender Monolagen oder für die Sol-Gel-Beschichtung braucht man in der Regel kein Langmuir-Blodgett-System; ausreichend ist eine präzise arbeitende Tauchvorrichtung für Festkörperproben, bei der Tauchgeschwindigkeit, Tauchtiefe und Anzahl der Tauchzyklen vorgegeben werden kann. Mit den von LOT-Oriel exklusiv vertriebenen Dip Coatern des Herstellers KSV lassen sich Tauchgeschwindigkeiten kontinuierlich von 0,1 bis 240 mm/min bei einer maximalen Tauchtiefe von 150 mm einstellen. Lieferbar sind sowohl Systeme mit lediglich einem Tauchgefäß, als auch Versionen, bei denen der Tauchkopf zwischen mehreren Gefäßen hin- und hergefahren werden kann.

Eine einfach zu installierende, bedienerfreundliche Windows-Software übernimmt die Programmierung und Steuerung. Das „offene“ Design ermöglicht ein komfortables Arbeiten mit den Geräten.

L.O.T.-Oriel GmbH & Co. KG  
64293 Darmstadt  
Tel 06151 8806 0  
Fax 06151 896667  
www.LOT-Oriel.com/de





# Bezugsquellenverzeichnis

## ANALYSEN

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

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

## ARBEITSSCHUTZARTIKEL



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

## CHEMIKALIEN



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

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

## DEUTERIUMLAMPEN



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

## DICHTUNGSSCHEIBEN AUS GUMMI MIT AUFVULKANISIERTER PTFE-FOLIE

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

## FTIR-SPEKTROMETER-ZUBEHÖR



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

## GEFRIERTROCKNER

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

## GEFRIERTROCKNUNGSANLAGEN



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



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

## HOHLKATHODENLAMPEN



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

## KÜHL- UND TIEFKÜHLGERÄTE



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



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

## KÜVETTEN

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

## LABORCHEMIKALIEN



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

## LABOREINRICHTUNGEN



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

## LABOREINRICHTUNGEN

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

## LABORHILFSMITTEL



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

## LABOR-SCHLÄUCHE UND -STOPFEN AUS GUMMI

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

## LABORZENTRIFUGEN, KÜHLZENTRIFUGEN



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



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



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

## LEITFÄHIGKEITS-MESSGERÄTE



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

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

## MIKROSKOPE



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

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

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

## OPTISCHE TAUCHSONDEN

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

## PARTIKELANALYSE



## PH-MESSGERÄTE



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

## REINIGUNGSMITTEL FÜR LABORGLAS



## SAUERSTOFF-MESSGERÄTE



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

## STERILISATOREN

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

## TEMPERATUR-MESSGERÄTE

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

## TEMPERATUR-MESSGERÄTE



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

## THERMOMETER

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>

## Produkte der Vorausgaben

### Emulsionspumpe

Die Allweiler AG hat die neue, flexible und mit hoher Verschleißbeständigkeit ausgestattete Schraubenspindel-pumpe EMTEC-A entwickelt, speziell für Emulsionen und Kühlschmiermittel.  
[www.allweiler.de](http://www.allweiler.de)

### At-line Tensiometer

L.O.T.-Oriol hat ein transportables Gerät für die Messung der Oberflächenspannung von Flüssigkeiten entwickelt.  
[www.LOT-Oriol.com/de](http://www.LOT-Oriol.com/de)

### Wursthüllen

CaseTech aus Walsrode bietet Hüllen für die Wurstproduktion sowie technische Dienstleistung für Wurstwarenhersteller an.  
[www.datalogic.com](http://www.datalogic.com)

### Ventildiagnose-Software

Foxboro Eckardt vertreibt die Ventildiagnose-Software VALcare für intelligente Ventildiagnose zur vorbeugenden Wartung.  
[www.foxboro-eckardt.com](http://www.foxboro-eckardt.com)

### MASE

Mikrowellenbeschleunigte Lösungsmittelextraktionen (MASE) finden als Ersatzmethode für die zeitaufwändige Soxhletextraktion Verwendung.  
[www.cem.de](http://www.cem.de)

### Schnelltrockner

Der neue, flexibel einsetzbare Wir-

belschichtttrockner TG 200 von Retsch liefert bei deutlicher Zeitersparnis gegenüber Vorläufermodellen ein aufgelockertes, gründlich durchmischtes Produkt.  
[www.retsch.com](http://www.retsch.com)

### Kontaktwinkel/Oberfl.spänn.

Das CAM 200-Goniometer misst nach SessileDropMethode und RainedDropMethode.  
[www.LOT-Oriol.com/de](http://www.LOT-Oriol.com/de)

### Spektrometer

Die Führungsposition von Ocean Optics in der Spektrometertechnologie der nächsten Generation wurde durch zwei neue Patente gestärkt.  
[www.oceanoptics.com](http://www.oceanoptics.com)

### NIR-Spektrometer

Die Guided Wave Modelle Lab412 und Modell 412 sind moderne Zweistrahlenspektrometer für den VIS-, NIR und xNIR-Bereich.  
[www.cmc-instruments.de](http://www.cmc-instruments.de)

### Glaspipetten-Reiniger

Der Pipettenspüler-Automat Modell Hölzel EPS-2D/N erfüllt diese Anforderungen.  
[www.hoelzel-gewo.com](http://www.hoelzel-gewo.com)

### ICP-Gerätefamilie

Mit der neuen simultanen ICP-Geräte-Familie iCAP 6300/6500 stellt Thermo Electron die Leistungsträger der ICP-Zukunft vor.  
[www.thermo.com](http://www.thermo.com)

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 Wirtselement.

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 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 Reinstelemente. 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 Umfange erhalten. Der Nachweis solcher geringsten Spuren von Verunreinigungen ist keine Kleinigkeit. Zur Zeit gibt es keine analytische Methode, die es gestattet, etwa  $10^{-6}$  % 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.

**Sie möchten die CLB  
nicht erst als 2., 3., 4.  
oder 5. in Ihrer Firma  
lesen? Bestellen Sie ein  
Privat-Abonnement!  
[www.clb.de](http://www.clb.de)**

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

- 150.000 Seitenabrufe monatlich
- kostenloser wöchentlicher E-Mail-Newsletter mit 2.200 Abonnenten
- kostenlose Veröffentlichung von Stellengesuchen
- kostenlose Veröffentlichung von Stellenangeboten an Universitäten und gemeinnützigen Forschungseinrichtungen
- Unternehmen inserieren Ihre offenen Stellen schon ab **99,- Euro**

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