

# CLB

*Chemie in Labor und Biotechnik*

Analytik

Biotechnik

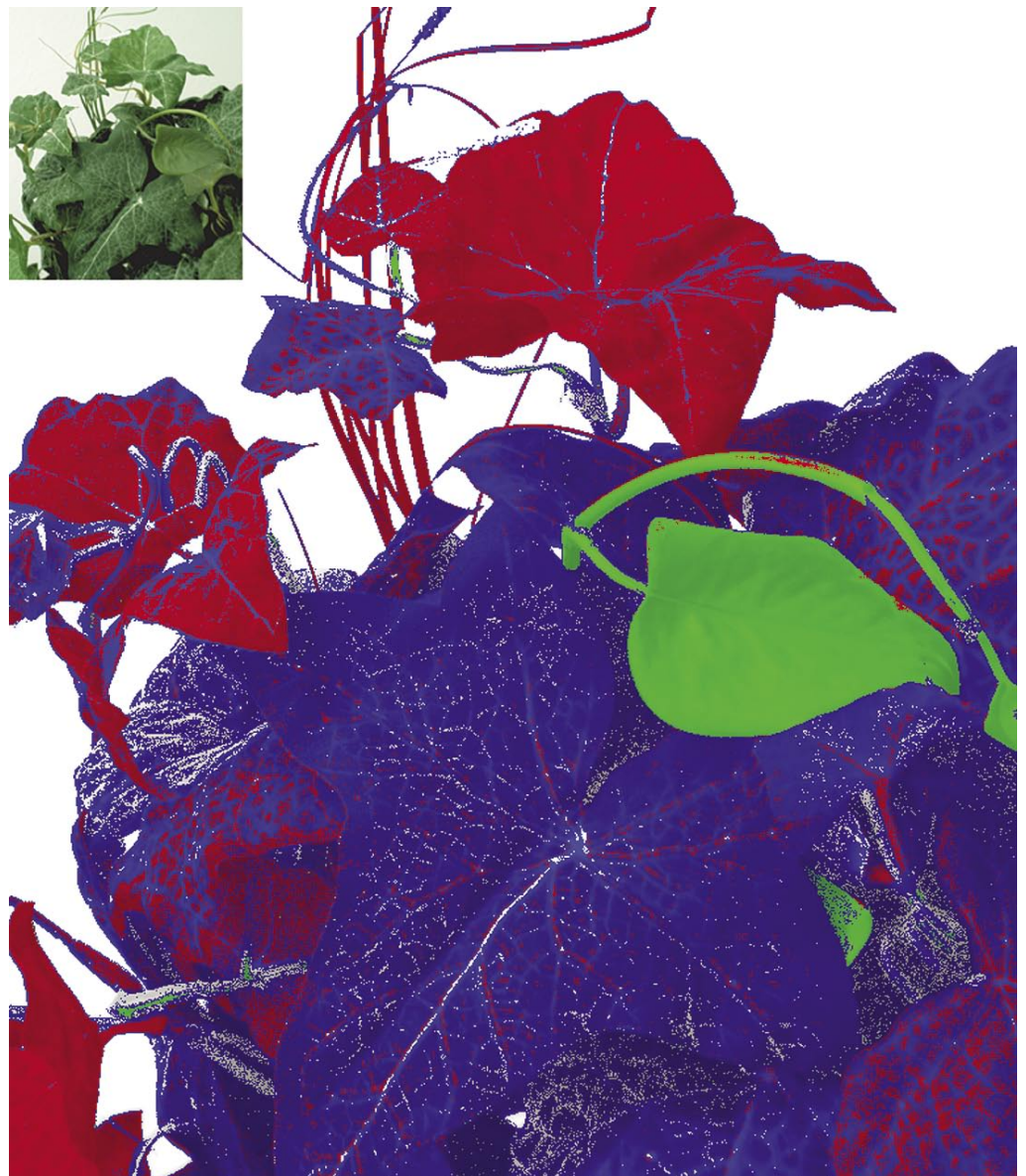
Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung



- Umweltgeochemie: Moore
- Röntgenkontrastmittel im Wasser
- Eiweiße aus Hefe
- Impfstoffe

Oft scheint sich der technische und wissenschaftliche Fortschritt mit Siebenmeilenstiefeln zu entwickeln. Was heute noch ein Supercomputer ist, taugt morgen gerade noch für einen PC. Manche Einschätzungen der Wissenschaftler erweisen sich jedoch als zu euphorisch, sowohl aus technischer Machbarkeit wie auch aus gesellschaftlicher Akzeptanz heraus. Ein Beispiel dafür ist die Gewinnung von Energie aus der Kernfusion. So arbeitete man bereits in den 50er Jahren am Fusionreaktor, meinte sogar irrtümlich, eine Kernfusion beobachtet zu haben (siehe vorletzten Abschnitt dieses Textes aus dem Jahre 1958 auf der Umschlagseite 3). Noch heute ist man weit von dem Ziel einer kontrollierten Kernfusion zur industriellen Energieerzeugung entfernt, rechnet mit einer Verwirklichung in 50 bis 100 Jahren. Ein „virtuelles Institut“ soll jetzt helfen, das nächste Großgerät für die Fusionsforschung, den Reaktor ITER, in Europa anzusiedeln (siehe „Umfeld Wissenschaft“, Seite 473).

## 5 000 000 ° Kelvin

Was die in der Überschrift genannte phantastisch hohe Temperatur bedeutet, davon vermag sich niemand eine Vorstellung zu machen, denn sie übersteigt alle menschlichen Vergleichsmaßstäbe. Dabei bedeutet diese Zahl erst einen Anfang, sozusagen die erste Stufe von Versuchen, die auf Temperaturen hinarbeiten, die noch um Größenordnungen höher liegen. Für die uns „näher“ liegenden Bereiche an Wärme- und Kältegraden hat sich der Mensch eine übersichtliche und verständliche Skala geschaffen, die uns jederzeit gleichsam handgreiflich die Wirkungen der betreffenden Temperatur nahelegt. Bei 0° K (absolute Skala = -273,16° C) hört jede Temperaturbewegung der kleinsten Teilchen eines Körpers auf, bei 2,5° K schmilzt Helium, bei etwas mehr als 4° K verdampft es. Oberhalb 20,5° K ist auch der Wasserstoff gasförmig, es folgt dann die lange Reihe der Gase, bis wir mit 273,16° K schließlich den wichtigen Nullpunkt der Celsiusskala, den Schmelzpunkt des Wassers erreichen. Dessen Siedepunkt liegt bei 373,2° K. Je höher wir hinaufgehen, desto geringer werden die genau bekannten Fixpunkte. So schmilzt Gold bei 1336° K, und verdampft bei 3233° K. Kohlenstoff, höchsttemperaturbeständig, hat einen Sublimationspunkt von 3810° K. Damit sind wir in Gebiete vorgestoßen, in denen der Zusammenhalt der Molekeln, ja der Atome bereits fraglich wird. Wasser ist hier schon nicht mehr beständig und zerfällt in seine Elemente. Auch die aus Doppelmolekeln bestehenden elementaren Gase zeigen bereits Erscheinungen der Dissoziation. Geht man noch weiter hinauf, über 100000° K, so beginnt auch die Bindung zwischen Elektronen und Atomkern unter der Wirkung der hohen thermischen Energie sich zu lösen: die Atome, — in diesem Gebiet gibt es keine Molekeln mehr —, werden ionisiert. Um 1000000° K

372

5000000° Kelvin

herum dürften Atome mit sehr niedrigem Atomgewicht schon fast vollständig ihrer Elektronenhülle beraubt sein, es liegen nur noch die nackten Rumpfe vor. Die Gasgeschwindigkeiten sind unvorstellbar groß, und die kinetische Energie der atomaren „Geschosse“ entsprechend hoch.

Damit sind die Atomkerne vorbereitet für die eigentlich beabsichtigte Umsetzung, das Ziel, dessentwegen man diese hohen Temperaturen herstellt. Man will nämlich mehrere Kerne miteinander verschmelzen, und dadurch sehr große Energien freisetzen. Die Reaktion gelingt mit Sicherheit in der sogenannten Wasserstoffbombe<sup>1)</sup>, die große Schwierigkeit besteht nur darin, sie „gezähmt“ ablaufen zu lassen, damit die auftretende Energie technisch verwertet werden kann. Daß die Verschmelzung niederer Atome zu größeren Teilchen Energie zu liefern vermag, läßt sich leicht an der Kurve der sogenannten Massendefekte (Abb. 1) ablesen. Alle Atomkerne sind aus Protonen und Neutronen zusammengesetzt, ihre Massen sollten daher eigentlich ganze Vielfache dieser Elementarmassen sein. Das trifft aber in keinem Falle zu, alle Atomkerne sind vielmehr leichter als das „Gewicht“ ihrer Protonen und Neutronen eigentlich fordert.

Die moderne Kernphysik erklärt diesen Defekt (= Packungsanteil) überzeugend als den in Energie umgesetzten Bruchteil der Materie, der bei der Vereinigung der Bausteine frei geworden ist. Er ist zugleich die Ursache für die Stabilität der Kerne; um sie zu zerlegen, müßte man die betreffende Energie aufwenden. Die Kurve der Massendefekte zeigt, daß der pro Proton (bzw. Neutron) freier werdende Betrag bei den Kernmassen um 60 herum ein Maximum besitzt und dann wieder abnimmt. Das bedeutet, daß man auf zweierlei Weise Kernenergie gewinnen kann: 1) indem man die schwereren Kerne (Uran, Plutonium usw.) in kleinere Bruchstücke mit höherem Massendefekt zerlegt (Fall der Uranbombe), 2) indem man aus leichten Teilchen solche höherer Masse aufbaut (Wasserstoffbombe). In beiden Fällen wird ein kleiner Teil der Materie in Energie verwandelt. Ganz besonders viel sollte bei der Synthese des Heliumkerns zu gewinnen sein, dessen Massendefekt von 0,0302 mg pro Mol einen Maximalwert unter den leichten Atomkernen darstellt: pro Gramm Kernmasse wandeln sich 0,00758 g Materie = 7,58 TME (= Tausendstel Massen Einheiten) in Energie, und zwar in eine sehr große Energiemenge um. Selbst wenn man

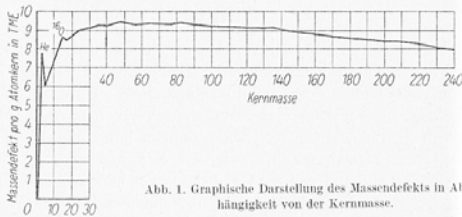


Abb. 1. Graphische Darstellung des Massendefekts in Abhängigkeit von der Kernmasse.

<sup>1)</sup> Vgl. diese Ztschr. 6, 262 (1955).

5000000° Kelvin

373

vom Deuterium ausgeht, dessen Packungsanteil 1,175 TME beträgt, sollte immer noch ein Energiebetrag äquivalent 7,58 — 1,175 = 6,4 TME zu gewinnen sein.

Der unmittelbaren Vereinigung von Deuteriumkernen stehen zunächst einmal deren Elektronenhüllen und dann die sehr erhebliche Abstoßung der gleichgeladenen Kerne selbst entgegen. Man weiß jedoch aus vielen anderen Versuchen, daß die weitreichenden abstoßenden Kernkräfte überlagert werden durch solche, die nur auf eine vergleichsweise kurze Distanz wirken, aber im Gegensatz zu den ersteren bestrebt sind, die Kerne einander zu nähern, die somit auch den Zusammenhalt der Kerne bewirken.

Zwei Deuteriumkerne, die einander genähert werden, üben zunächst ganz erhebliche Abstoßung aufeinander aus. Wird aber ein bestimmter kritischer Abstand dennoch gewaltsam überwunden, so fallen die eben noch feindlichen Brüder einander ohne Anwendung äußerer Zwanges in die Arme, die Verschmelzung beginnt, und damit auch die Freisetzung der gewünschten hohen Reaktionsenergie. Vorläufig verfügt man nur über eine einzige Möglichkeit, widerstrebende Atomkerne einander auf Reaktionsweite zu nähern: man muß ihre kinetische Energie, einfacher gesagt ihre Temperatur, so hoch hinaufschrauben, daß sie ausreicht, die Barriere der Abstoßung zu durchdringen. Temperatur bedeutet ja kinetische Energie der sich bewegenden Teilchen, und man schätzt, daß großordnungsmäßig 100000000° K für das geplante Unternehmen ausreichen werden. Die erreichten 5000000 sind somit nur ein „kleiner Anfang“, bei dem noch keinerlei Atomreaktion zu erwarten ist.

Trotzdem hat es Schwierigkeiten genug gegeben, bis die englische Forschergruppe in Harwell bis in diese Temperaturgebiete vorgestoßen ist. Ihr Ziel soll es sein, die Kernreaktion  $D_1^2 + D_1^2 \rightarrow He_3^3 + n_0^1 + 3,3$  Millionen Elektronenvolt zu verwirklichen. Es kann auch sein, daß etwas andere Spaltprodukte auftreten und daß an Stelle von Helium das Wasserstoffisotop Tritium gebildet wird:  $D_1^2 + D_1^2 \rightarrow T_1^3 + H_1^1 + 4$  MeV. Letzteres ist erwünscht, da man dann in einer „Sekundärreaktion“  $D_1^2 + T_1^3 \rightarrow He_3^4 + n_0^1 + 17,6$  MeV zum  $He_3^4$  kommt, dessen Massendefekt, wie wir schon gesehen haben, besonders groß ist, im elektrischen Maß erhält man dabei 17,6 MeV.

Der britische Reaktor „ZETA“, in dem man diese „Umsetzungen“ versucht, hat die Form eines großen Transformators mit nur einer Sekundärwicklung. Diese besteht aus einem gewaltigen Ring von Aluminiumrohr, einem überdimensionalen Autoreifen vergleichbar. Der Rohrdurchmesser beträgt 1 m, der Durchmesser des Ringes selbst von Rohrmitte zu Rohrmitte ist 3 m (s. Abb. 2). Das Deuteriumgas, das umgesetzt werden soll, befindet sich unter vermindertem Druck in diesem „Torus“ oder auch „doughnut“, wie der Aluminiumring genannt wird (in Anspielung auf das bei den Amerikanern sehr beliebte Gebäck). Ströme, die in der Primärspule laufen, erzeugen im Torus durch Induktion ebenfalls einen, an Spannung geringeren, aber an Stärke wegen des „Über-

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

Zeitschriften bewegen sich in einem wirtschaftlichen Umfeld, das durch Angebot und Nachfrage bestimmt wird. Wie bei den meisten Produkten liegt ein Nachfragemarkt vor. Anders – als Anbietermarkt – präsentiert sich der Gesundheitssektor: Die Forschung eröffnet ihm ein Fass ohne Boden. Wird ein neues Krebsmittel angeboten, hat es Erfolg. Der Anbieter – der sich sicher über Meldungen wie die von Seite 472 freut (Herstellungskosten um den Faktor fünf gesenkt) – kann in weiten Grenzen den Preis bestimmen. Welcher Betroffene will nicht seine Chancen auf Heilung verbessern, auch wenn lediglich eine geringe Chance allein durch Statistiken nachgewiesen wird? Ähnlich sieht es in der Diagnostik aus. Röntgen-CT, NMR, PET – alles Techniken mit immensum Anwendungspotenzial. Welchen Umfang mittlerweile Röntgenuntersuchungen eingenommen haben, zeigt eine erstaunliche Arbeit der Fachhochschule Aalen (siehe Seiten 456 - 460): Man entsprach den Bedürfnissen von Wasserversorgern, eine Methode zu entwickeln, mit der sich zuverlässig Röntgenkontrastmittel in Wässern nachweisen lassen. Selbst im Donauwasser wurde man fündig, mit stark schwankenden Werten. Dies zeigt wieder einmal: Will man die heutigen Produkt- und Dienstleistungs-

sangebote sinnvoll nutzen und dessen Chancen für sich selbst bestmöglich bewerten, muss ein gutes Grundlagenwissen in Naturwissenschaft und Technik vorhanden sein. Nicht alles, was machbar ist, ist auch sinnvoll. Manches muss aber gemacht werden, auch wenn es teuer ist.



Die unten abgebildete Grußkarte zeigt, dass die CLB sich in diesem Jahr wieder mit einer Vielzahl von aktuellen und interessanten Themen befasst hat, in übersichtlicher Weise, wie Sie mir hoffentlich zustimmen. Ich bin sicher, im kommenden Jahr gewinnt eine Zeitschrift wie die CLB noch an Wert, denn unsere Lebensumstände werden immer komplexer.

Ich wünsche Ihnen für das kommende Jahr alles Gute und zuvor ein frohes, besinnliches Weihnachtsfest!

Ihr

*Ralf Verbeuth*

**Editorial**



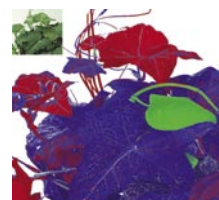
# INHALT

## Aufsätze

Hefezellen lernen, wertvolle Eiweiße auch sauber auszuliefern Ein starkes Sekretions-Signal aus dem Virus K28 _____	448
<b>Umweltgeochemie</b> Moore erzählen die Geschichte der Umweltverschmutzung _____	450
<b>HPLC/MS/MS in der Wasseranalytik</b> Iodierte Röntgenkontrastmittel in Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser _	456
<b>Linux, Knoppix, Mac OS X, Open Source: Vorteile von Unix et al. in Chemie &amp; Biologie</b> Teil 14: Awk – Kontrollstrukturen _____	461

## Rubriken

Editorial _____	441
Impressum _____	443
F & E im Bild _____	443
Unternehmen _____	444
Personalia _____	446
Förderungen / Preise _____	447
<b>Umschau</b> 100 Jahre Impfstoffe aus Marburg Vom Pferdestall in den Reinraum _____	465
Forschung und Technik _____	470
Umfeld Wissenschaft _____	473
Literatur _____	475
Neue Produkte _____	476
Bezugsquellenverzeichnis _____	479



**Zum Titelbild:**  
Multispektrale Aufnahme einer Pflanze, aufgenommen mit einem durchstimmbaren Flüssigkristallfilter (siehe dazu die Produktinformation auf Seite 476, Abb.: Firma L.O.T. GmbH, Darmstadt).

## CLB-Memory

<b>Überkritisches Kohlenstoffdioxid veredelt Tomatenreststoffe</b> Extraktion von Carotinoiden aus Fruchtmasse _____	M89
<b>Nützliche Ratgeber 17 bis 19</b> Färberpflanzen Interdisziplinär Kunststoffe _____	M90
<b>Nützliche Ratgeber 20 bis 23</b> Energie erzeugen, erneuern und einsparen _____	M91
<b>Nachwachsende Rohstoffe Teil 10</b> Biodiesel aus Raps _____	M92
<b>Amüsante Statistik auf der Weihnachtsfeier</b> Selbstbeschenkung beim Wichteln _____	M94
<b>Begabte Schüler – vernachlässigte Doktoranden</b> Schul- und Hochschulwesen _____	M95
<b>Was Chemische Biologie kann</b> Protein- und Genfunktionen erkennen _____	M96
<b>Chemie zu Weihnachten und Silvester</b> Mehrere richtige Antworten sind möglich. _____	M96



## Der „Weihnachtskomet“ des Südens bald auch im Norden

Diesen Sommer erst entdeckt, und schon ist der Komet C/2004 Q2 „Machholz“ für die Bewohner der Südhalbkugel der Erde ein „Weihnachtskomet“, sichtbar mit dem bloßen Auge. Er bewegt sich schnell auf Himmelsregionen zu, die auch wir sehen können. Anfang Januar soll das der Fall sein. Da er dann genau entgegengesetzt zur Sonne steht, soll er zu dem Zeitpunkt auch am hellsten sein. Die exakte Helligkeit steht jedoch noch nicht fest. Der Komet Machholz wird über größere Zeiträume des nächsten Jahres am Nordhimmel stehen. Die Fotos zeigen den Kometen am 7. und am 11. Dezember (Fotos: Adam Block/NOAO/AURA/NSF).

## Impressum

**CLB**  
Chemie in Labor und Biotechnik

**Verlag:**  
Agentur & Verlag Rubikon  
für technische und wissenschaftliche  
Fachinformation – Rolf Kickuth  
Anschrift:  
CLB, Agentur & Verlag Rubikon  
Bammentaler Straße 6–8  
69251 Gaiberg bei Heidelberg  
Deutschland  
E-Mail: redaktion@clb.de

**Gründungsherausgeber:**  
Dr. Dr. h.c. Wilhelm Foerst (†)  
Prof. Dr. Wilhelm Fresenius (†)

**Herausgeber:**  
Dr. Dr. U. Fitzner, Düsseldorf · Prof. Dr.  
K. Kleinermanns, Düsseldorf · Priv. Doz. Dr.  
H.-M. Kuß, Duisburg · Prof. Dr. J. Schram,  
Krefeld · Prof. Dr. Georg Schwedt, Claus-  
thal-Zellerfeld · Prof. Dr. G. Weichbrodt,  
Aalen · Prof. Dr. G. Werner, Leipzig.

**Redaktion:**  
Rolf Kickuth (RK, verantwortlich);  
E-Mail: kickuth@clb.de,

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

**Ständige Mitarbeiter:**  
Prof. Dr. Wolfgang Hasenpusch, Hanau;  
Dr. Mechthild Käser, Diekholzen; Hans  
Dietrich Martin, Köln; Dr. Uta Neubauer,  
Bad Soden; Dr. Röbbbe 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

**Abonnementbetreuung:**  
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: service@clb.de

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

CLB erscheint monatlich.

**Bezugspreise:**  
CLB Chemie in Labor und Biotechnik mit  
der Beilage „CLB-MEMORY“. Einzelheft  
– außerhalb des Abonnements – 8,60  
Euro, im persönlichen Abonnement jähr-  
lich 87 Euro zuzüglich Versandkosten;  
ermäßigter Preis für Schüler, Studen-  
ten und Auszubildende (nur gegen Vor-  
lage der Bescheinigung) jährlich 67,10  
Euro zuzüglich Versandkosten, inkl. 7%  
MWSt. Ausland sowie Firmenabonne-  
ments (Staffelpreisliste nach Anzahl) auf  
Anfrage. Bezug durch den Buchhandel  
und den Verlag. Das Abonnement ver-  
längert sich jeweils um ein weiteres Jahr,  
falls nicht 8 Wochen vor Ende des Be-  
zugsjahres Kündigung erfolgt.

Erfüllungsort ist Heidelberg. Mitglieder  
des VDC sowie des VBTA erhalten die  
CLB zu Sonderkonditionen.

**Anzeigenpreisliste:**  
Nr. 43 vom 12.8.2004.

Bei Nichterscheinen durch Streiks oder  
Störung durch höhere Gewalt besteht kein  
Anspruch auf Lieferung.

Die Zeitschrift und alle in ihr enthalte-  
nen einzelnen Beiträge und Abbildungen  
sind urheberrechtlich geschützt. Jede  
Verwertung außerhalb der engen Gren-  
zen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne  
Zustimmung des Verlags unzulässig  
und strafbar. Das gilt insbesondere für  
Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mi-  
kroverfilmungen und die Einspeicherung  
und Verarbeitung in elektronischen Sys-  
temen.

Für die Rückgabe unverlangt eingesand-  
ter Buchbesprechungs-exemplare kann  
keinerlei Gewähr übernommen werden.

ISSN 0943-6677



## NACHRICHTEN &amp; NOTIZEN

Die **Scienion AG** erhielt von der Max-Planck-Gesellschaft die exklusive Lizenz für die Handhabung geringster Flüssigkeitsmengen bis in den Pikoliterbereich. Wichtigster Bestandteil des Patents ist das Aufsaugen und Abgeben von kleinsten Flüssigkeitsmengen durch ein piezoelektrisch gesteuertes Multikanal-Dispensiersystem.

**Clariant** veräußert die japanische Tochtergesellschaft Polymers K.K., ein Hersteller von Dispersionen, an The Nippon Synthetic Chemical Industry Co. Ltd. Der Wert der Transaktion beläuft sich auf 2,4 Milliarden Yen.

Die **Henkel-Gruppe** hat das französische Unternehmen Concorde Participation S.A. erworben. Concorde produziert und vertreibt in Europa Produkte zur industriellen Wasserbehandlung. Im Geschäftsjahr 2003 erzielte das Unternehmen einen Umsatz von rund 15 Millionen Euro. Insgesamt sind knapp 100 Mitarbeiter für Concorde tätig.

**Bayer HealthCare** treibt die Neuausrichtung des Pharmageschäfts voran. In Zukunft forscht das Unternehmen auf den Gebieten Krebs und Herzkreislauf-Risikomanagement einschließlich Diabetes an den Standorten West Haven/USA und Wuppertal/Deutschland. Damit verbunden sind in den USA etwa 110 und in Deutschland etwa 440 Stellenstreichungen. In Deutschland wird es aufgrund der Standortsicherungsvereinbarung keine betriebsbedingten Kündigungen bis Ende 2007 geben. **Außerdem wird die Health-Care Division** ihr Plasma-Geschäft in die NPS Bio Therapeutics, Inc. einbringen, eine neu gegründete Gesellschaft, die von Töchtern der US-Finanzinvestoren Cerberus Capital Management L.P., New York, und Ampersand Ventures, Wellesley, Massachusetts, kontrolliert wird. Der Wert der Transaktion umfasst rund 590 Millionen US-Dollar (ca. 450 Millionen Euro). Die gesamten Plasma-Aktivitäten, außer der Produktfamilie Kogenate, sind betroffen.

**Bayer MaterialScience** baut in Antwerpen, Belgien, eine neue Anilin-Produktionsanlage. Sie soll eine Kapazität von 50 000 Jahrestonnen haben und Anfang 2006 fertiggestellt sein. Erstmals kommt ein neuartiges Verfahren zum Einsatz, mit dem sich vor allem die Investitions- und Herstellkosten senken lassen. Die neue Anlage entsteht in direkter Nachbarschaft zu einer existierenden Anilin-Anlage, deren Kapazität bis Ende 2005 um 25 000 Jahrestonnen auf 165 000 Jahrestonnen ausgebaut wird. Die Gesamtinvestition für beide Projekte beläuft sich auf 20 Millionen Euro.

Die **Sartorius AG**, Pharma- und Biotechzulieferer, wird mit dem „Product Differentiation Innovation Award 2004“ der internationalen Unternehmensberatung Frost & Sullivan ausgezeichnet. Sartorius hat den Bedarf der Pharmaindustrie nach integrierten Prozesslösungen frühzeitig erkannt und hat sich vom Filtrationsspezialisten zu einem globalen Komplettanbieter für biopharmazeutische Prozesse entwickelt.

## VCI berichtet von stärkerem Wachstum

## Beschäftigung kaum gesunken

**Die Erholung der deutschen Chemiekonjunktur wird sich im kommenden Jahr fortsetzen, die Dynamik schwächt sich aber im Jahresverlauf ab. Aufgrund von Basiseffekten wird die Produktion im Jahresdurchschnitt dennoch 2 bis 2,5 Prozent höher liegen als dieses Jahr. Bei leicht steigenden Erzeugerpreisen dürfte der Chemieumsatz im nächsten Jahr um 3,5 Prozent zunehmen. Die Impulse aus dem Ausland werden wieder stärker sein als die aus dem Inland. Diesen Ausblick gab der Verband der Chemischen Industrie (VCI) am 8. Dezember.**

Dr. Jürgen Hambrecht, Präsident des VCI, berichtete über das zu Ende gehende Jahr, nach einem zögerlichen Anstieg in der ersten Jahreshälfte hätte das Wachstum der deutschen Chemieproduktion in der zweiten Jahreshälfte deutlich zugenommen. Für das gesamte Jahr 2004 rechne man mit einem Produktionswachstum von 1,5 bis 2 Prozent, einem halben Prozentpunkt mehr als prognostiziert.

Von der Konjunkturbelebung profitierte vor allem jener Teil der Chemie, der in die industrielle Weiterverarbeitung ging. Die Produktion von anorganischen Grundstoffen stieg laut Hambrecht um 8 Prozent. Fein- und Spezialchemikalien hatten ein Produktionsplus von 4,5 Prozent. Die Produktion von Polymeren legte um 1,5 Prozent zu.

Für Petrochemikalien gibt der amtliche Produktionsindex einen Anstieg um 0,5 Prozent an. Der VCI hält diese Zahl aufgrund einer Reihe

von Anhaltspunkten für zu niedrig. Keine Konjunkturbelebung spürten hingegen die übrigen Sparten: Die Hersteller von Wasch- und Körperpflegemitteln litten unter der schwachen inländischen Verbrauchernachfrage. Die Pharmaproduktion stagnierte auf dem Vorjahresniveau.

Der Umsatz der deutschen chemischen Industrie ist im Jahr 2004 gegenüber dem Vorjahr um 3,5 Prozent auf 141,2 Milliarden Euro gestiegen. Zu diesem Ergebnis haben größere Produktion und höhere Preise beigetragen. Trotz des starken Euro überwogen die Wachstumsimpulse aus dem Ausland. Der Auslandsumsatz mit chemischen Erzeugnissen lag mit 74,6 Milliarden Euro 6 Prozent über dem Vorjahr. Mit insgesamt 66,7 Milliarden Euro überstieg der Inlandsumsatz das Vorjahresergebnis um rund 1 Prozent.

Die deutsche chemische Industrie beschäftigte im Jahr 2004 durchschnittlich 445 700 Mitarbeiter, ein Rückgang von 4 Prozent. Dies sei, so Hambrecht, zum größten Teil auf Ausgliederungen von Dienstleistungsaktivitäten zurückzuführen. Die Beschäftigten seien nach wie vor in den Unternehmen tätig, würden aber jetzt anderen Branchen zugerechnet. Ohne diesen Sondereffekt seien die Mitarbeiterzahlen nur geringfügig zurückgegangen.

## Laborgeräteservice

Reparatur und Wartung von verschiedensten Geräten in Labor und Praxis

## Testlösungen für LC und GC

M-LTech  
Pfaffenhäule 50, 78224 Singen  
Tel: 07731 143216  
Mobil: 0160 5523969  
E-mail: info@m-ltech.de  
www.m-ltech.de

M-LTech  
Mess- und Labortechnik  
Max Miller



## Pharmaindustrie gesamtwirtschaftlich: Je Stelle eine in anderer Branche

„Jeder neue Arbeitsplatz bei einem Arzneimittelhersteller in Deutschland stiftet einen weiteren in einer anderen deutschen Branche! Und jeder Euro Wertschöpfung in der Pharmaindustrie bringt 1,90 Euro Wertschöpfung für die Volkswirtschaft.“

So fasste Dr. Andreas Barner, Vorsitzender des Vorstands des Verbandes Forschender Arzneimittelhersteller (VFA) Anfang Dezember in Berlin eine neue Studie des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung zusammen, die die pharmazeutische Industrie im gesamtwirtschaftlichen Kontext beleuchtet. Ein Blick auf die aktuellen Branchenkennzahlen und Prognosen der VFA-Mitgliedsunternehmen für das kommende Jahr, die die gravierenden Auswirkungen der Umsetzung des GMG reflektierten, zeige jedoch, dass die Politik dieses Potenzial bisher nicht in Entscheidungen einbeziehe.

Professor Dr. Georg Meran, Vizepräsident des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DIW), Berlin, stellte die Ergebnisse der Studie „Die pharmazeutische Industrie im gesamtwirtschaftlichen Kontext: Ausstrahlung auf Produktion und Beschäftigung in den Zulieferbereichen“ vor, die im Auftrag des VFA erstellt wurde. „Die pharmazeutische Industrie gehört wie der Luft- und Raumfahrzeugbau, die Rundfunk-, Fernseh- und Nachrichtentechnik und die Medizintechnik zu den besonders forschungsintensiven Industriezweigen“, erläuterte er. Seit 1995 weise sie im Vergleich zum verarbeitenden Gewerbe insgesamt eine deutlich höhere Dynamik in der Entwicklung von Wertschöpfung und Beschäftigung auf.

Die Quantifizierung der Verflechtungen der pharmazeutischen Industrie mit der übrigen Wirtschaft mittels Input-Output-Analyse zei-

ge, dass von den Lieferungen des Pharmabereichs an die Endnachfrage der privaten und öffentlichen Haushalte (insbesondere die gesetzliche Krankenversicherung) sowie an das Ausland erhebliche indirekte Effekte auf andere Wirtschaftsbereiche ausgehen: Unter Berücksichtigung der indirekten Produktions- und Investitionseffekte übersteige die gesamte Wertschöpfung in der Volkswirtschaft die direkte Wertschöpfung in der pharmazeutischen Industrie um 90 Prozent. Und die durch die Herstellung von Arzneimitteln ausgelöste Beschäftigung sei doppelt so groß wie die Zahl der Beschäftigten in der pharmazeutischen Industrie selbst.

„Leider gilt auch das Umgekehrte“, kommentierte Barner die Studie. „Jede Minderung der Wertschöpfung in der Pharmabranche mindere die Wertschöpfung in Deutschland um fast das Doppelte. Und mit jeder Stelle, die in der pharmazeutischen Industrie abgebaut werden müsse, verliere Deutschland nicht nur einen, sondern gleich zwei Arbeitsplätze.“

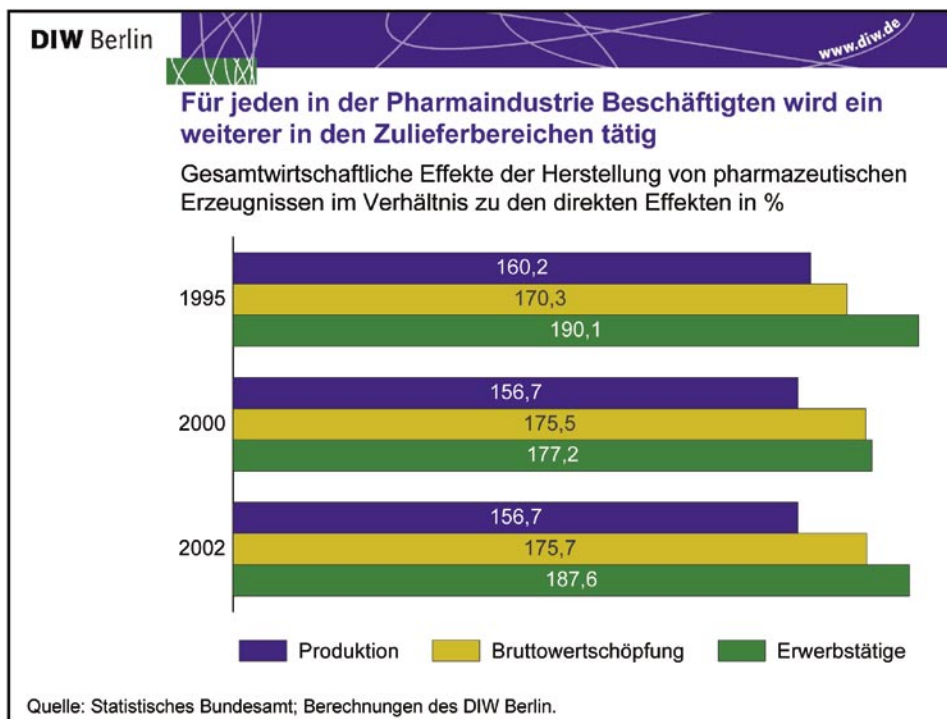
Vor diesem Hintergrund müsse auch der volkswirtschaftliche Schaden bewertet werden, der durch den Abbau von 7000 Arbeitsplätzen in der pharmazeutischen Industrie (5,6 Prozent, gemessen am Stand

von September 2003) binnen eines Jahres entstanden sei.

Ausgehend von dem einmaligen Tiefstand in diesem Jahr erwarten rund ein Drittel der VFA-Mitgliedsunternehmen eine Stagnation oder einen weiteren Umsatzrückgang in 2005. Etwa die Hälfte der Unternehmen erwartet eine leichte Erholung des Umsatzes, doch nur ein Sechstel rechnet mit einem fühlbaren Umsatzplus, das sich auf den Verkauf innovativer Produkte stützt.

Bei der Beschäftigung ist Stagnation auf dem in diesem Jahr erniedrigten Niveau zu erwarten: 37 Prozent der Unternehmen rechnet mit weiteren Arbeitsplatzverlusten, ein Drittel erwartet, die Beschäftigung konstant halten zu können. Nur 30 Prozent können sich einen Beschäftigungszuwachs vorstellen.

Für 2005 erwarten die VFA-Mitgliedsunternehmen die Markteinführung von 50 Innovationen, davon 24 mit neuen Wirkstoffen. Die neuen Medikamente dienen vor allem der besseren Behandlung von Krebserkrankungen, Atemwegserkrankungen wie Asthma und chronisch obstruktiver Lungenerkrankung (COPD) sowie neurologischer Erkrankungen wie Parkinson und Multipler Sklerose. Von den 24 neuen Wirkstoffen würden acht gentechnisch erzeugt.



**GDCh Professor Dr. Dieter Jahn**, Abteilungsdirektor für Hochschulbeziehungen und Forschungsplanung bei der BASF Aktiengesellschaft, ist ab 1. Januar 2005 neuer Vizepräsident der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh). Er löst in diesem Amt **Professor Dr. Fred Robert Heiker**, Geschäftsführer der Bayer Innovation GmbH, ab. Vom GDCh-Vorstand als Vizepräsidentin wiedergewählt wurde **Professor Dr. Petra Mischnick**, Institut für Lebensmittelchemie an der Technischen Universität Braunschweig. Als GDCh-Präsident bleibt **Professor Dr. Henning Hopf**, Institut für Organische Chemie, ebenfalls TU Braunschweig, ein weiteres Jahr im Amt.



Reichenbach/  
Höfle

Mit dem **Karl Heinz Beckurts-Preis** wurden am 10. Dezember bei einem Festakt in der Münchner Residenz zwei Wissenschaftler der Gesellschaft für Biotechnologische Forschung (GBF) in Braunschweig geehrt. Der Mikrobiologe **Professor Dr. Hans Reichenbach** und der Chemiker **Professor Dr. Gerhard Höfle** beschäftigen sich seit langem mit der Biologie und Chemie der Myxobakterien. Diese im Boden lebenden Bakterien bilden an die 600 unterschiedliche chemische Verbindungen, unter anderem das Epothilon, das Krebszellen abtöten kann und sich daher für die Tumor-Therapie eignet. Gemeinsam mit einem Partner aus der Pharmaindustrie hat Gerhard Höfle Epothilon-Varianten hergestellt, die sich mittlerweile in der fortgeschrittenen klinischen Prüfung befinden. Der Preis in Höhe von 30 000 Euro zeichnet wissenschaftlich-technische Leistungen aus, von denen Impulse für die industrielle Innovation ausgehen.

**Professor Dr. Wolfgang Heckl**, Physiker und Nanowissenschaftler an der LMU München und Generaldirektor des Deutschen Museums München, wurde in Prag gemeinsam mit dem britischen Zoologen und Filmautor **Sir David Attenborough** mit dem neu geschaffenen **Descartes Prize for Science Communication** der Europäischen Kommission geehrt. Wolfgang Heckl erhält den Preis in der Kategorie „Professional Scientists engaged in Science Communication to the Public“. In der Kategorie „Innovative Action for Science Communication“ wurden der Molekularbiologe **Professor Peter Csermely** aus Budapest und der belgische Materialwissenschaftler **Professor Ignass Verpoest** ausgezeichnet. Der französische Fernsehjournalist **Vincent Lamy** wurde in der Kategorie „Scientific Television“ ausgewählt. Die Preissumme von Euro 250 000 für den Kommunikationspreis wurde zu gleichen Teilen auf die fünf Preisträger aufgeteilt.

**FILTRATION SOCIETY Dr. Graham Rideal**, Geschäftsführer von Whitehouse Scientific, wurde in Anerkennung seines Beitrags zu Entwicklungen im Bereich Porengrößenmessung von Filtermedien zum Vorsitzenden der Filtration Society gewählt. Als wohltätiger gemeinnütziger Verein fördert und verbreitet der Verband die Kenntnisse in Konstruktion und Anwendung von Filtrations- und Abscheidungsverfahren. Dr. Rideal löst seinen Vorgänger Professor Richard Lydon, Madison Filter, ab.



Hauer

Der **Erwin Schrödinger-Preis** für interdisziplinäre Forschung wird in diesem Jahr von der Helmholtz-Gemeinschaft an zwei Forscherteams aus dem Institut für Nanotechnologie des Forschungszentrums Karlsruhe vergeben. Die Physiker **Dr. Ralph Krupke** und **Dr. Heiko Weber** sowie die Chemiker **Dr. Frank Hennrich** und **Dr. Marcel Mayor** entwickelten ein Verfahren zur Trennung von winzigen Kohlenstoffröhrchen, und es gelang ihnen, elektrischen Strom durch einzelne organische Moleküle zu vermessen. Die Erkenntnisse werden für eine künftige Nano-Elektronik benötigt und könnten in winzigen Chips wie etwa in Computern, Satelliten- oder medizinischen Geräten Anwendung finden. Der mit 50 000 Euro dotierte Preis wurde anlässlich der Jahrestagung der Helmholtz-Gemeinschaft am 7. Dezember 2004 in Brüssel an die Forscher übergeben.

Der **Dechema-Preis der Max-Buchner-Forschungsstiftung** wird in diesem Jahr zweimal vergeben. Die Preisträger sind: **Prof. Dr. rer.nat. Bernhard Hauer**, BASF AG, Ludwigshafen, und **Prof. Dr. rer.nat. habil. Olaf Deutschmann**, Universität Karlsruhe (TH). Prof. Bernhard Hauer wird für seine experimentellen Arbeiten zum zukunftssträchtigen Einsatz von Biokatalysatoren für die Synthese chiraler Verbindungen und deren Anwendung im industriellen Maßstab ausgezeichnet. Prof. Olaf Deutschmann erhält den Preis für seine Arbeiten auf dem Gebiet der fluiddynamischen Modellierung komplexer reaktiver Systeme auf der Basis detaillierter physikalisch begründeter Ansätze.

## EHRUNGEN

**Dr. Simone Techert**, Leiterin einer Nachwuchsgruppe am MPI für biophysikalische Chemie, wurde in Gießen für ihre Beiträge zur „Ultrakurzzeitdynamik in organischen Festkörpern mit zeitaufgelöster Röntgenstrahlung“ mit dem **Röntgenpreis der Universität Gießen** ausgezeichnet. In einem Festakt wurde der mit 7500 Euro dotierte Preis an die Göttinger Preisträgerin übergeben. Der Preis wird jährlich für Arbeiten und Verdienste auf dem Gebiet der strahlenphysikalischen und strahlenbiologischen Grundlagenforschung vergeben.



Deutschmann



Techert



Der Physiologe **Prof. Dr. Ian Wilmut** (60), Leiter der Abteilung Genexpression und Entwicklung des Roslin-Instituts in Roslin bei Edinburgh, Großbritannien, erhält den mit insgesamt 100 000 Euro dotierten **Paul Ehrlich- und Ludwig Darmstaedter-Preis 2005** für seine Klon-Experimente an Säugetieren. Neue Grenzen in der Tierzucht und in der Humanmedizin werden die Folge sein. Die Auszeichnung, die am 14. März 2005 in der Frankfurter Paulskirche verliehen wird, gehört zu den höchsten und international renommiertesten Preisen, die in der Bundesrepublik Deutschland in der Medizin vergeben werden.

**Stefan Kaskel** (35), Professor für Anorganische Chemie an der TU Dresden, hat zur Förderung seiner Arbeiten über die Verbindung von transparenten Polymermaterialien mit anorganischen Nanopartikeln den **Nachwuchspreis „Nanotechnologie“ der Bundesregierung** erhalten. Der Preis ist mit 650 000 Euro dotiert und fördert Forschungsarbeiten von Nachwuchswissenschaftlern über fünf Jahre. Professor Kaskel forscht an Methoden, um die positiven Eigenschaften transparenter Kunststoffe mit denen anorganischer Nanopartikel zu verknüpfen. Die Grundlagenforschung über die Nanopartikel könnte später in der optischen Datenspeicherung Anwendung finden.

## Herz- und Kreislaufforschung

Die Deutsche Herzstiftung verleiht auch im Jahre 2005 wieder den Heinz Meise-Preis für aktuelle Forschungsergebnisse im Bereich der Gefäßkrankheiten. Der vom Herz- und Kreislaufzentrum Rotenburg a. d. Fulda gestiftete und mit 6000 EUR dotierte Preis wird für hervorragende wissenschaftliche Leistungen auf dem Gebiet der Diagnostik, Ursachenforschung und Therapie bei Krankheiten der Blutgefäße verliehen. Teilnah-

## Mobilitätsförderung für Studenten

Die Europäische Föderation für Chemie-Ingenieur-Wesen (EFCE) gibt die Ausschreibung des Student Mobility Award bekannt. Mit diesem Preis soll die Mobilität europäischer Studenten der Fachrichtungen Chemie-Ingenieurwesen/Verfahrenstechnik gefördert werden. Ab 2005 soll der Preis alle zwei Jahre an die besten europäischen Studenten dieser Fachrichtungen vergeben werden, die mindestens ein Auslandssemester absolviert haben. Die Preise (1. Preis: 2000 Euro; 2. Preis: 1500 Euro; 3. Preis: 1000 Euro) werden während des 5th European Congress of Chemical Engineering, der in Verbindung mit dem 7th World Congress of Chemical Engineering vom 10. bis 14. Juli 2005 in Glasgow, UK, stattfinden wird, verliehen. Die Teilnahme am Kongress, sowie die Anreise und Unterbringung werden erstattet. Weitere Informationen über die Bewerbung finden sich unter [www.efce.info](http://www.efce.info). Alle Unterlagen müssen in englischer Sprache bei dem EFCE-Generalsekretariat in Frankfurt unter folgender Adresse **bis zum 31. März 2005** eingereicht werden: EFCE, c/o Dechema e.V., Theodor-Heuss-Allee 25, 60486 Frankfurt am Main.

meberechtigt sind Ärzte aus dem In- und Ausland. Die Bewerbungsunterlagen sind bis **22. Januar 2005** an die Deutsche Herzstiftung e.V., Vogtstraße 50, 60322 Frankfurt am Main zu senden. Die Preisverleihung erfolgt anlässlich der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie- Herz- und Kreislaufforschung im April 2005 in Mannheim. Weitere Informationen sind unter [www.herzstiftung.de](http://www.herzstiftung.de) zu finden.

## Patienteninitiativen/ Selbsthilfegruppen

Beim Brustkrebs, dem häufigsten Krebs bei Frauen, sind für eine Bewältigung des Lebens mit Krebs die Patienteninitiativen und Selbsthilfegruppen von besonderer Bedeutung. Mit der Ausschreibung des „Brustkrebs-Kommunikationspreises 2005“ soll ihre engagierte Arbeit gewürdigt werden. Der Preis ist mit 25 000 Euro dotiert und wird für Aufklärungs-, Informations- und Motivationskampagnen zum Thema vergeben. Einreichungsfrist ist der **4. Februar 2005**. Die Preisverleihung findet im Rahmen der 1. Offenen Krebskonferenz im Februar 2005 in Berlin statt. Weitere Informationen unter [www.brustkrebsaktion.de/](http://www.brustkrebsaktion.de/).

## Darmkrebs-Früherkennung

Die Felix Burda Stiftung verleiht zum dritten Mal den Felix Burda Award in den Kategorien Kommunikation und Medizin für herausragende Leistungen in der Darmkrebsfrüherkennung. Der Medizin- und der Kommunikationspreis sind mit je 10 000 Euro dotiert und werden von Pentax Europe gesponsert. Für den Award in der Kategorie Medizin können sich Einzelpersonen, Institutionen, Organisationen und Unternehmen bewerben, die mit wissenschaftlichen Projekten im Jahr 2004 zum Beispiel im Bereich Forschung, mit Aktionstagen an Krankenhäusern oder in Praxen oder durch neue innovative Projekte zur Förderung der Darmkrebsprävention und -früherkennung in Deutschland nachhaltig beigetragen haben. Bewerbungen können bis einschließlich **28. Januar 2005** eingereicht werden. Weitere Informationen sowie alle Ausschreibungsunterlagen sind unter [www.darmkrebsmonat.de](http://www.darmkrebsmonat.de) und [www.darmkrebs.de](http://www.darmkrebs.de) zu finden.

## Ein starkes Sekretions-Signal aus dem Virus K28

Mechthild Kässer

Hefen und insbesondere die Bäckerhefe *Saccharomyces cerevisiae* sind seit Jahrhunderten bekannt und schon früh zur Herstellung alkoholischer Getränke geschätzt und gezüchtet worden. Heute kennen wir nicht nur ihre genauen Wachstumsbedingungen, auch ihre Erbanlagen sind gut erforscht und lassen sich nach bewährten Methoden verändern, so dass Hefen heute unterschiedlichste Stoffe anfertigen können. Da die Zellen zudem schnell wachsen, gute Ausbeuten bringen und ungefährlich sind, gehören sie inzwischen zu den wichtigsten Arbeitstieren der Biotechnologen. Hefen können z. B. dazu gebracht werden, artfremde Eiweiße, die sie selbst gar nicht brauchen, herzustellen und werden so zur Quelle für menschliche Hormone, andere wichtige Arzneimittel oder technische Proteine. Als Lebewesen mit echtem Zellkern stehen Hefen zudem den Säugern näher als Bakterien und sind diesen überlegen, wenn es darum geht, größere und komplizierte Eiweißmoleküle zu bauen, sie räumlich korrekt aufzufalten und mit bestimmten Zuckermolekülen zu markieren.

Eines aber ist unbefriedigend: Von Natur aus geben die verschiedenen Hefearten nur geringe Mengen Proteine an ihre Umgebung ab. Auch die fremden Eiweiße sammeln sich in der Zellflüssigkeit an. Um sie zu ernten, sind daher das Abtöten der Zellen und aufwändige Trennungsschritte unumgänglich. Warum also die Hefen nicht auch noch lehren, die in Auftrag gegebenen Produkte an die Nährlösung abzugeben? Die Fermenter könnten dann kontinuierlich arbeiten, und das wertvolle Eiweiß wäre leicht zugänglich. Grundsätzlich sind Hefen dazu in der Lage: einige Enzyme wie beispielsweise Invertase oder Phosphatase werden bekanntlich ausgeschieden.

Wie dies geschieht, weiß man auch. Hindernis auf dem Weg aus der Zelle heraus sind die Membranen. Die Hefeenzyme überwinden sie nur, wenn sie mit

bestimmten, von den Hefen ebenfalls hergestellten Peptiden versehen sind, die als Sekretions-Signal-Sequenzen dienen. Für diese öffnet sich die Membran und lässt auch das angekoppelte Enzym mit passieren. Der ganze Komplex gelangt so aus der Zellflüssigkeit durch die Membran ins Endoplasmatische Reticulum ER (siehe Kasten S. 449) der Zelle. Dies ist der entscheidende Schritt auf dem Weg aus der Zelle heraus. Wie mehrere Forschergruppen [1, 2] zeigen konnten, lassen sich auch fremde Eiweiße durch die Membransperren aus den Zellen schleusen, wenn es gelingt, sie mit Signalpeptiden der Hefen zu versehen.

Eine andere Sekretions-Signal-Sequenz, die nicht aus Hefen selbst, sondern aus dem Hefe-Virus K28 (siehe Kasten S. 449) stammt, verwendeten Heintzel et al. [3]. Für Bäckerhefe und Spaltheefe konnten sie zeigen, dass transformierte Zellen, die das Signalpeptid des Virus bauen und an einen Eiweißkörper binden, diesen auch an die Umgebung ausliefern. Möglicherweise könnte die Peptidsequenz sogar in Hefen allgemein wirksam sein und in Zukunft der universelle Vermittler der Eiweiß-Sekretion für alle Hefen werden. Folglich ging das Team des Wissenschaftlers M. Schmitt [4] vom Institut für Angewandte Molekularbiologie der Universität des Saarlandes dieser Vermutung nach. Sie wählten vier weit entfernt verwandte und biotechnisch interessante Hefen aus: *Candida glabrata*, *Pichia pastoris*, *Saccharomyces cerevisiae* und *Schizosaccharomyces pombe*. Für sie bauten sie vier verschiedene episomale Vektoren (siehe Kasten S. 449), die das Gen für die Vorstufe des giftigen Virus-Proteins (Preproteintoxin, kurz pptox,) plus spezielle Promotoren für die jeweilige Hefeart enthielt (Abbildung), und schleusten sie in die Zellen der vier Hefen ein.

Wie erhofft, stellten die mit den Vektoren versehenen Zellen alle das virale Gift in seiner aktiven Form korrekt her und gaben es an die Nährlösung ab. Die Signalsequenz überwindet also tatsächlich die Membransperre bei unterschiedlichsten Vertretern des Hefereichs.

In einem weiteren Schritt ersetzten die Forscher im Vektor den Toxinanteil durch das Gen für das grün fluoreszierende Protein GFP (siehe Kasten S. 449). Die Hefen sollten nun statt des giftigen Proteins das grüne bilden und ausscheiden. Bisher war es mit den bekannten Sekretionssignalen sehr schwierig, Zellen von



### Die Autorin:

Die promovierte Lebensmittelchemikerin Dr. Mechthild Kässer begeistert sich für Themen der Biologie, Medizin, Biochemie und Gentechnik. Sie ist langjährige Korrespondentin der CLB.

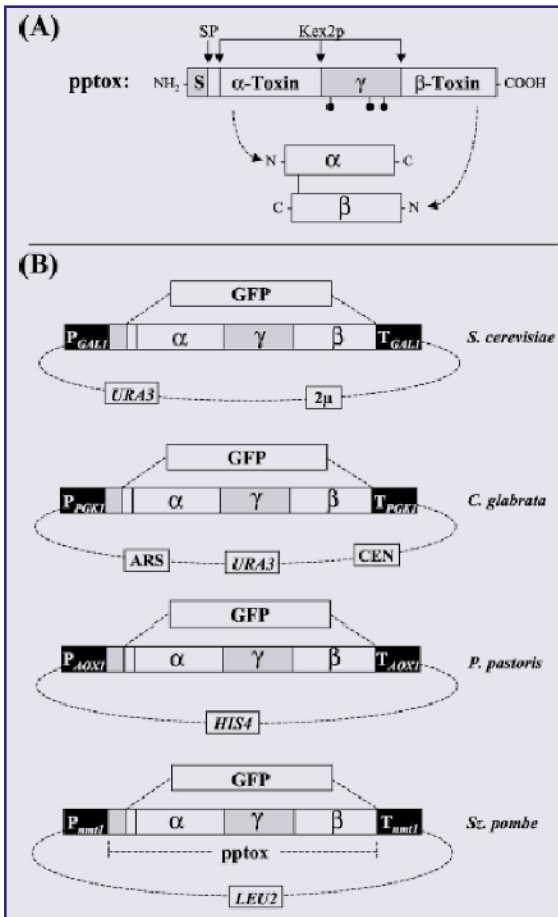
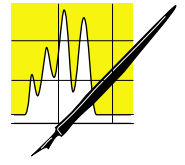


Abbildung:  
 (A) pptox (Preproteointoxin), die Vorstufe des giftigen Virus-Proteins, wird auf dem Weg aus der Zelle durch Enzyme in kleinere Blöcke zerlegt. Die Signalpeptidase SP spaltet die Sekretions-Signalsequenz S ab, die Endopeptidase Kex2p schneidet die  $\gamma$ -Sequenz zwischen den Toxin-Einheiten heraus.  $\alpha$ - und  $\beta$ -Einheiten sind im reifen Toxin über Disulfidbrücken verbunden.  
 (B) Schema der Vektoren für die vier verschiedenen Hefearten. Die Vektoren ermöglichen die ständige oder geregelte Expression von K28-pptox und/oder GFP.  
 P Promoter, T Transkriptionsende;  
 HIS4, URA3, LEU2 sind Markergene zur Auslese der transformierten Zellen. [4].

Säugetern, Insekten oder von verschiedenen Hefearten so zu verändern, dass die GFP-Sekretion gelang.

Auch hier zeigte sich die pptox-Signalsequenz des Virus K28 in allen vier Hefearten voll funktionstüchtig. GFP wurde sowohl im ER-Golgisystem und an der äußeren Oberfläche der Zellen als auch in der Nährlösung über seine typische Fluoreszenz (Fluoreszenz-Mikroskopie) nachgewiesen und durch Western-Analyse und mit Hilfe eines monoklonalen GFP-Antikörpers im Nährmedium identifiziert.

Von den Ergebnissen ermutigt, planen die Molekularbiologen schon die nächsten Versuche, diesmal mit pharmazeutisch und biotechnisch bedeutenden Proteinen, und entwerfen Strategien, wie sich die Ausbeute der durch die pptox-Signalsequenz ermöglichten Proteinsekretion in Hefen noch weiter steigern lässt.

#### Literatur

- [1] Chung, B. H., Nam S. W., Kim B. M., and Park Y. H.: Highly efficient secretion of heterologous proteins from *Saccharomyces cerevisiae* using inulinase signal peptides. *Biotechnol. Bioeng.* 49 (1996), 473–479
- [2] Kjeldsen T., Hach M., Balschmidt P., Havelund S., Pettersson A. F., and Markusson J.: Preproleaders lacking N-linked glycosylation for secretory expression in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Protein Expr. Purif.* 14 (1998), 309–316.
- [3] Heintel, T., Zagorc T., and Schmitt M. J.: Expression, processing and high level secretion of a virus toxin in fission yeast. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 56 (2001), 165–172.
- [4] Eiden-Plach A., Zagorc T., Heintel T., Carius Y., Breinig F., and Schmitt M.J.: Viral preprotoxin signal sequence allows efficient secretion of green fluorescent protein by *Candida glabrata*, *Pichia pastoris*, *Saccharomyces cerevisiae*, and *Schizosaccharomyces pombe*. *Appl. Environ. Microbiol.* 70 (2004), 961-966.

#### Endoplasmatisches Reticulum (ER) „kleines Netz in der Zellflüssigkeit“

„ein ausgedehntes Membran- und wichtiges Transportsystem mit Verbindung nach außen in Zellen mit echtem Zellkern

**Virus K28** Hefezellen, die von K28-Viren befallen sind, sondern ein für empfindliche Hefen giftiges Eiweiß ab. K28 fügt dem Erbgut der Wirtszelle nämlich Virusgene hinzu und veranlasst sie, nach den neuen Bauplänen zusätzlich Virus-Eiweiße zu fertigen, darunter auch den K28 pptox genannten Komplex. Er besteht aus dem Vorläufer des giftigen Proteins und einer Signalsequenz aus 36 Aminosäuren, die wie ein Passierschein den Weg für das noch unreife Gift durch die Membran frei macht. Nach dem Durchgang schneiden verschiedene Enzyme in den Ausscheidungskanälen die Signalsequenz und die giftigen Einheiten aus dem Komplex heraus, so dass reifes aktives Gift die Wirtszelle verlässt. Es schädigt andere Zellen, indem es den Zellzyklus und die DNS-Produktion im Zellkern anhält.

**Episomaler Vektor** Vektoren sind die Fähren, mit denen zusätzliche DNS in eine Zelle eingeführt werden kann. Als Vektoren eignen sich Plasmide, Bakteriophagen oder Viren. Als Vektor für Hefen hat sich ein Plasmid bewährt, das in den meisten Stämmen von *S. cerevisiae* vorkommt, der sogenannte 2-Mikron-Ring. Er ist eines der wenigen Plasmide von Zellen mit echtem Zellkern. Ebenso kommen auch veränderte Bakterienplasmide als Hefe-Klonierungsvektoren in Frage. Episomale Vektoren haben die besondere Fähigkeit, sich unabhängig von der chromosomalen DNS-Replikation der Wirtszelle zu vervielfältigen und so über viele Zellteilungen erhalten zu bleiben.

**GFP** Das grün fluoreszierende Protein GFP wird wegen seiner Farbe gern als Reporter gen verwendet: Mit dem Mikroskop lässt sich an der auftauchenden grünen Farbe in Zellen erkennen, welche Hefezellen erfolgreich transformiert wurden, ob und wo genau GFP gebildet wird, ob es in der Zelle verbleibt oder hinaus wandert usw.

## Moore erzählen die Geschichte der Umweltverschmutzung

Uta Neubauer

Moore konservieren nicht nur Leichen, sondern auch die Gehalte von Elementen wie Blei, Quecksilber und Antimon. Heidelberger Wissenschaftler untersuchen Torfkern und lesen in ihnen, seit wann Menschen Erze verarbeiten, welchen Weg Emissionen aus der Kohleverbrennung nehmen und dass verbleites Benzin nicht die Hauptursache für die Bleiverschmutzung der Umwelt ist.

Vor etwa 12 500 Jahren schien die letzte Eiszeit fast überwunden, das Inlandeis hatte sich schrittweise zurückgezogen, da wurde es plötzlich wieder kälter. Die Vegetation nahm ab, trockene Gebiete breiteten sich aus, kalte Stürme fegten Bodenaub über die Lande. Ablagerungen dieser Bodenpartikel helfen Wissenschaftlern heute, die Klimageschichte zu rekonstruieren. Das Team um den Geochemiker Bill Shotyk vom Institut für Umweltgeochemie der Universität Heidelberg sucht im Moor nach Spuren des Staubes. Für die Bohrung von Torfkernen reisen die Wissenschaftler in die kanadische Arktis und nach Chile, nach Grönland, auf die Färöer Inseln, nach Finnland und Großbritannien. Der unter Fachleuten mittlerweile bekannteste Torfkern stammt allerdings aus der Schweiz: Aus einem Moor bei Etang de la Gruère im Jura, dem laut Shotyk weltweit am besten untersuchten Hochmoor. Der 6,5 Meter lange Torfkern, in Scheiben geschnitten und auf Metalle analysiert, offenbart 14 500 Jahre Geschichte. Vor 15 Jahren entnahm Shotyk, damals noch Oberassistent an der Universität Bern, zwei Kerne. Einer lagert heute noch unangetastet bei Minusgraden. An Ideen mangelt es dem Wissenschaftler nicht: „Man könnte ihn auf Iridium analysieren und so Meteoritenstaub nachweisen.“



Bei Gola di Lago im Tessin: Heidelberger Geochemiker haben einen Torfkern gebohrt. (Foto: Zayre Gonzalez, Universität Heidelberg).

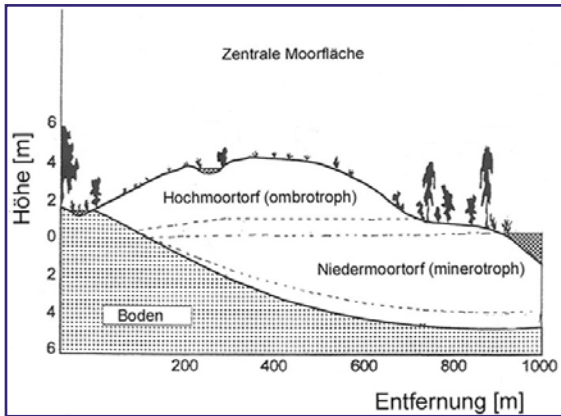
Doch zurück zur Erde: Die Klimageschichte lässt sich im Torfprofil am besten anhand der Scandiumkonzentration verfolgen. Aus ihr berechnen die Geochemiker die abgelagerte Menge an Bodenaub. Das scheint zu funktionieren: Die höchste Scandiumkonzentration, also den meisten Staub, zeigt der Etang de la Gruère-Kern in einer Tiefe von 550 Zentimetern, laut C-14-Datierung abgelagert vor etwa 12 500 Jahren – eben während der Kaltphase, als es hier besonders karg und windig war.

Im Labor schneiden die Wissenschaftler den Torfkern in Scheiben und entfernen den äußeren Rand, um Kontaminationen von der Probenahme zu entfernen. Segment für Segment werden sie anschließend das Alter und den Gehalt an Metallen bestimmen. (Foto: Zayre Gonzalez, Universität Heidelberg).



### Die Autorin:

Dr. Uta Neubauer ist freie Wissenschaftsjournalistin. Sie studierte Chemie in Hamburg und Oldenburg, promovierte an der ETH Zürich über Schwermetalle in Böden und lebt jetzt in Bad Soden am Taunus.



Schema eines Moores: Wie ein Uhrglas wölbt sich das Hochmoor über der Landschaft. Ein ombrotrophes Hochmoor erhält seine Nährstoffe ausschließlich aus der Atmosphäre und dem Regenwasser, während das minerotrophe Niedermoor Kontakt zum mineralischen Untergrund und Zugang zum Grundwasser hat. (Abbildung: Institut für Umweltgeochemie, Universität Heidelberg).

Auch für den Anstieg der Scandium-Werte weiter oben, ab 225 Zentimetern Tiefe, haben die Heidelberger Wissenschaftler Erklärungen parat: Neben einer Klimaschwankung, in deren Folge die Sahara austrocknete, spielt jetzt auch der Mensch eine Rolle. Er begann, das Land urbar zu machen. Rodungen und Ackerbau erhöhten den Staubeintrag.

### Die Umweltverschmutzung begann vor Jahrtausenden

Mit dem Einfluss des Menschen wird es erst so richtig spannend für Bill Shotyk, der eigentlich kein Klimawissenschaftler ist. Vielmehr ist dieser Part ein Nebenprodukt seines eigentlichen Forschungsschwerpunktes. Und der liegt eindeutig auf Elementen wie Blei, Antimon und Quecksilber, also auf Elementen, deren Schicksal in der Umwelt der Mensch wesentlich mitbestimmt. Wegen seiner geringen technischen Anwendung ist Scandium, dessen industrielle Jahresproduktion weltweit nur 45 Kilogramm beträgt, ein ausgezeichnetes Referenzelement für den natürlichen Eintrag aus der Atmosphäre. Die Natur gibt für jedes Element der Erdkruste ein bestimmtes Verhältnis zu Scandium vor. Steigt dieses Verhältnis im Torfprofil an – ergibt die Analyse beispielsweise erhöhte Blei- bei unveränderten Scandiumwerten – hat der Mensch seine Finger im Spiel.

Wie hoch ist die natürliche Hintergrundkonzentration von Blei, Quecksilber, Antimon? In welchem Ausmaß und seit wann beeinflusst der Mensch den Stoffhaushalt der Atmosphäre? Auf solche Fragen suchen die Heidelberger Geochemiker Antworten. Dass sie sich dabei auf Moore, genauer: Hochmoore, konzentrieren, ist raffiniert. Denn: Alle Ablagerungen, die sie in den Torfkernen finden, stammen

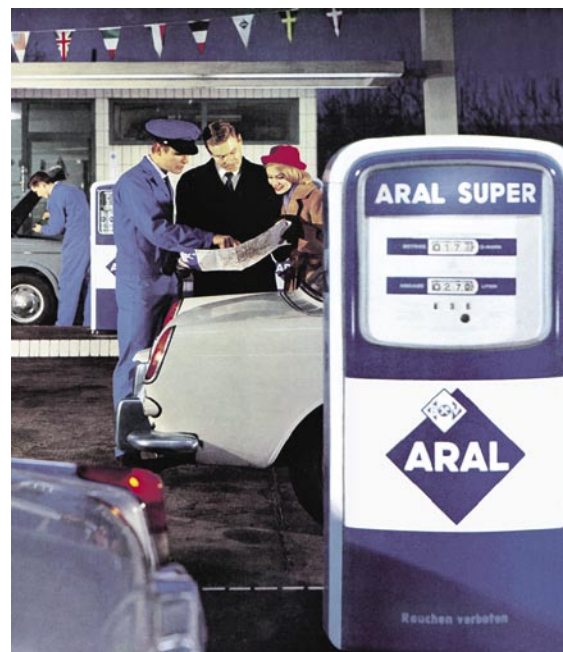
einzig und allein aus der Atmosphäre. Hochmoore – das ist ihr Kennzeichen – decken ihren Stoffbedarf ausschließlich aus Luft und Regenwasser. Anders als Niedermoore haben sie weder Kontakt zum mineralischen Untergrund, noch Zugang zu Grundwasser. Ein Hochmoor ist ein wassergesättigtes Polster aus torfbildenden Moosen, das sich wie ein Uhrglas über der Landschaft erhebt. Torfmoose wachsen jedes Jahr einige Millimeter bis Zentimeter in die Höhe, während die unteren Pflanzenteile absterben und vertorfen. Vollständig abgebaut werden sie nicht, da die mikrobielle Aktivität in der wassergesättigten Zone zu gering ist.

Die organische Substanz im Torf bindet Blei so gut, dass man das Element Jahrtausende später noch in der Schicht findet, in der es sich einst abgelagert hat. Die Bindungsmechanismen sind zwar noch nicht bis ins letzte Detail aufgeklärt, die Immobilität von Blei ist aber mittlerweile so gut wie bewiesen. Unter anderem durch Seesedimente, die eine ähnliche Zeitfolge der Bleiablagerung zeigen wie Torfkerne.

### Die Geschichte von Blei

Etang de la Gruère, 550 Zentimeter unter der Oberfläche: Hier finden die Geochemiker nicht nur besonders viel Scandium, sondern auch erhöhte Bleiwerte. Es stammt aus dem Bodestaub, wie der Blei/Scandium-Quotient und auch die Isotopenanalyse zeigen.

Als der Service noch groß geschrieben wurde und der Umweltschutz klein, war der Kraftstoff verbleit. Die Bleibelastung der Atmosphäre begann aber nicht erst mit Antiklopfmitteln im Benzin, sondern bereits mit der Verarbeitung von bleihaltigen Erzen und der Verbrennung von Kohle. (Foto: Aral).





Die Kohleverbrennung setzte jahrzehntelang Schadstoffe wie Blei, Arsen und Quecksilber frei. Mit zunehmendem Emissionsschutz ging die Belastung der Atmosphäre mit diesen Elementen deutlich zurück. (Foto: Vattenfall Europe Generation).

Das Verhältnis von Blei-206 zu Blei-207 in dieser Torfschicht entspricht dem der oberen Erdkruste.

Etwa 400 Zentimeter weiter oben steigt die Bleikonkonzentration abermals stark an, diesmal aber können die Scandium-Werte nicht mithalten. Und: das Blei-Isotopenverhältnis nimmt ab. Zu diesem Zeitpunkt, etwa im Jahr 1250 v. Chr., beginnt der Mensch, die Luft über dem Jura mit Blei zu verschmutzen. Aus dem Isotopenverhältnis konnten die Wissenschaftler sogar auf die Quelle schließen: Das im schweizerischen Moor abgelagerte Blei stammt von der Iberischen Halbinsel, wo damals bereits die Metallindustrie blühte.

In einer Tiefe von 35 Zentimetern schließlich hat die industrielle Revolution ihre Spuren hinterlassen – in Form eines abrupten Bleianstiegs, gekoppelt an eine deutliche Verschiebung des Bleiisotopenmusters, das die Geochemiker als Signatur australischer Erze deuten. Ein Blick in die Geschichtsbücher bestätigt die Vermutung: Ab 1826 deckten die Engländer ihren erhöhten Rohstoffbedarf durch den Import von Bodenschätzen aus Australien.

Etang de la Gruère ist nicht das einzige Moor, das die Geschichte von Blei erzählt. In einem Torfkern aus dem englischen Lindow-Moor fand Gaël Le Roux, Doktorand am Institut für Umweltgeochemie, ein Zeichen für eine britische Erzverarbeitung von 200 v. Chr. bis 200 n. Chr.: einen Blei-Doppelpeak, dessen eine Spitze (um das Jahr 0) auf die Verarbeitung lokaler Erze vor der römischen Besetzung hindeutet, während die zweite (um 140 n. Chr.) den Höhepunkt des römischen Einflusses in England beschreibt. In unruhigen Zeiten florierte die Metallindustrie offensichtlich nicht. Die römische Invasion äußert sich ebenso in einer Abnahme der Bleiwerte wie der Hundertjährige Krieg und die Pest-Epidemien von 1349 und 1645. Die wiederauflebende Erzverarbeitung im 16. Jahrhundert sowie die industrielle Revolution führten auch im Lindow-Torf zu einem deutlichen Anstieg der Bleikonkonzentration.

## Das meiste Blei stammt aus der Kohleverbrennung

„1954 ist beinahe ein magisches Jahr,“ stellt Bill Shotyk fest, während er die Konzentrationsprofile von Blei, Quecksilber und Arsen in dänischen Torfkernen erläutert. Vor 50 Jahren, in einer Tiefe von etwa 15 Zentimetern, lagerte sich mehr Blei, Quecksilber und Arsen ab als jemals zuvor und danach. Dass drei Elemente gleichzeitig ihr Maximum erreichen, deutet auf eine gemeinsame Quelle hin. „Kohle,“ sagt Shotyk. Und zwar – wegen der vorherrschenden Windrichtung von West nach Ost – britische, deren Verbrennung das dänische Moor mit Blei, Quecksilber und Arsen kontaminiert hat.

Spielt denn verbleites Benzin hier keine Rolle? Im Jahr 1954 offensichtlich noch eine untergeordnete. Das Blei-Isotopenmuster im dänischen Torf deutet eher auf Kohle hin als auf Kraftstoff.

Das dänische Moor schildert nicht nur die Geschichte der Belastung der Atmosphäre, sondern auch die des Umweltschutzes. Großbritanniens Luftreinhaltungsgesetz von 1956 hat offensichtlich Wirkung gezeigt: Die Konzentrationen an Quecksilber, Arsen und Blei im Torf gehen deutlich zurück. Auch in anderen Mooren äußern sich Umweltschutzmaßnahmen wie der Einbau von Filtern in einer abnehmenden Verschmutzung. Das Erstaunliche daran: Die Einführung von bleifreiem Benzin hat längst nicht diesen Effekt gezeigt. Die Belastung der Atmosphäre mit Blei begann also – entgegen einer weit verbreite-

Bleisulfid aus der australischen Broken Hill Mine. Sein Blei-Isotopenmuster unterscheidet sich deutlich von dem in europäischen Erzen. Anhand der Isotopenzusammensetzung können Geochemiker die Quelle des Bleis bestimmen. Australisches Blei fanden sie in einem englischen Moor – ein Hinweis auf den Import nach Großbritannien während der industriellen Revolution. (Foto: Greg Murray).



ten Annahme – nicht erst mit verbleitem Kraftstoff und verringerte sich nicht erst mit der Einführung von bleifreiem Benzin, sondern schon Jahrzehnte vorher.

### Quecksilber: aus Vulkanen oder Kohle?

Auch eine andere Vermutung widerlegte die Torfanalyse: Sie betrifft Quecksilber und besonders die Bewohner von kalten Regionen wie den Färöer Inseln. Diese versorgen sich hauptsächlich mit Nahrungsmitteln aus dem Meer. Gemüse und Obst stehen nicht so häufig auf dem Speiseplan, dafür – trotz Warnungen und Fangverböten – Fleisch und Speck vom Wal, der Quecksilber nicht nur anreichert, sondern es in das besonders toxische Methylquecksilber umwandelt. Entwicklungsstörungen bei Färinger Kindern sind die Folge.

Die Quecksilberbelastung erklärten Fachleute unter anderem mit Vulkanausbrüchen und natürlichen Emissionen vom 450 Kilometer entfernt liegenden Island.

Die Färöer Inseln sind zwar baumlos; Wiesen, Heiden und Moore gibt es infolge der hohen Niederschläge aber reichlich. Gute Voraussetzungen also für die Heidelberger Wissenschaftler, der wahren Quelle nachzuspüren. In einem Torfkern von der Färöer Hauptinsel Streymoy analysierte der Geologe Nicolas Givelet, der sich in der Arbeitsgruppe auf Quecksilber spezialisiert hat, neben den Metallkonzentrationen auch den Gehalt an vulkanischer Asche sowie die Konzentrationen von Brom und Selen. Diese beiden Elemente dienen – wie Scandium für Bodenstaub – als Bezugsgröße für den Eintrag mariner Partikel.

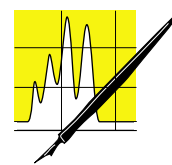
Einige Aschepeaks korrelierten tatsächlich mit leicht erhöhten Quecksilberwerten, andere aber spiegelten sich nicht im Quecksilberprofil. Die Spitze der Quecksilberbelastung konnten die Forscher weder mit einem Vulkanausbruch noch mit marinen Aerosolen erklären, stattdessen aber mit erhöhten Bleiwerten und dem „magischen Jahr“ 1954: das Quecksilber im Färöer Moor stammt überwiegend aus der Kohleverbrennung.

Auch mit der Theorie der kalten Kondensation, der zufolge sich Quecksilber in kalten Regionen anreichert, räumten die Wissenschaftler auf. Ob im Moor auf Streymoy, in der Schweiz oder der kanadischen Arktis – bevor der Mensch sich einmischte, waren die Quecksilberkonzentrationen überall gleich niedrig. Die gute Nachricht: Jetzt, in den obersten Torfschichten, sind sie es wieder.

### Wie mobil sind andere Elemente?

In Shotyks Liste der Lieblingselemente rangiert Antimon zwischen Blei und Quecksilber auf Platz zwei. Auch Antimon verhält sich ersten Untersuchungen zufolge immobil. In Torfkernen von Etang de la Gruère über Schottland bis zu den entlegenen Shetland Inseln ist das Element bereits nachgewiesen. „Obwohl Antimon im Gegensatz zu Blei bevorzugt als Anion vorliegt, scheint es sich im Moor nicht zu verlagern,“ bemerkt Shotyk. Vielleicht bleibt es umschlossen von organischen Makromolekülen einfach im Torf hängen? Das wäre noch zu klären. Sicher aber ist, dass beim Schmelzen von Bleierzen auch Antimon in die Atmosphäre gelangte. Heute ersetzt das Element, das für den Menschen zehnmal giftiger ist als Blei (und wahrscheinlich Mozart tötete), Asbest in Bremsbelägen. In Städten hat die Antimonkonzentration in der Luft bereits zugenommen.

Die Mobilität von Kupfer scheint vom Moor, besonders von dessen pH-Wert abzuhängen, wie die Doktorandin Nicole Rausch berichtet. Sie hat Porenwasser in zwei finnischen Hochmooren gesammelt – das eine lag in unmittelbarer Nähe einer Kupfermine mit Tagebau, das andere nahe einer Kupferraffinerie. Kupfer verhielt sich zumindest in dem Moor nahe der Mine so immobil, dass die Doktorandin ein Aha-Erlebnis verbuchen konnte: Die Kupferwerte nahmen genau zu einem Zeitpunkt ab, als die Finnen einen Emissionsschutzfilter einbauten. In dem anderen Moor war Kupfer mobiler – wahrscheinlich wegen der  $\text{SO}_2$ -Emissionen der Raffinerie, die zu einer Versauerung des Moores geführt hatten. „Bei niedrigen pH-Werten bindet Kupfer schlechter. Hier ist die Bindungskapazität des Moores vielleicht schon



AUFsätze



Das Moor Gola di Lago im Tessin: eine Idylle, wenn nicht einer der Zuflüsse mit Arsen belastet wäre. Heidelberger Geowissenschaftler verfolgen den Weg von Arsen im Moor. Sie wollen herausfinden, ob es wie ein Biofilter wirkt und Arsen fest bindet. (Foto: Zayre Gonzalez, Universität Heidelberg).



Die Eiskerne haben noch eine lange Reise vor sich: von der kanadischen Hocharktis bis nach Heidelberg ins Institut für Umweltgeochemie, wo sie auf Metalle analysiert werden sollen. (Foto: James Zheng, Geological Survey of Canada)

erschöpft,“ vermutet Rausch. Auch die Werte von Nickel im Porenwasser hat die Geologin bestimmt. Sie nahmen mit der Tiefe zu. Nickel wird im Moor nicht konserviert, sondern wandert nach unten.

Die Chemie-Ingenieurin Zayre Gonzalez hofft auf die Immobilität von Arsen. Als einzige in der Gruppe untersucht sie ein Moor, das nicht ausschließlich vom Regenwasser gespeist wird. Es liegt bei Gola di Lago im Tessin und hat mehrere Zuflüsse, von denen einer mit Arsen kontaminiert ist. Der einzige abfließende Bach aber ist sauber. Verlagert sich das Umweltgift bis in den mineralischen Untergrund oder bleibt es im Moor hängen? Darüber soll die Porenwasseranalyse auch hier Aufschluss geben. Ihre Diplom-Arbeit schrieb Zayre Gonzalez über Biofiltration. Jetzt arbeitet sie an ihrer Doktorarbeit – und hat die Biofilter nicht aus den Augen verloren. Denn wenn das Moor Arsen fest bindet, wäre es auch einer. Dann ließen sich vielleicht Systeme auf Torf-Basis entwickeln, mit denen Entwicklungsländer günstig Trinkwasser reinigen könnten.

### Staub- und metallfreie Laboratorien

Die Hälfte von Shotyks Mannschaft, allen voran der Chemiker Michael Krachler, konzentriert sich auf

die Analytik, entwickelt neue Methoden, optimiert bestehende, senkt Nachweisgrenzen. Ihr Rezept: Sauber arbeiten, wie Krachler betont. Denn in der Spurenanalytik bestimmt oft nicht die Geräteleistung die Nachweisgrenze, sondern die Reinheit der Umgebung und der verwendeten Chemikalien. Das fängt an bei der für den Aufschluss einer Torfprobe verwendeten Salpetersäure. „Per analysis“-Qualität reicht nicht aus; die Säure wird erst noch in einer speziellen Apparatur schonend destilliert. Sub-boiling-Destillation heißt das Verfahren, bei dem ein goldbeschichteter IR-Heizstrahler die zu reinigende Säure nur an deren Oberfläche erhitzt. Da die Flüssigkeit nicht siedet, reißt der Dampf weniger Verunreinigungen mit ins Kondensat als bei der üblichen Destillation. Ein Liter solch ultra-reiner Säure kostet bei kommerziellen Anbietern etwa 600 Euro, die eigene Herstellung weniger als ein Hundertstel.

Die Sub-boiling-Destillierapparatur steht in einem Reinluftlabor. Hier wird die einströmende Luft gefiltert; die Scharniere der Schränke bestehen aus Teflon statt aus Metall; die Wände sind lackiert, damit sich kein Staub ablagern kann. Die Forscher arbeiten an sterilen Werkbänken – wie in Biolabors, als hantierten sie mit gefährlichen Bakterien. Nur dass sie mit dem Aufwand nicht sich schützen, sondern die Probe.

Noch eine Klasse reiner ist das Labor nebenan, in dem die gefilterte Luft einen permanenten Überdruck erzeugt. Hier ist viel Platz für die analytischen Geräte, beispielsweise für die beiden Massenspektrometer zur Element- und Isotopenbestimmung, das Sektorfeld-ICP-MS und das Thermionen-MS. In dieser ultrareinen Luft kann Krachler noch 0,06 ppt Blei in der Probe nachweisen – damit liegt er um den Faktor zehn unter der üblichen Nachweisgrenze.

### Die nächste Herausforderung: Eis

Der Bau der Reinluftlaboratorien war für Bill Shoty die Voraussetzung, dem Ruf nach Heidelberg vor vier Jahren zu folgen. Nun erfüllt ihm die hochreine, staubfreie Umgebung einen Traum: Sie erlaubt die Analyse von Eiskernen, deren Elementkonzentrationen noch wesentlich geringer sind als die im Torf. Da liegen Autosamplergefäße schon mal 14 Tage zwecks Reinigung in heißer Salpetersäure – „wegen der Tiefenwirkung,“ so Krachler –, bevor sie das Schmelzwasser aufnehmen dürfen. Bei der Untersuchung von Eiskernen arbeiten die Heidelberger mit Wissenschaftlern vom Geological Survey of Canada zusammen. Ihr Ziel ist, die Elementkonzentrationen im Eis denen im Torf gegenüberzustellen. Auf diesen Vergleich ist am ehesten Verlass, wenn Eis- und Torfproben an denselben Geräten mit denselben Methoden – am besten vom selben Chemiker – analysiert werden.

Noch verfügen die Heidelberger Geochemiker nicht über genügend Daten, um die beiden Umweltarchive



zu vergleichen. In einigen Punkten aber schneidet Eis jetzt schon schlechter ab. Torfkerne sind wesentlich einfacher zu bohren und zu handhaben. Schon die Aufbereitung der Eiskerne ist viel mühsamer: Um Verunreinigungen vom Bohren auszuschließen, muss die äußere Schicht mit einem Teflonschaber entfernt werden – bei eisigen Temperaturen unter

hochreinen Bedingungen im Kälteraum. An einem Kern von 65 Meter Länge, der etwa 150 Jahre abdeckt, kratzt man eine Weile. Krachler scheint das nicht zu schrecken: „Der nächste Bohrkern wird älter sein als 10 000 Jahre.“ Man darf gespannt sein, ob mehrere Hundert Meter Eis eine andere Geschichte erzählen als wenige Meter Torf.



**AUFsätze**

<b>Atomgewichte</b>				<b>Atommassen bezogen auf 12 C = 12,0000</b>
Ag 107,868	Cs 132,9054	K 39,098	Pb 207,19	Sr 87,62
Al 26,981	Cu 63,546	Kr 83,80	Pd 106,4	Ta 180,9479
Ar 39,948	Dy 162,50	La 138,9155	Pr 140,9077	Tb 158,9254
As 74,9216	Er 167,26	Li 6,941	Pt 195,09	Tc 98,9062
Au 196,9665	Eu 151,96	Lu 174,97	Pu 244	Te 127,60
B 10,81	F 18,9984	Mg 24,305	Ra 226,02	Th 232,038
Ba 137,34	Fe 55,847	Mn 54,9380	Rb 85,467	Ti 47,90
Be 9,01218	Ga 69,72	Mo 95,94	Re 186,2	Tl 204,37
Bi 208,9804	Ge 72,59	N 14,0067	Rh 102,9055	Tm 168,9342
B 79,904	H 1,0079	Na 22,9898	Ru 101,07	U 238,029
C 12,011	He 4,0026	Nb 92,9064	S 32,064	V 50,944
Ca 40,08	Hf 178,49	Nd 144,24	Sb 121,75	W 183,85
Cd 112,40	Hg 200,59	Ne 20,179	Sc 44,9559	Xe 131,30
Ce 140,12	Ho 164,9304	Ni 58,71	Se 78,96	Y 88,909
Cl 35,453	I 126,9045	O 15,9994	Si 28,086	Yb 173,04
Co 58,9332	In 114,82	Os 190,2	Sm 150,35	Zn 65,38
Cr 51,996	Ir 192,22	P 30,9738	Sn 118,69	Zr 91,22

## Jetzt gibt es den 40-Seiten-CLB-Sonderdruck Moderne Ionanalytik.

Es handelt sich dabei um eine Zusammenfassung der Artikel der Reihe „Moderne Ionanalytik“, die im Memory-Teil der CLB ab Ausgabe 12/2002 bis 12/2003 erschienen sind.

Der Sonderdruck ist kostenlos zu beziehen über die

Deutsche METROHM GmbH & Co. KG  
– Abteilung Marketing –  
In den Birken 3  
D-70794 Filderstadt  
Fax: 0711 77088 55  
e-Mail: sales@metrohm.de

# Iodierte Röntgenkontrastmittel in Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser

Wolfram Seitz, Walter H. Weber, Dirk Flottmann, Wolfgang Schulz

Für den Zweckverband Landeswasserversorgung (LW) ist es von großer Bedeutung, die Kontamination der zur Trinkwassergewinnung genutzten Rohwässer mit potentiellen Verunreinigungen und deren Verhalten bei der Wasseraufbereitung zu kennen. Deshalb wurde im Betriebs- und Forschungslaboratorium der LW ein Analysenverfahren zur Bestimmung von iodierten Röntgenkontrastmitteln (RKM) entwickelt. Mit Hilfe dieses Verfahrens, basierend auf Festphasen-Extraktion als Anreicherungsschritt und HPLC-Tandem-Massenspektrometrie mittels Ionenfallentechnologie, wurde die Belastung der Donau unterhalb Ulms hinsichtlich RKM untersucht. Das aufgenommene Profil machte das Auftreten von Konzentrationsschwankungen deutlich sichtbar.

## Einleitung

Seit Anfang der 90er Jahre des vergangenen Jahrhunderts rücken Arzneimittel hinsichtlich ihres Vorkommens im Wasserkreislauf immer mehr in den Blickpunkt. Es zeigte sich, dass vorhandene Abwasserreinigungstechniken nicht für eine vollständige Entfer-

nung aller eingesetzten Substanzen ausreichen. Dies führt zum Eintrag von Arzneimitteln in Oberflächen-gewässer und zur Verunreinigung von beeinflussten Grundwässern. Besonders persistente Verbindungen, wie zum Beispiel iodierte Röntgenkontrastmittel lassen sich bei der Wasseraufbereitung nicht oder nur unvollständig entfernen und wurden bereits im Trinkwasser nachgewiesen [1, 2]. Die im Trinkwasser gemessenen Konzentrationen sind nach heutigen Kenntnissen für eine akute Wirkung am Menschen zu niedrig. Die Auswirkungen einer Dauerbelastung durch die Aufnahme über das Trinkwasser sind jedoch ungeklärt. Aus Gründen der Vorsorge wird folglich eine Minimierung des Eintrags von Arzneimittelrückständen in die Umwelt und damit auch potenziell in das Trinkwasser angestrebt.

Für die Entwicklung und Optimierung geeigneter Wasseraufbereitungstechniken ist eine detaillierte Untersuchung des Verhaltens von Arzneimittelrückständen notwendig und macht eine sichere Einzelstoffanalytik erforderlich. Der Einsatz der Gaschromatographie in der Ultraspurenanalytik ist seit vielen Jahren bewährt, gelingt jedoch im Falle der RKM aufgrund deren hoher Polarität nicht. Aus gleichem Grund ist auch ihre analytische Erfassung mittels HPLC/MS-Multiverfahren zur Bestimmung von Arzneimitteln nicht möglich [3]. Deshalb werden spezielle Methoden auf Basis der hochempfindlichen und hochselektiven Kopplung von Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC) und Massenspektrometrie (MS) eingesetzt.

## Röntgenkontrastmittel

Iodierte Röntgenkontrastmittel werden in der radiologischen Diagnostik zur gezielten Darstellung von Gefäßen und Organen eingesetzt und in Kliniken sowie von niedergelassenen Ärzten zu ungefähr gleichen Anteilen verabreicht. Eine Einzeldosis beträgt hierbei ungefähr 100 Gramm Kontrastmittel, das in Form hochkonzentrierter wässriger Lösungen appliziert wird [4]. Die jährlichen Verbrauchsmengen liegen allein in Deutschland bei ungefähr 500 Tonnen [5]. Die Grundstruktur aller RKM ist die ionische Substanz Amidotrizoensäure (Abbildung 1).

Iodierte Röntgenkontrastmittel sind nach Sacher et al. aufgrund ihrer hohen Persistenz wasserwerks- und zudem trinkwasserrelevant, wobei Letzteres durch ihre unvollständige Adsorbierbarkeit an Aktivkohle

## Die Autoren

**Wolfram Seitz** studierte an der Fachhochschule Aalen Chemie und absolvierte seine Diplomarbeit im Betriebs- und Forschungslaboratorium des Zweckverbands Landeswasserversorgung (LW). Dort promoviert er derzeit in Zusammenarbeit mit der University of Surrey (England) und arbeitet u.a. an der Entwicklung von analytischen Verfahren zur Bestimmung von Röntgenkontrast-, Arznei- und Pflanzenschutzmitteln. **Dr. Walter Weber** studierte an den Universitäten Clausthal-Zellerfeld und Stuttgart Chemie sowie Lebensmittelchemie und promovierte anschließend an der Universität Hohenheim in Organischer Chemie. Nach einigen Jahren als Leiter der Zentralen Messabteilung der CVUA Sigmaringen leitete er seit 1990 das Betriebs- und Forschungslaboratorium der LW. **Prof. Dr. Dirk Flottmann** absolvierte sein Studium der Chemie an der Universität Bielefeld und promovierte dort in Physikalischer Chemie. Prof. Flottmann beschäftigte sich bereits während seiner Tätigkeit bei der Wacker Chemie GmbH in Burghausen bzw. Wacker Siltronic AG in Singapur mit der Entwicklung neuer analytischer Verfahren. Seit April 2002 lehrt und forscht er an der Fachhochschule Aalen. Nach abgeschlossenem Chemiestudium an der Fachhochschule Aalen und anschließendem Studium der Physik an der Universität Stuttgart arbeitet **Dr. Wolfgang Schulz** seit 1988 im Umweltlabor der wave GmbH in Stuttgart als technischer Laborleiter. Dr. Schulz promovierte an der Universität Lüneburg im Fachbereich Umweltwissenschaften.



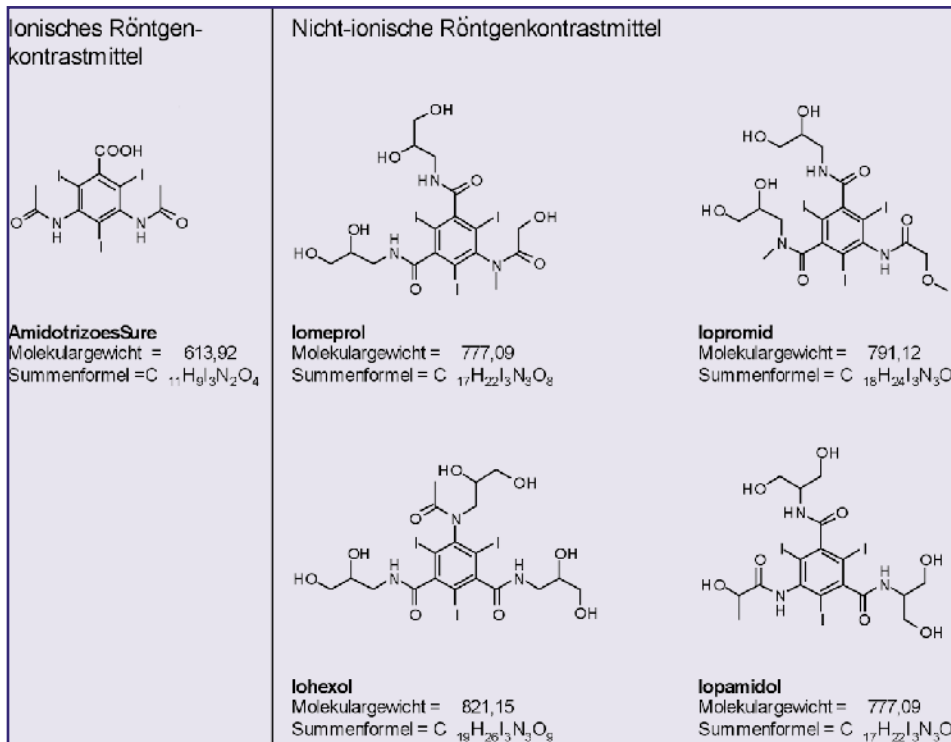


Abbildung 1: Strukturformeln der untersuchten Röntgenkontrastmittel.



verursacht wird [6]. RKM gelangen einerseits über das Krankenhausabwasser konzentriert und andererseits durch den Einsatz in Facharztpraxen diffus in die Umwelt [7, 8]. Über die Kläranlagen oder vereinzelt auch Leckagen in Abwasserleitungen kontaminieren Arzneimittelrückstände die aquatische Umwelt.

Die Konzentrationen an RKM betragen in Kläranlagen einige Mikrogramm je Liter [9, 10]. Die Belastung des Oberflächenwassers ist stark vom Abwasseranteil abhängig und beträgt einige Hundert Nanogramm je Liter [1, 2, 11]. Das Vorkommen im Grundwasser wurde von Sacher et al. im Rahmen eines Monitoring-Programms in Baden-Württemberg untersucht, wobei im exponierten Grundwasser von dem Röntgenkontrastmittel Amidotrizoesäure bis zu 1100 Nanogramm je Liter nachgewiesen wurden [12]. Baus konnte RKM mit Konzentrationen bis zu einigen Hundert Nanogramm je Liter im Trinkwasser bestimmen [1]. Trotz mehrstufiger Wasseraufbereitungsverfahren können Röntgenkontrastmittel ins Trinkwasser gelangen [2].

## Analytik iodierter Röntgenkontrastmittel

### Probenvorbereitung mittels Festphasen-Extraktion

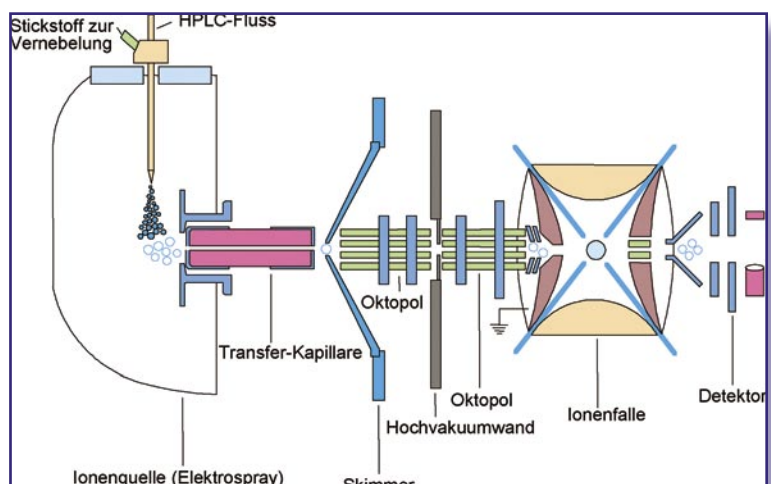
Um Spurenbestandteile einer Probe der Analytik zugänglich zu machen, ist eine Anreicherung häufig unumgänglich. Die Festphasen-Extraktion (SPE) hat sich in den letzten Jahren gegenüber der Flüssig-flüssig-Extraktion (LLE) etabliert. Vorteile der Festphasen-Extraktion sind der geringe Lösemittelverbrauch, die Möglichkeit zur Zeitersparnis durch Automatisierung und die spezifische Anreicherung von Analyten. Da die Festphasen-Extraktion auf dem Prinzip der Chromatographie basiert, lassen sich für die Anreicherung der Analyten chromatographische Bedingungen optimieren, die zu verbesserten und spezifischeren Extraktionstechniken führen.

Die Festphasen-Extraktion bietet durch unterschiedliche Sorbentien die Möglichkeit auf unpolare, polare und ionische Wechselwirkungen zurückzugreifen, wohingegen die Flüssig-flüssig-Extraktion nur auf Verteilungsgleichgewichten basiert.

Durch die Konditionierung des Sorbens wird eine reproduzierbare Wechselwirkung zwischen Analyt und fester Phase gewährleistet. Die Konditionierung stellt eine Benetzung des Sorbens mit Lösemittel dar und ermöglicht dadurch die Adsorption des Analyten. Ein Trockenlaufen des Sorbens muss vermieden werden, da dies zu einer schlechten Reproduzierbarkeit der Anreicherung führt. Unpolare Sorbentien werden mit polaren Lösemitteln konditioniert, polare Sorbentien mit unpolaren Lösemitteln. Die Konditionierung wird

matographie basiert, lassen sich für die Anreicherung der Analyten chromatographische Bedingungen optimieren, die zu verbesserten und spezifischeren Extraktionstechniken führen.

Abbildung 2: Schematische Darstellung von Elektrospray-Interface und Ionenfalle (Agilent 1100 Series LC/MSD Trap SL).



immer mit dem Lösemittel abgeschlossen, in dem der Analyt gelöst ist (reine Matrix).

### Kopplung von HPLC und Massenspektrometrie

Die Kopplung der Hochleistungsflüssigkeitschromatographie mit der Massenspektrometrie (HPLC/MS) wird für die Routinespurenanalytik im Bereich polarer organischer Substanzen erst seit wenigen Jahren eingesetzt. Die Analytik mittels GC/MS ist im Gegensatz zur HPLC/MS seit längerem etabliert, jedoch in ihrem Einsatzgebiet limitiert. Mit Hilfe der Gaschromatographie lassen sich lediglich unpolare, unzersetzt verdampfbare beziehungsweise derivatisierte polare Substanzen analysieren.

Eine elementare Komponente eines HPLC/MS-Systems ist das so genannte Interface, das die Verbindung zwischen flüssiger Phase und dem Hochvakuum des massenselektiven Detektors herstellt. Je nach den chemischen Eigenschaften der Analyten kann eine geeignete Ionenquelle eingesetzt werden. Für polare Analyte ist das Elektrospray, für weniger polare Analyte das APCI (Atmospheric Pressure Chemical Ionization) geeignet. Die Ionisation findet jeweils bei Atmosphärendruck in der Sprühkammer statt, über eine beheizte Kapillare, Skimmer und Octopole werden die gebildeten Ionen in das Hochvakuum des massenselektiven Detektors überführt (Abbildung 2).

Weitverbreitete massenselektive Detektoren sind Triple-Quadrupol-Geräte, die die Aufnahme von zweistufigen Massenspektren (MS/MS) ermöglichen. Hierbei werden generell zunächst Quasimolekülonen oder sonstige Vorläuferionen isoliert, um nach deren stoßinduzierter Fragmentierung die gebildeten Tochterionen analysieren zu können.

Bisher wurde zur Bestimmung von iodierten Röntgenkontrastmitteln die Kopplung von HPLC über ein Elektrospray-Interface mit einem Triple-Quadrupol-Massenspektrometer beschrieben [4, 13, 14].

Der vorliegende Artikel stellt erstmals den Einsatz einer Ionenfalle als massenselektiven Detektor in der RKM-Analytik vor. Der Vorteil besteht gegenüber Triple-Quadrupol-Geräten in der Möglichkeit neben zweistufigen (MS/MS) auch mehrstufige (MS<sub>n</sub>) Massenspektren aufzuzeichnen. Im Vergleich zu Quadrupolgeräten ermöglichen Ionenfallen die empfindliche Detektion voller Massenspektren, wobei wertvolle Strukturinformationen erhalten werden können. Organische Spurensubstanzen können hierdurch mit erhöhter Selektivität nachgewiesen werden. Die Aufnahme mehrstufiger Massenspektren lässt sich zudem in der Strukturaufklärung einsetzen.

### Methodenentwicklung

Zunächst war es notwendig, die Parameter zur massenspektrometrischen Detektion durch direkte Injektion von Referenzlösungen zu ermitteln. Hierbei wurden nach Identifikation der Vorläuferionen im einfachen Massenspektrum die entsprechenden Tochterionen (Fragmente) im zweistufigen Massenspektrum bestimmt (Abbildung 3).

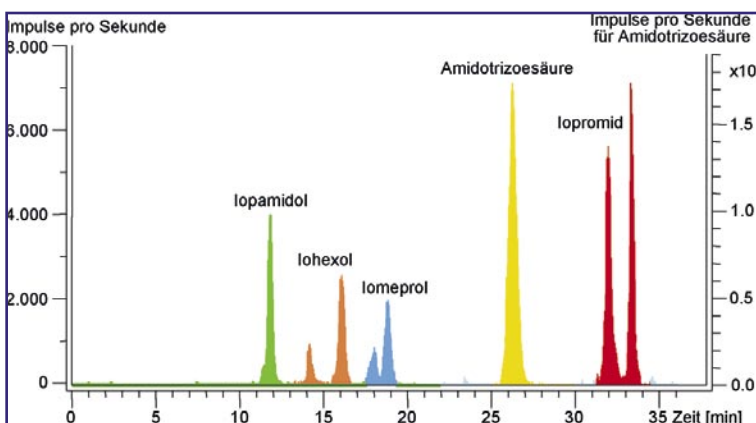
Im Folgenden wurde zur Erhöhung der Selektivität die chromatographische Trennung der RKM optimiert. Dies konnte durch den Einsatz einer octadecylmodifizierten Umkehrphase (C18) und Wasser-Acetonitril (pH-Wert ~ 2,5) als Elutionsmittelgemisch erreicht werden (Tabelle 1). Die Detektion jedes einzelnen RKM wird somit unter spezifischen Bedingungen gewährleistet. Hierdurch lässt sich der Einfluss von Matrixkomponenten, die bei der Untersuchung von Extrakten aus Umweltkompartimenten zu deutlichen Signalunterdrückungen bei der Elektrospray-Ionisation führen können, reduzieren. Die carboxylgruppenhaltige Amidotrizoesäure konnte durch Zusatz von Ameisensäure (pH-Wert ~ 2,5) vom koelutierenden Iomeprol getrennt werden und eluiert nun zwischen Iomeprol und Iopromid (Abbildung 3). Stereoisomere der nicht-ionischen Röntgenkontrastmittel werden teilweise chromatographisch getrennt, was zur Bildung von Doppelpicks führt [4, 14].

Weitere getestete chromatographische Säulen erwiesen sich unter den gewählten Bedingungen für eine vollständige Basislinientrennung als unzureichend.

Zur Probenvorbereitung wurde ein Festphasenmaterial auf hydroxylierter Polystyrol-Basis gewählt, das sehr gut zur Extraktion von polaren Substanzen geeignet ist. Häufig eingesetzte Festphasenmaterialien, wie beispielsweise C18-modifizierte Kieselgele sind zur Extraktion von sehr polaren Substanzen wie den RKM weniger gut geeignet [14].

Nach Optimierung des Extraktionsschrittes konnten zufrieden stellende Wiederfindungsraten über das

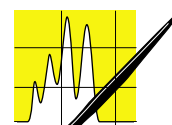
Abbildung 3:  
HPLC-Chromatogramm zur Trennung von Röntgenkontrastmitteln (Probenaufgabe: 2 ng absolut) im MS/MS-Modus.



Substanz	Retentionszeit (min)	Vorläuferionen (m/z)	Tochterionen (m/z)
Iopamidol	11,6	778,1	558,9; 632,1
Iohexol	14,3; 16,4	822,1	529,0; 656,9
Iomeprol	18,2; 19,0	778,1	559,0; 632,0; 686,9
Diatrizoate	24,5	361,1	233,0
Iopromide	31,9; 33,2	792,1	559,1; 573,1; 646,2

<b>Trennsäule</b>	Phenomenex Luna RP-18 (2), 250 x 4,6 mm, 5 µm	
<b>Eluent A</b>	Reinstwasser, 10 mL/L Acetonitril, 5 mL/L Ameisensäure, 1 mL/L Ammoniumformiat (5 mol/L)	
<b>Eluent B</b>	Acetonitril	
<b>Flussrate</b>	0,40 mL/min	
<b>Säulentemperatur</b>	30,0 °C	
<b>Injektionsvolumen</b>	2 – 40 µL	
<b>Gradient</b>	Zeit (min)	Eluent B
	0	5 %
	16	5 %
	30	15 %
	35	15 %

Tabelle 1: Chromatographische Daten.



AUFSÄTZE

Gesamtverfahren von 50 bis 90 % erreicht werden. Lediglich Iopamidol wird nicht vollständig vom Sorbens zurückgehalten. Der Zusatz von 5 g/L Natriumchlorid erwies sich als optimal, um die erzielten Wiederfindungsraten um etwa 10 bis 15 % zu erhöhen. Ein hoher Anreicherungsfaktor mit geringem Substanzdurchbruch wurde bei einem Extraktionsvolumen von 750 mL erhalten (Tabelle 2). Unter Einsatz der Festphasen-Extraktion können über das Gesamtverfahren Bestimmungsgrenzen nach DIN 32645 kleiner als 10 ng/L angegeben werden [15].

### Untersuchungsergebnisse

Die Landeswasserversorgung gewinnt zur Versorgung von mehr als 3 Millionen Menschen im Raum Stuttgart, Ostwürttemberg und Teilen der Schwäbischen Alb Trinkwasser aus Grund- und Oberflächenwasser. Das geförderte Grundwasser bedarf außer einer Transportdesinfektion mittels Chlordioxid in der Regel keiner weiteren Behandlung. Zusätzlich zum Grundwasser wird Oberflächenwasser direkt aus der Donau bei Leipheim entnommen. Das Rohwasserpumpwerk befindet sich etwa 13 km stromabwärts der Großkläranlage des Raumes Ulm/Neu-Ulm und ist deshalb trotz aufwändiger Abwasseraufbereitung durch kommunales Abwasser gefährdet.

Das Donauwasser wird im Wasserwerk Lengenau einer aufwändigen Aufbereitung unterzogen. Die Trinkwassergewinnung erfolgt über ein Multi-barrierenverfahren bestehend aus: Vorreinigung (Kompaktflockung), Ozonung, Mehrschicht- sowie Aktivkohlefiltration. Da RKM durch konventionelle Aufbereitungsverfahren nur unvollständig entfernt werden können, ist die Belastung des Rohwassers mit Kontrastmitteln von besonderem Interesse. Es wurde deshalb ein umfangreiches Untersuchungsprogramm durchgeführt, das die Erfassung der durchschnittlichen Belastung sowie von Konzentrationsschwankungen in Form eines Profils ermöglichte (Abbildung 4). Das ionische Röntgenkontrastmittel Amidotrizoensäure und die nicht-ionische Verbindung Iopamidol stellen mit Maximalwerten von 580 bzw. 520 ng/L die Hauptbelastung unter den untersuchten Verbindungen dar. Die Medianwerte betragen 310, 230, 205, 185 und 120 ng/L für Iopamidol, Iomeprol, Amidotrizoensäure, Iohexol bzw. Iopromid. Daraus leitet sich ein permanentes Vorkommen von iodierten Röntgenkontrastmitteln im Oberflächenwasser ab.

Innerhalb weniger Stunden ändert sich die Röntgenkontrastmittelbelastung der Donau stark genug, um zur Bildung von peakähnlichen Spitzenbelastungen zu führen. Der Unterschied zwischen Minimal- und

Festphasen-Extraktion					
Material	Isolute ENV+ (200 mg)				
Extraktionsvolumen	750 mL				
pH-Wert	3 mit Schwefelsäure				
Elution	4 mL Methanol; Abdampfrückstand in 300 µL H <sub>2</sub> O/Acetonitril 85 : 15 aufnehmen				
Nachweisgrenze LOD und Bestimmungsgrenze LOQ nach DIN 32645 (in ng/L)					
	Iopamidol	Iohexol	Iomeprol	Amidotrizoensäure	Iopromid
LOD	2,5	2,5	1,5	0,6	0,7
LOQ	7,9	7,2	3,8	1,9	2,2

Tabelle 2: Festphasen-Extraktion und Bestimmungsgrenzen nach DIN 32645 [15].

Maximalwert beträgt für Iopamidol den Faktor vier und für Amidotrizoesäure bis zum Faktor sechs. Die tatsächlichen Spitzenbelastungen lagen vermutlich noch höher, da durch die zur Erstellung des Konzentrationsprofils entnommenen 2h-Mischproben bereits eine erste Nivellierung vorgenommen wurde. Als generelle Aussage kann aus den stark schwankenden Ergebnissen abgeleitet werden, dass im Falle der RKM eine vergleichende Beurteilung von Fließgewässern durch die Untersuchung sehr weniger Stichproben von nur geringer Aussagekraft ist.

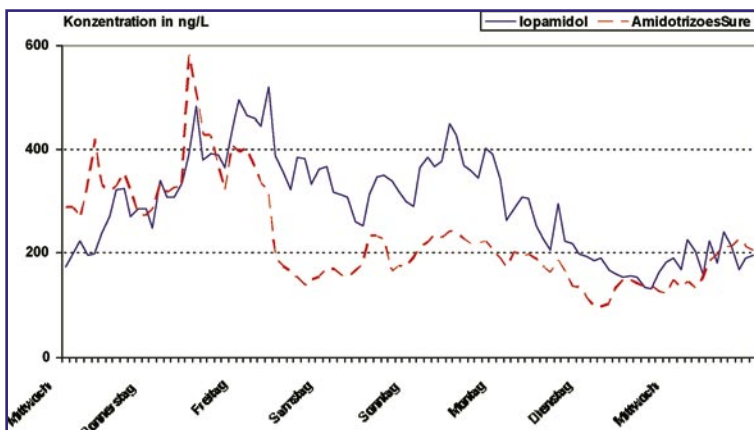
### Zusammenfassung

Neben dem Einsatz von Triple-Quadrupol-Massenspektrometern zur Bestimmung von iodierten Röntgenkontrastmitteln wird erstmals der Einsatz der Ionenfallentechnologie beschrieben. Dies ermöglicht die empfindliche Detektion voller Massenspektren, wobei wertvolle Strukturinformationen erhalten werden können.

Die chromatographische Trennung mittels HPLC wurde hinsichtlich der Auflösung von allen untersuchten Röntgenkontrastmitteln optimiert. Dies führte zu einer weiteren Selektivitätserhöhung und einem reduzierten Einfluss von Matrixkomponenten auf den Ionisationsprozess. Eine vollständige Trennung gelang durch den Zusatz von Ameisensäure zum Wasser-Acetonitril-Gemisch. Zufrieden stellende Wiederfindungsraten über das Gesamtverfahren von 50 bis 90 % konnten mittels eines hydroxylierten Festphasenmaterials auf Polystyrol-Basis erhalten werden. Die Bestimmungsgrenzen nach DIN 32645 über das Gesamtverfahren betragen 10 ng/L.

Die Untersuchungen von matrixbelasteten Realproben aus der Donau zeigen, dass sowohl die Festphasen-Extraktion mittels Isolute ENV+ als auch die HPLC/MS-Analyse mittels Ionenfallentechnologie für

Abbildung 4: Konzentrationsprofil ausgewählter Röntgenkontrastmittel in der Donau (Leipheim). Die Abbildung zeigt den Verlauf vom 23. bis 30. Juni 2004.



	Iopamidol	Amidotrizoesäure
Minimalwert (ng/L)	130	98
Medianwert (ng/L)	310	205
Maximalwert (ng/L)	520	580

die Routine in der Wasseranalytik bestens geeignet ist. Stark schwankende RKM-Gehalte in der Donau zeigen, dass zur Beurteilung der Belastung eines Fließgewässers Einzelbefunde nicht absolut aussagekräftig sind.

### Literatur

- [1] Baus, Chr. (2002): Vorkommen von iodierten Röntgenkontrastmitteln und ihr Verhalten bei der Trinkwasseraufbereitung, TZW-Schriftenreihe, Band 18, 13-30
- [2] Seitz, W., Albert R. N., Weber, W. H., Flottmann, D., Schulz, W. (2004): Iodinated X-ray contrast media – Analytical method, occurrence and removal in waterworks, Acta hydrochim. hydrobiol., eingereicht zur Publikation
- [3] Reupert, R., Brausen, G. (2004): Bestimmung relevanter Arzneimittelwirkstoffe in Gewässern. CLB Chemie in Labor und Biotechnik 3, 55. Jahrgang, 88-91
- [4] Putschew, A., Schittko, S., Jekel, M. (2001): Quantification of triiodinated benzene derivatives and X-ray contrast media in water samples by liquid chromatography-electrospray tandem mass spectrometry, J. Chromatogr. A, 930, 127-134
- [5] Ternes, T. A., Hirsch, R. (2000): Occurrence and behavior of X-ray contrast media in sewage facilities and the aquatic environment, Environ. Sci. Technol., 34, 2741-2748
- [6] Sacher, F., Karrenbrock, F., Knepper, Th. P., Lindner, K. (2001): Untersuchungen der Adsorbierbarkeit von organischen Einzelstoffen als ein Kriterium ihrer Trinkwasserrelevanz, Vom Wasser, Band 96, 173-192
- [7] Hailß, A., Hubner, P., Zipfel, J., Kümmerer, K. (1998): Europäische Krankenhäuser als AOX-Emittenten, Vom Wasser, Band 85, 59-67
- [8] Hundesrüge, T. (1998): Arzneimittel in der Umwelt – Weg des Röntgenkontrastmittels Iopentol, Krankenhauspharmazie, 5, 245-248
- [9] Daughton, C. G., Ternes, T. A. (1999): Pharmaceutical and personal care products in the environment: Agents of subtle change?, Environ. Health Persp., 107, Suppl. 6, 907-944
- [10] Jekel, M., Wischnack, S. (2000): Herkunft und Verhalten iodorganischer Verbindungen im Wasserkreislauf, Schriftenreihe Wasserforschung Berlin, Band 6, 61-69
- [11] Putschew, A., Wischnack, M., Jekel, M. (2000): Occurrence of triiodinated X-ray contrast agents in the aquatic environment, Sci. Total Environ., 255, 129-134
- [12] Sacher, F., Gabriel, S., Metzinger, M., Stretz, A., Wenz, M., Lange, F. Th., Brauch, H.-J., Blankenhorn, I. (2002): Arzneimittelwirkstoffe im Grundwasser – Ergebnisse eines Monitoring-Programms in Baden-Württemberg, Vom Wasser, Band 99, 183-196
- [13] Sacher, F., Lange, F. T., Brauch, H.-J., Blankenhorn, I. (2001): Pharmaceuticals in groundwaters – Analytical methods and results of a monitoring program in Baden-Württemberg, Germany, J. Chromatogr. A, 938, 199-210
- [14] Hirsch, R., Ternes, T. A., Lindart, A., Haberer, K., Wilken, R.-D. (2000): A sensitive method for the determination of iodine containing diagnostic agents in aqueous matrices using LC-electrospray-tandem-MS detection, Fresenius J. Anal. Chem., 366, 835-841
- [15] Deutsches Institut für Normung (1994): DIN 32645: Nachweis, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze, Beuth-Verlag, Berlin.



Chemie in Labor und Biotechnik

Autoren- und Sachwortregister  
zum 55. Jahrgang 2004

**Aufsätze**

**Albert, Roger; Weber, Walter**

HPTLC/AMD in der Wasseranalytik:  
Bestimmung hydroxylierter  
Triazinabbauprodukte und saurer  
Pestizide ..... 172

**Bischoff, Robert; Bischoff  
Gerlinde; Lorenz, Wilhelm**

Schnelle qualitative Wasseranalyse:  
Innovative Sensortechnik und  
neuronale Netzanalyse..... 132

**Bründermann, Erik**

Chemie und Medizin im neuen  
Licht: Science und Fiktion mit  
terahertz-Licht..... 56

**Ellmer, Reinhold**

Computerunterstützte Recherche  
in der Chemie: Informationen  
beschaffen und bewerten..... 415

**Essing, Alfons**

Industrielle Praxis: Automatische  
Analyse von Wässern und  
Prozesslösungen ..... 103

**Flottmann, Dirk; Hins, Jürgen;  
Rettenmaier, Christian; Schnell,  
Norbert; Trinkle, Andreas**

Zweidimensionale kapillarelektro-  
trophoretische Methoden: Sehr  
geringe Matrixempfindlichkeit .....  
..... 288

**Gebelein, Helmut; Holfeld,  
Martin; Wiskamp, Volker**

Ernährungsphysiologie: Säuren/  
Basen/Puffer; Biochemie der  
Harnsäure und Milchsäure..... 408

**Grinshtein, Ilya L.; Vil'pan, Yu. A.;  
Akotov, A. A.; Gucher, Sh.**

With two-step Atomizer: Direct  
Electrothermal Atomic Absorption  
Determination of Mercury in  
Drinking Water..... 92

**Hasenpusch, Wolfgang**

Aquarien-Chemie: Gratwanderung  
zwischen Anspruch und  
Empfindlichkeit: Die Zucht der  
Riesenmuscheln ..... 48

Grenzgänger zwischen Organik und  
Anorganik: Essigsäure und Acetate  
..... 216

Das Übergangsmetall Wolfram:  
Vom Glühdraht zum Supermetall..  
..... 334

Chemie der blauen Farben:  
Kein Berliner Blau im Berliner  
Olympiastadion ..... 411

**Kässer, Mechthild**

Genregulierung durch kleine RNS-  
Moleküle: RNS-Schnipsel lassen  
Gene verstummen ..... 168

Künstliche Enzyme und Antikörper  
für die Biotechnik: Molekular  
geprägte Kunststoffe..... 208

25 Jahre P53-Forschung: Der  
Wächter des Genoms..... 252

Hefezellen lernen, wertvolle  
Eiweiße auch sauber auszuliefern:  
Ein starkes Sekretionssignal aus  
dem Virus K28 ..... 448

**Kickuth, Rolf**

Technische Nutzung der  
Selbstorganisation: Die Natur für  
sich arbeiten lassen ..... 374

**Koch, Karl Heinz**

Dokimasie – gestern und heute:  
Die Automatisierung einer alten  
Methode ..... 18

Faszination Chemie:

Teil 1: Die Jahrmärkte früherer  
Jahrhunderte ..... 138

Teil 2: Alchemie und Chemie heute  
..... 176

**Kuß, Heinz-Martin;**

**Rütten, Frederik**

Analysenautomaten in der  
Wasseranalytik: Schnelle  
Multiparameteranalyse ..... 94

**Martin, Hans-Dietrich**

CLB-Autor seit 50 Jahren:  
Chemie anschaulich machen... 340

**Neubauer, Uta**

Photonik: Optische Techniken im  
Aufwind ..... 248

Drogenanalytik in Haaren:  
„Fahrtenschreiber“ mit Tücken.....  
..... 368

Umweltgeochemie: Moore  
erzählen die Gesschichte der  
Umweltverschmutzung..... 450

**Petri, Michael**

HPLC-ICPMS-Kopplung bei  
wässrigen Proben: Leistungsfähig in  
der Speziesanalytik..... 135

**Reupert, Rolf; Brausen, Giesela**

Multiverfahren mittels HPLC-  
MS/MS: Bestimmung relevanter  
Arzneimittelwirkstoffe in  
Gewässern ..... 88

**Reupert, Rolf; Meckbach, Georg**

Bestimmung von Pflanzenbehand-  
lungsmitteln mittels HPLC nach  
DIN/ENISO 11369: Erfahrungen  
und Qualitätssicherung..... 128

**Schaal, Frederik; Ott, Torben**

Jugend forscht 2004: Ein  
Spektrometer für Schulen..... 211

**Schwedt, Georg**

Dem Begründer der gewerblichen  
Chemie zum 400. Geburtstag:  
Glauber und sein Wundersalz . 328

## Schulz, Stephen

Jugend forscht: Synthese von  
Naturstoffen: Von Radikalen zu  
Radikalfängern  
Teil 1 ..... 254  
Teil 2 ..... 293

## Seitz, Wolfram; Weber, Walter H.; Flottmann, Dirk; Schulz, Wolfgang

HPLC/MS/MS in der Wasser-  
analytik: Iodierte Röntgen-  
kontrastmittel in Oberflächen-,  
Grund- und Trinkwasser ..... 456

## Türk, Jochen; Plöger, Jörg;

## Kiffmeyer, Thekla K.;

## Becker, Bettina; Kabasci, Stephan; Schmidt, Klaus G.; Kuß, Heinz- Martin

Oxidative Behandlung von  
Krankenhausabwasser-Teilströmen:  
Bestimmung des Abbaus von  
persistenten Pharmazeutika mittels  
HPLC-MS/MS ..... 96

## Wachter, Gerhard;

## Kleiner, Joachim

Praktische Analytik: Forderung  
nach Varianzeninhomogenität – ein  
Ärgernis? ..... 52

## Werres, Friedrich

Effizienzsteigerung in Wasser-labora-  
torien: Festphasen-mikroextraktion  
(SPME) in Kombination der GC.....  
..... 100

## Wünschiers, Röbbbe

Einfache Herstellung individueller  
Biochips: Die Mikroarray-Maschine  
der Febit AG ..... 8  
Linux, Knoppix, Mac OS X, Open  
Source: Vorteile von Unix et al. in  
Chemie & Biologie:  
Teil 3: Hilfe & Jonglieren mit  
Dateien ..... 25  
Teil 4: Textverarbeitung ..... 61  
Teil 5: Kleine Helferlein ..... 109  
Teil 6: Textsuche mit Schuss:  
Reguläre Ausdrücke ..... 141  
Teil 7: Die graphische Oberfläche:  
X-Window ..... 181  
Teil 8: Computational Chemistry ..  
..... 223  
Teil 9: Datenprozessierung mit  
Skripsprachen ..... 261  
Teil 10: Awk Grundlagen ..... 302  
Teil 11: Awk – Trennzeichen &  
Muster ..... 347  
Teil 12: Awk – Skalare, Arrays,

Hashes ..... 382

Teil 13: Awk – Daten; Eingabe,  
Ausgabe und Formatierung ..... 421

Teil 14: Awk – Kontrollstrukturen.  
..... 461

## Žemberyová, Mária; Barteková, Jana; Žkulová, Erika

Speciation of Chromium in Water  
Samples: Analytical Procedures  
Using AAS ..... 106

## Ziegler, Jens

Künstliche Chemie (Teil 2):  
Die Abstraktion vom natürlichen  
Vorbild ..... 14

## Rubriken

### Bezugsquellenverzeichnis

39, 79, 119, 159, 199, 239, 279,  
319, 359, 399, 439, 479

### F & E im Bild

3, 43, 83, 123, 163, 203, 243,  
283, 323, 363, 403, 443

### Forschung und Technik

32, 150, 188, 230, 309, 429, 470

### Förderungen / Preise

7, 47, 87, 127, 167, 207, 247,  
287, 327, 367, 407, 447

### Literatur

191, 314, 353, 393, 475

### Messe / Kongress / Ereignisse

184, 269, 387, 425

### Nanotechnik

66, 271, 311

### Neue Produkte

36, 74, 116, 156, 194, 236, 273,  
316, 355, 394, 434, 476

### Personalia

6, 46, 86, 126, 166, 206, 246,  
287, 326, 366, 406, 446

### Umfeld Wissenschaft

34, 70, 189, 233, 312, 392, 432, 473

### Umschau

28, 64, 111, 145, 228, 256, 305,  
351, 390, 465

### Unternehmen

4, 44, 84, 124, 164, 204, 244,  
285, 324, 364, 404, 444

### Wirtschaft

72, 114, 154, 192, 235, 272, 433

## CLB-Memory

### Bulmahn, Maren

Polymerchemie ist mehr als PVC-  
Produktion: Hyperverzweigte und  
elektrochrome Polymere ..... M25

Von Liebig's Komplexbildungs-  
titration zum Biosensor: Cyanid-  
Analytik gestern und heute ..... M27

Finale des Bundeswettbewerbs  
„Jugend forscht“ in Saarbrücken:  
Motto: „Auf einmal ist alles  
relativ“ ..... M33

Ultradünne Wasserschichten  
und instabile Wasserringe: Neue  
Erkenntnisse über Wasser im  
Röntgenstrahl ..... M38

Verbraucher mögen keinen Kalk:  
Wie hartes Wasser weich wird M41

Biogas-Produktion optimieren:  
Enzyme und dynamische  
Prozesskontrolle helfen ..... M44

Pro und Contra Brotkruste:  
Melanoidine und Acrylamid:  
Auswirkungen hochmolekularer  
Röstprodukte ..... M68

Symposium und Studie zu opti-  
schen Technologien zeigen: „Licht  
ist der Rohstoff für die Zukunft“ ...  
..... M77

Überkritisches Kohlenstoffdioxid  
veredelt Tomatenreststoffe:  
Extraktion von Carotinoiden aus  
Fruchtmasse ..... M89

Nachwachsende Rohstoffe:  
Kollagen ..... M9

Amylose und Amylopektin ..... M49

Biodiesel aus Raps ..... M92

### Böhme, Doris

Sanierung eines „Phenolsees“  
durch Flockung mit Eisen-III-  
Salzen: Von der Altlast zum  
natürlichen See ..... M70

### Eickhoff, Susanne

Siliciumkreislauf am Übergang zwi-  
schen Land und Meer: Klimafaktor  
Silicium ..... M6

### Hoer, Renate

Anregungen für den  
Chemieunterricht: „Hilfe, die  
Riesen kommen“ ..... M62

### Hoffman, Elisabeth

Amüsante Statistik auf  
der Weihnachtsfeier:  
Selbstbeschenkung beim Wichteln  
..... M94



## Kichuth, Rolf

Die Rechtschreibung in der Chemie: Muss man Octan schreiben?.....M57

## Lukassowitz, Irene

Vorsicht beim Umgang mit Scoubidou-Bändern: Lösemittel und Weichmacher .....M79

## Nitschke, Christian; Bartolomaeus, Josephine; Sponholz, Karl

Eine Präsentation des Chemieunterrichts Klasse 8 zum Selbststudium: Wissensmanagement Chemie.M73

## Pickel, Gertraud

Dotierung ohne Fremdatome: Wie Strom durch Diamant fließt....M84

## Pieplow, Sylvia

Neue Wirkstoffe aus heimischen Wäldern: Schnecken mögen keine Schnecklinge .....M83

## Rockel, Angelika

Forschungslabor für Kinder und Studierende: Elisa-Lab in Bremen entdecken .....M87

## Schäfer, Peter

Büffeln und experimentieren für die Zukunft: Jülicher „Neutronenpraktikum“ .....M67

## Schlösser, Manfred

Rosten unter anäroben Bedingungen: Sulfatreduzierende Bakterien korrodieren Eisen...M21

## Wiskamp, Volker; Holfeld, Martin

Ein Vorschlag zur Behandlung im Chemie-Unterricht der Oberstufe: Steroide – Aufbau, Wirkung und Analytik.....M17

## Aus der Bildungslandschaft

M5, M13, M23, M31, M39, M47, M55, M63, M71, M79, M87, M95

## Nützliche Ratgeber

M2, M14, M23, M43, M51, M86, M90

## Rätsel aus der Chemie

M1, M16

## Fragen zu Grundlagen der Chemie

M8, M24, M32, M40, M48, M56, M64, M72, M80, M88, M96

## Schule, Ausbildung, Studium

Reform des Studiums Lehramt Chemie für die Sekundarstufe I ....M4

Weiterbildungs-Innovationspreis WIP 2004.....M12

Weiterbildung für Professoren .....M12

Weniger Institute für Toxikologie an deutschen Universitäten ...M15

Lehreinheiten und Multimedia-Bausteine für den Chemieunterricht.....M22

NaT-Working-Preis der Robert Bosch Stiftung.....M29

„Naturphänomene“ an hessischen Grundschulen.....M46

Eurobachelor in Chemistry.....M46

Langzeit-Studiengebühren .....M55

Plagiate in der Schule .....M60

Neue Medien im Unterricht ..M60

Lehrerfortbildung im SuperLab in Clausthal .....M66

Weltweite Umfrage zur Ausbildung im Chemical Engineering.....M85

Begabte Schüler – vernachlässigte Doktoranden .....M95

## Umwelt

DFG-Projekt zeigt die starke Verbreitung von Weichmachern ....M30

Stockholmer Abkommen ist in Kraft.....M52

Cadmium als krebserzeugend bewertet .....M59

Gefährliche Haushaltsmittel...M61

Pharmaka in der Kläranlage ....M71

## Vermischtes

Deutsches Akkreditierungswesen.. .....M47

Jugend forscht, Internationale Chemie-Olympiade, Chemie entdecken .....M54

Deutsche erfolgreich bei Chemieolympiade.....M63

Frauen in Wissenschaft und Forschung .....M63

Doppel-Wolframate machen Laser effizienter .....M65

Spintronik soll Elektronik ergänzen .....M81

Was Chemische Biologie kann.....M96

## Jahresregister

β-Carotin-Bleichung ..... 255  
4Pi-Mikroskope..... 250, 388

### A

Abbe-Limit ..... 388  
Absorptionsspektroskopie..... 213  
ABTS-Methode..... 256  
Abwässer, phenolische ..... M70  
Abwasseruntersuchungen..... 96  
Acetate ..... 216  
Acetator-Verfahren..... 217  
Acetat-Puffer ..... 219  
Acetylsalicylsäure ..... 218  
Achille Sclavo..... 465  
Acidose, metabolische ..... 409  
Acrylamid..... M68  
Adenosintriphosphat ATP ..... 409  
aerob ..... 9  
Aerosil ..... 165  
Aerosol-Forschung..... 150  
Aerosolpartikel..... 150  
Affinitätschromatographie..... M89  
Air Liquide ..... 4  
Akkreditierungswesen..... M47  
Alchemie ..... 176  
Alchemie ..... 328  
Alkaliacetate ..... 219  
Alkaloide..... 371  
Aluminiumacetat ..... 222  
Amidotrizesäure ..... 456  
AmpliChip ..... 427  
Amylopektin ..... M49  
Amylose ..... M49  
Anabolika..... M18  
anaerob..... 9  
Anagenphase..... 373  
Analysenautomat ..... 94  
Analytica in München ..... 184  
Analytik der Edelmetalle..... 21  
Anästhetikum, volatiles ..... 148  
ANDM-Radikal ..... 257  
Anilinblau ..... 413  
Anreicherung ..... 89  
Anthocyane ..... 254, 293  
Antibiotikaeinsatzes, Verbot des 272  
Antibiotikaresistenz..... 97  
Antiklopfmittel..... 451  
Antikörper ..... 208  
Antikörper, monoklonale ..... 28  
Antimon..... 453  
antioxidativ ..... 295, M68  
Antisense-Mechanismus ..... 168  
Antisense-Strategie ..... M49  
Antisensetechnik ..... 169  
APCI (Atmospheric Pressure Chemical

Ionization).....	458	Brechungsindex, negativer.....	431	<b>D</b>	
Apoptose .....	253	Bromat, Bestimmung von.....	136	Datenprozessierung.....	302
AQS-Merkblatt.....	131	Bromid, Bestimmung von .....	136	Decarboxylierung.....	294
Aquarien-Chemie .....	48	Buckyballs.....	M84	Dechema/GVC-Jahrestagung.....	387
Arbeitsbereich .....	54	Bundesforschungsanstalten .....	312	Dendrimere .....	M25
Arsen.....	453	Buntmetallacetate .....	221	Denitrifizierung.....	51
Arsenat, Bestimmung von.....	136	<b>C</b>		DEPATISnet .....	419
Arsenit, Bestimmung von.....	136	Cadmium.....	M59	Derivatisierungsreaktionen.....	103
Arzneimittelwirkstoffe.....	88	Candida glabrata .....	448	Desflurane .....	148
Astrochemie.....	59	Carbon Expo .....	204	Destillationsverfahren .....	330
Atmosphärenchemie.....	59	Carbonröhren .....	68	Diamant.....	M84
Atrazinverbindungen, hydroxylierte ..	174	Carotinoide.....	M89	Diatrizoate .....	458
.....	174	Cavity-Ring-Down Spektrometer. ....	58	Diethylhexylphthalat .....	M30
Ausreißertest .....	52	cDNA (complementary DNA).....	10	Diorganozinkverbindungen.....	257
Auswertprogramme, statistische .....	52	Cellulosetriacetat .....	218	Dioxinskandal .....	178
Automated Multiple Development		Cetuximab .....	28	Diphtherie .....	465
(AMD).....	172	Chalkon .....	256	DNA- & Proteinsequenz Analyse	225
Awk.....	262, 347, 421	Chaostheorie .....	376	DNA .....	67
Azulene .....	413	Chemical Engineering .....	M85	DNA-Chip .....	428
<b>B</b>		Chemie als Wirtschaftsfaktor ....	341	DNA-Kristalle .....	380
Bachelor .....	5	Chemiedatenbanken .....	417	DNA-Mikroarrays .....	8
Bäckerhefe.....	448	Chemie-Gipfel in Tokio .....	233	DNS .....	168
Bakterien, sulfatreduzierende..	M22	Chemiehandel.....	125	DNS-Oligo .....	170
BAT-Werte-Liste .....	M59	Chemieingenieure.....	M85	Dokimastik.....	18
Bayer Chemiepark.....	145	Chemie-Olympiade 179, M54, M63		Doppel-Wolframate .....	M65
Belousov-Zhabotinsky-Reaktion .	376	Chemieunterricht .....	4, M62, M73	Dotierung .....	M84
Berggold .....	18	Chemieunterricht .....	4, M62, M73	DPPH-Radikal .....	257
Bergplatin .....	19	Chemikalienbewertung .....	M61	Drittmitteleinwerbung .....	70
Berliner Blau .....	411	Chemikalienrecht.....	M59	Drogenanalytik.....	368
Bestimmungsgrenze .....	54	Chemikaliensicherheit.....	88	Drogengehalt .....	369
BG Chemie .....	7	Chemische Biologie.....	M96	DualChip Microarray.....	427
Bioassay .....	30	ChemLinks.....	416	DyStar .....	204
Biochemie.....	344	Chemoinformatik .....	223	<b>E</b>	
Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB)		Chipanalyse .....	427	EGF (Epidermal Growth Factor)..	28
.....	103	Chip-Based-Lab.....	185	Ein-Elektronen-Transistor .....	151
Biochips.....	427	Chiron .....	465	Einzelatomdotierung .....	323
Biodiesel.....	M92	Chlor zum Bleichen.....	139	Eisen .....	M21
Biofilter.....	454	Cholesterin.....	M20	Eisessig.....	216
Biogas .....	M44	Cholsäure .....	M20	Eiweißablagerung.....	123
Bioinformatik .....	188, 233	Chrom .....	106	Eiweiße, artfremde.....	448
Biokorrosion .....	M21	Chromatin .....	168	Elektrolyse .....	296
Biomarker .....	285	Chromatographie .....	173	Elektronenkonfiguration.....	M82
Biomasse.....	M93	Chronoamperometrie .....	260	Elektronenspins .....	M81
Biophotonik .....	250	Citralanlage.....	286	Elektronenstrahl-Lithografie.....	431
Bioremediation.....	M70	Colestinblau.....	413	elektroosmotischer Fluss.....	289
Biotechnik .....	208	Computerlernprogramm.....	M14	elektrophoretische Trennmethode....	288
Biotechnologie-Industrie-Organisation		Contergan-Katastrophe.....	177	.....	288
Deutschland, BIO .....	432	Continuous Flow Analysis (CFA)	105	Elektrospray-Interface .....	457
Biotop-Kreisläufe .....	51	Control in Sinsheim .....	184	ELISA (Enzyme Linked Immuno	
Blau-Pigmente .....	414	Coulomb Balls.....	429	Sorbent Assay).....	29
Blei.....	451	CPI Chemie Park Institut GmbH. ....	35	Elisa-Lab .....	M87
Bleikammerverfahren .....	139, 390	Cyanid-Analytik.....	M27	Emil von Behring.....	465
Boden- und Abfalllabor .....	146	Cyanidase, Biosensor mit.....	M28	Emissionslinien .....	58
Bologna-Prozess.....	M87	Cyanid-Laugerei .....	18	Emissionspektroskopie.....	212
bottom-up-Verfahren.....	374	Cyclodextrine .....	305	Endoplasmatisches Reticulum ER	448
Brauchwasser.....	104	Cycloolefin-Copolymere (COC..	114	Energieniveaus.....	M84

# CLB – Memory

Die CLB-Beilage für Ausbildung in Chemie, Labortechnik,

Chemietechnik, Biologie und Biotechnik

Dezember 2004

## Überkritisches Kohlenstoffdioxid veredelt Tomatenreststoffe

### Extraktion von Carotinoiden aus Fruchtmasse

**D**as Technologie-Transfer-Zentrum Bremerhaven (ttz Bremerhaven) hat eine neue Anwendung für Tomaten gefunden: „In unserem Projekt TOM zur Nutzung von Tomaten-Inhaltsstoffen haben wir Produkte entwickelt, die sich in der Kosmetik und in der Lebensmittelwirtschaft verwenden lassen“, freut sich Projektleiterin Caroline Mähr. Tomaten sind die in der europäischen Lebensmittelproduktion am häufigsten verwendeten Früchte.

Im Vordergrund steht eine aus Tomaten gewonnene Substanz mit besonders guten Eigenschaften etwa für Feuchtigkeitscremes. Doch mit der kosmetischen Anwendung ist es noch nicht getan: „Wir haben eine ganzheitliche Verwertung entwickelt“, erläutert Mähr. Zu den Ergebnissen gehören Ballaststoffe (Fasern), die in jeder Hinsicht mit bereits bestehenden marktüblichen Produkten mithalten können. Weiterhin wird ein lycopinhaltiges Öl gewonnen, dem sich gesundheitsfördernde Eigenschaften zuschreiben lassen. „Nach wissenschaftlichen Studien schützt Lycopin das Herz-Kreislauf-System und kann Krebs vorbeugen“, so Mähr.

Anliegen des im Jahr 2003 gestarteten Projektes ist es, aus bislang von der Nahrungsmittelindustrie nicht genutzten Tomatenreststoffen wertvolle Substanzen zu gewinnen und geeignete Anwendungsmöglichkeiten zu bestimmen.

Hintergrund ist die Tatsache, dass bei der Herstellung von herkömmlichen Tomatenprodukten – etwa Saucen, Ketchup und anderen – bis zu 40 Prozent der ursprünglichen Früchte übrig bleiben. Das Nebenprodukt der Tomatenverarbeitung, die Tomatenfruchtmasse, besteht aus Tomatenhaut, -fleisch und -kernen. Von den in Europa jährlich erzeugten 8,5 Millionen Tonnen Tomaten erhält der Verbraucher unverarbeitet etwa 1,5 Tonnen. Von den industriell verarbeiteten Tomaten gelangen zur Zeit fast vier Millionen Tonnen Tomatenfruchtmasse auf den Kompost oder in Tierfuttermittelverwertungen. Die Reststoffe sind reich an verschiedenen Nährstoffen, etwa Carotinoiden, Proteinen, Zuckern, Ballaststoffen, Wachsen und Ölen. Um diese Stoffe zu gewinnen nutzt man einen Zwei-Stufenprozess: Zunächst wäscht man die Fruchtmasse mit Wasser und überkritischem Kohlendioxid; anschließend führt man eine Affinitätschromatographie durch und erhält so zu etwa 98 Prozent reine Produkte.

#### Die Tomate: Frucht oder Gemüse

Der botanische Name der Tomate lautet *Lycopersicon lycopersicum*. Sie zählt zur Familie der Solanaceae (Nachtschattengewächse) und hat wie die Kartoffel ihre Verbreitung in Europa Christoph Kolumbus zu verdanken, der sie von seiner zweiten Fahrt im Juni 1496 mitbrachte. Auch ihr heutiger Name

stammt vom aztekischen „tomatl“. Der französische Name „Pomme d'Amour“ sowie der alte deutsche Name „Liebesapfel“ deuten auf die angebliche Wirkung gegen Liebeszauber hin. Im Italienischen heißt sie „Pomodoro“, was „Goldapfel“ bedeutet und auf die Herkunft aus dem Goldland (Eldorado) hinweist, vielleicht aber auch nur auf die früher wesentlich häufigere gelbe Farbe der Früchte. Schließlich heißt sie noch „Paradiesapfel“ oder „Paradeiser“ – vielleicht weil sie gleichzeitig blüht und fruchtet. Botanisch gesehen sind Tomaten Früchte. Eine Frucht ist der essbare Teil einer Pflanze, der die Samen enthält. Als Gemüse bezeichnet man die essbaren Stengel, Blätter oder Wurzeln.

#### Überkritische Fluidextraktion

Ein Stoff befindet sich im überkritischen Zustand, wenn Druck und Temperatur oberhalb des für jede Substanz charakteristischen kritischen Punktes liegen. Eine Phasentrennung von flüssig und gasförmig ist dann nicht mehr möglich. Der überkritische Zustand lässt sich an einer Reihe von Gasen und Flüssigkeiten erzeugen. Kohlendioxid eignet sich aus dieser Reihe besonders für die Verwendung als Extraktionsmittel in einer überkritischen Extraktion (supercritical fluid extraction SFE).

Ein SFE-System besteht aus einer Hochdruckpumpe, einer hochdruckbeständigen Extraktions-

Name	Isopren-einheiten	Beispiel
Monoterpene	2	Menthol
Sesquiterpene	3	Neroldiol
Diterpene	4	Vitamin A
Triterpene	6	Squalen
Tetraterpene	8	Carotin

Hauptbaustein von Terpenkohlenwasserstoffen ist Isopren:  $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}=\text{CH}_2$ . Man teilt sie nach der Anzahl der Isopren-Einheiten ein. Carotinoide sind in der Regel Tetraterpene.

kammer, einer Entspannungseinheit und einer Sammeleinrichtung. Nach erfolgter Extraktion wird das überkritische Fluid schlagartig entspannt und damit wieder gasförmig. So kann man das Extrahierete leicht ohne Lösungsmittelreste abtrennen.

#### Affinitätschromatographie

Die Affinitätschromatographie, eine Säulenchromatographie, dient der Isolierung beispielsweise von Proteinen oder Nukleinsäuren. Das Prinzip beruht auf der Bindung zweier Reaktionspartner wie Antikörper und Antigen, Enzym und Coenzym oder Nukleinsäure und

dazu komplementäre Nukleinsäure. Die Säulenmatrix enthält einen kovalent gebundenen Liganden, an den der zu isolierende Stoff spezifisch bindet. Anschließend kann man ihn ebenso spezifisch wieder eluieren.

#### Lycopin, ein Carotinoid

Lycopin ist ein rotes Carotinoid, das in Tomaten, Grapefruits und Hagebutten vorkommt. In der Lebensmittelindustrie dient es als Farbstoff mit der Kennzeichnung E160d.

Heinrich Wilhelm Ferdinand Wackenroder, Chemiker und Pharmazeut, isolierte 1831 eine Kohlenwasserstoffverbindung aus Karotten, die er Carotin nannte. Wenige Jahre später galt der Begriff „Carotinoide“ für alle Farbstoffe dieser Gruppe.

Die Carotinoide zählen zu den Terpenoiden. In der Regel handelt es sich um Tetraterpene, die aus acht Isopren-Einheiten aufgebaut sind (siehe CLB 05/2003, Seite M37: Nachwachsende Rohstoffe Teil 5: Terpene). Gegenwärtig sind etwa 650 Carotinoide bekannt. Davon sind etwa 50 auf Grund ihrer

chemischen Struktur in Vitamin A umwandelbar.

Da Carotinoide etwa neun bis dreizehn konjugierte Doppelbindungen besitzen, können sie viele geometrische Isomere bilden. Für die bekannten Carotinoide sind mehr als 200 000 Isomere möglich. Die konjugierten Doppelbindungen führen durch Absorption bestimmter Anteile des sichtbaren Lichts zu Farben von Gelb über Orange bis Rot.

Die Aufnahme der Carotinoide erfolgt über die gleichen Wege im Verdauungstrakt wie bei Fetten. Sie werden im Dünndarm absorbiert. Für alle carotinoidhaltigen Lebensmittel gilt, dass sie für eine optimale Absorption die gleichzeitige Anwesenheit von Fett und Gallensäure benötigen. Verarbeitete Lebensmittel, wie zum Beispiel gekochte Karotten oder Tomatensoße, führen, verglichen mit rohen Karotten oder Tomaten, zu einer deutlich höheren Carotinoidaufnahme als nicht verarbeitete. Für isolierte Carotinoide beobachtet man im Vergleich zu Carotinoiden aus Lebensmitteln ebenfalls eine bessere Bioverfügbarkeit. MB

## Nützliche Ratgeber 17 bis 19

# Färberpflanzen Interdisziplinär Kunststoffe

Welche Pflanzen sich zur Produktion von Naturfarbstoffen eignen, wie man sie kultiviert, erntet und weiterverarbeitet, zeigt die Broschüre „Färberpflanzen“. In der Broschüre ist nicht nur nachzulesen, welche Arbeiten auf dem Feld wann anstehen und wie optimal gedüngt wird, sondern auch mit welchen Maschinen die Ernte der Samen oder der farbstoffliefernden Pflanzenteile am Besten funktioniert. Ein eigenes Kapitel widmet sich der Herstellung des Farbbades, der Vorbereitung des zu färbenden Textils und dem Färbvorgang. Die Broschüre kann man kostenlos bei der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe FNR unter [www.nachwachsende-rohstoffe.de](http://www.nachwachsende-rohstoffe.de) bestellen oder herunterladen.

Quer durch alle Fachrichtungen präsentieren Wissenschaftler in 14 Beiträgen ihre Sicht auf die Zukunft ihres Fachgebietes. Die Broschüre „Zukunft im Brennpunkt“ (ZIB) bringt abayfor, die Arbeitsgemeinschaft der Bayerischen Forschungsverbände zum dritten Mal heraus. Sie ist erhältlich unter [www.abayfor.de](http://www.abayfor.de). Was bedeutet das chinesische Wirtschaftswachstum für Mitteleuropäer oder warum klonen Wissenschaftler Rinder und bringen Ferkel zum Leuchten? Die ZIB-Beiträge widmen sich den Anwendungen der Nanotechnologie und Mikrosystemtechnik, gentechnischen Methoden, der Suche nach einem AIDS-Impfstoff und Aspekten der Globalisierung.

Das Fachinformationszentrum für Chemie (FIZ Chemie Berlin) hat zusammen mit der TDS Herrlich GmbH eine Datenbank mit Medienbeständigkeitsangaben von Kunststoffen als CD-ROM auf den Markt gebracht. „Polyresist“ liefert Fakten zur Beständigkeit von Thermoplasten, thermoplastischen Elastomeren, Blends und härtbaren Formmassen gegenüber unterschiedlichen Medien. Außerdem können aus der Datenbank Einflussgrößen wie Temperatur, Konzentration und Einwirkdauer von bestimmten Medien auf den jeweiligen Kunststoff abgerufen werden. Angaben zu Lieferanten und Herstellern ergänzen die Information. Die Preise für die Datenbank beginnen bei 360 Euro.

Nützliche Ratgeber 20 bis 23

# Energie erzeugen, erneuern und einsparen



Weltweit trägt die Wasserkraft 18 Prozent zur Stromerzeugung bei, in Deutschland sind es etwa vier Prozent. Wasserräder und Wasserturbinen nutzen die Bewegungsbeziehungsweise die Lageenergie des Wassers, um an Bächen, Flüssen und Talsperren CO<sub>2</sub>-freien Strom zu erzeugen. Das neue BINE-basis-Energie-Info „Wasserkraft“ stellt die physikalischen und technischen Grundlagen vor. Die Broschüre ist kostenfrei bei BINE Informationsdienst erhältlich – telefonisch unter 0228/923790 oder im Internet unter [www.bine.info](http://www.bine.info).

In jeder Industriegesellschaft sind mit der Veredlung von Rohstoffen auch negative Umweltauswirkungen verbunden. Es werden begrenzte Ressourcen verbraucht, Abfälle verursacht und das Klima über die bei der Verarbeitung eingesetzten Energiemengen belastet. Volkswirtschaftliches Ziel ist, pro Euro des Bruttoinlandsprodukts möglichst wenig Energie zu verbrauchen (Energieproduktivität). Das neue BINE-Themen-Info „Energieintensive Grundstoffe – Effizienzpotenziale und Perspektiven“ stellt die Ergebnisse einer Potenzialerhebung für die deutsche Wirtschaft vor. In der systemanalytischen Grundlagenstudie lag das Hauptaugenmerk auf den Branchen, denen von der Beschäftigtenzahl, der Produktionsmenge oder der Höhe des Energieverbrauchs eine große volkswirtschaftliche Bedeutung zukommt. Die Broschüre ist kostenfrei bei BINE Informationsdienst erhältlich ([www.bine.info](http://www.bine.info)).

## Branchenbuch für erneuerbare Energien

Das Branchenbuch ist ein online Firmenverzeichnis, das insbesondere auf Unternehmen aus dem Erneuerbare-Energien-Sektor ausgerichtet ist ([www.energieportal24.de/Branchenbuch.html](http://www.energieportal24.de/Branchenbuch.html)). Das Konzept von energieportal24 sieht vor, dass dieses Angebot, ebenso wie alle anderen Dienstleistungen auf der Internet-Plattform, für den User weitestgehend kostenlos zur Verfügung steht. Der Standard-Eintrag ist für eingetragene Firmen daher unendgeltlich zu haben, so dass allein schon dadurch eine gute Auffindbarkeit im ansonsten doch recht unübersichtlichen World Wide Web gesichert ist. Bereits jetzt verfügt das Verzeichnis über einen Bestand von fast 500 Einträgen, so dass ab sofort eine detaillierte Recherche möglich ist. Die Einträge sind nach Kategorien geordnet wie Bioenergie, Biomasse, Brennstoffzellen, Fahrzeuge, Finanzierung, Gebäudetechnik, Geothermie (Erdwärme), Photovoltaik (Solarenergie), Software, Solarthermie (Solarwärme), Schwimmbad, Wasserkraft, Wasserstoff, Windenergie (Windkraft) und Ökostrom.


## Mit Fachwissen Energie sparen

Die neue CD-ROM „Energieeffizienz“ vom Fachinformationszentrum (FIZ) Karlsruhe bietet Energiespartipps und ein breitgefächertes Informationsangebot zu Forschung, Technik und Anwendung energiesparender Möglichkeiten, weist einschlägige Förderprogramme nach und bietet dem Nutzer ausgewählte Verbindungen zu ergänzenden Informationsquellen. Das Informationsangebot umfasst u.a. die Literaturlatenbank „Energieeffizienz“, Volltexte des BINE-Informationsdienstes zum Thema „Energieeffizienz“, einen Link zur Internetsuchmaschine „Energieeffizienz“, Nationale und internationale Internet-Links zum Thema, die Datenbank „Fiskus“ (Fördermittel für erneuerbare Energien und Energieeinsparung), eine Beispielrecherche in der Datenbank PATDPA des Deutschen Patent- und Markenamts zum Thema „Energieeffizienz“ und das Internetforum „Innovative Energieprojekte“ mit Suchmöglichkeit nach Demonstrations- und Pilot-Projekten. Die CD ist bei [www.fiz-karlsruhe.de](http://www.fiz-karlsruhe.de) für 68 Euro zu bestellen.

**themeninfo II/04**

**BINE Informationsdienst**

### Energieintensive Grundstoffe – Effizienzpotenziale und Perspektiven



Schonung natürlicher Ressourcen und Vermeidung von Abfällen sind ebenso wie der Klimaschutz zentrale Elemente nachhaltiger Entwicklung. Der Energieverbrauch bei der Herstellung heutiger Massenwerkstoffe trägt erheblich zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland bei. Es ist deshalb sinnvoll, Materialumsatz und damit Energieverbrauch der Wirtschaft zu minimieren, zumal sie einen entscheidenden Kostenfaktor darstellen.

In Deutschland wird bereits heute bei der Herstellung und Verwendung energieintensiver Werkstoffe Primärenergie in erheblichem Umfang eingespart. Die nachfolgenden Potenziale liegen aber bei einem Vielfachen des bereits Erreichten (Quelle: FIZ-KIT)

**I**n Deutschland werden jährlich weit über 40 Mio. t Stahl, über 30 Mio. t Zement oder rund 20 Mio. t Papier hergestellt. Das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz verankert eine Produktverantwortung der Wirtschaft und setzt den Rahmen für Kreislaufführung in unterschiedlichsten Bereichen. So schreibt die Verpackungsverordnung Verwertungsquoten von der „Grünen Punkte“ auf Einwegverpackungen oder das „Dosenpfand“ für Getränkeverpackungen haben inzwischen den Weg in unseren Alltag gefunden. Die Abfallverordnungsgebung regelt die Rücknahmeverpflichtung für Altautos und gibt Verwertungs-Mindestquoten vor.

Über Ressourcennutzung und Abfallwirtschaft hinaus belastet der Verbrauch energieintensiver Materialien vor allem auch das Klima. Um die Energieproduktivität der Wirtschaft zu erhöhen, müssen Kreisläufe energieintensiver Werkstoffe und der daraus hergestellten Produkte weiter geschlossen und diese Produkte effizienter genutzt werden.

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit förderte daher eine umfassende systemanalytische Studie des Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI) über Herstellung und Nutzung energieintensiver Werkstoffe in Deutschland. Betrachtet wurden Werkstoffgruppen, die maßgeblich zum industriellen Energiebedarf und damit zum CO<sub>2</sub>-Ausstoß beitragen. Wegen ihrer Produktionsmengen, den Beschäftigtenzahlen in den jeweiligen Industriezweigen, aber auch wegen ihrer vielfältigen, oft ebenfalls energieintensiven Anwendungen sind diese von hoher volkswirtschaftlicher Bedeutung.

## Nachwachsende Rohstoffe Teil 10

# Biodiesel aus Raps

**B**iodiesel ist die Bezeichnung für aus Pflanzenölen hergestellte Fettsäuremethylester (FAME). Die Darstellung erfolgt in einer Gleichgewichtsreaktion, die beim Einsatz von geeigneten Katalysatoren ohne Energiezugabe auskommt. Lediglich um den chemischen Prozess zu beschleunigen, erwärmt man die Ausgangsstoffe in der Praxis etwas. Raps für Biodiesel gehört zur Gruppe nachwachsender Rohstoffe.

Biodiesel besteht aus Monoalkylestern – hergestellt aus Pflanzenölen, Tier- oder Altspeisefetten, die beispielsweise beim Frittieren anfallen. Ausgangsstoffe sind in der Regel die jeweils am meisten verbreiteten ölliefernden Pflanzen, also Raps in Nordeuropa, Sojabohnen in den USA oder Palmöl in Ländern mit eher tropischem Klima. Auch Kokos- und Sonnenblumenöl sind als Quelle für Biodiesel geeignet.

Raps (*Brassica napus*) enthält gut 40 Prozent Öl. In der Ölmühle gewimmt man aus der Rapssaat Öl, der Rückstand geht als Rapsschrot in die Futtermittelindustrie. Das Rapsöl besteht zu 95 bis 98 Prozent aus Triglyceriden. Der Rest sind freie Fettsäuren, Vitamine, Wasser, Phosphor-Verbindungen und geringe Schwefel-Anteile. Pflanzen bilden Triglyceride durch Photosynthese unter Aufnahme von Kohlendioxid und Wasser. Ihr Aufbau ähnelt einem Dreibein, dessen Verbindungsstelle der dreiwertige Alkohol Glycerin ist. An ihm „hän-

gen“ drei länger-kettige Kohlenwasserstoffe, die Fettsäuremoleküle. Dies sind meist geradzahlige Kohlenwasserstoffketten mit 16 bis 22 C-Atomen. Beim Rapsöl ist das Glycerin-Molekül an drei C18-Ketten gebunden.

### Gleichgewichtsreaktion

Zur Herstellung von Rapsölmethylester (RME) versetzt man Rapsöl mit etwa zehn Prozent Methanol und Katalysatoren. Die Umesterung liefere als Gleichgewichtsreaktion in beide Richtungen und käme dann bei etwa 60 Prozent Umesterungsgrad zum Stillstand. Um den erforderlichen Grad von über 98 Prozent zu erreichen, wird zur Gleichgewichtsverschiebung Methanol im Überschuss zugegeben. Zur Initiierung und Beschleunigung der Reaktion dient als Katalysator beispielsweise Kaliumhydroxid (KOH). Bei Normaldruck und Temperaturen von etwa 60 Grad Celsius werden die Esterbindungen der Triglyceride des Pflanzenöls getrennt und die entstandenen Fettsäuren mit dem Methanol verestert. Nebenprodukt ist wasserhaltiges Glycerin, das durch Destillation in „Pharmaglycerin“ überführt und für Medikamente, Kosmetik und Lacke verwendet wird. Der Rapskuchen, also die Reste der Saat beim Pressen des Öls, lässt sich in die Futtermittelindustrie verkaufen. Nach der Umesterung hat das Endprodukt eine deutlich geringere Viskosität als das eingesetzte Pflanzenöl und kann als Ersatz für mineralischen Dieselmotorkraftstoff verwandt werden.

### Motoranpassung

Die Schmiereigenschaften von FAME sind deutlich besser als die von herkömmlichem Diesel, wodurch der Motorverschleiß zurückgeht. Das liegt an dem relativ hohen Sauerstoff-Gehalt (etwa elf Prozent) und dem chemischen Aufbau. Der Verschleiß in der Einspritzpumpe

sowie im Motor reduziert sich dadurch erheblich. Ein geringer Anteil Bio-Diesel als Zusatz zu konventionellem Diesel-Kraftstoff verbessert auch dessen Schmiereigenschaften, die auf Grund der Entschwefelung in der Raffinerie relativ niedrig liegt. Wenn man allerdings ein nicht RME-festes Fahrzeug mit reinem Biodiesel betankt, zersetzt dieser in kurzer Zeit die treibstoffführenden Schläuche und Gummidichtungen. Der Grund ist, dass Biodiesel chemisch die Eigenschaften eines Weichmachers hat, und Weichmacher ist auch in den Gummischläuchen enthalten, damit sie nicht spröde werden. Der zusätzliche Weichmacher Biodiesel „durchweicht“ die Schläuche und Dichtungen daher.

Ein anderes Problem stellt der Kraftstoffeintrag ins Motoröl bei direkteinspritzenden Dieselmotoren dar. Da RME einen hohen Flammpunkt hat, düstet es im heißen Motoröl praktisch nicht mehr aus, was zu einer schleichenden Erhöhung der Kraftstoffkonzentration im Motoröl führt. Durch hohe örtliche Temperaturen im Schmierkreislauf zersetzt sich RME allmählich, was zu festen oder schleimartigen Rückständen führt. Dies und die allgemeinen Verschlechterungen der Schmiereigenschaften des Motoröls bei hoher Kraftstoff-Konzentration kann zu erhöhtem Motorverschleiß führen. Deshalb empfiehlt man bei RME-Betrieb gelegentlich auch einen häufigeren Ölwechsel.

Ein Vorteil des RME kann sich im praktischen Einsatz in Kraftfahrzeugen auch als Nachteil auswirken: Die gute biologische Abbaubarkeit. Unter normalen Bedingungen werden innerhalb von 28 Tagen 99 Prozent des Bio-Diesels durch Mikroorganismen „aufgefressen“. Die gute Abbaubarkeit geht einher mit einer schlechten Alterungsbeständigkeit. Bakterienbefall, Oxidation und Wasseranreicherung verschlechtern die Eigenschaften des RME bei langer Lagerung. Auch Korrosionsschutzschichten wie Verzinkung kann der Biodiesel angreifen, da er leicht

### Abkürzungen

FAME: fatty acid methylene ester  
 PME: Pflanzlicher Methyl ester  
 RME: Rapsölmethylester  
 SME: Sojaöl- oder Sonnenblumenmethylester  
 AME: Altfettmethylester  
 FME: Fett-Methylester aus sonstigen Pflanzen- und Tierstoffen

hygroskopisch ist. Befindet sich Wasser im Biodiesel, können freie Fettsäuren den pH-Wert senken. Eine Beimischung konventionellen Diesels verhindert diesen Effekt allerdings vollständig.

## Ökobilanz

Auf Pflanzenöl basierende Treibstoffe haben ökologisch gesehen deutliche Vorteile gegenüber fossilen Treibstoffen. Beispielsweise ist die CO<sub>2</sub>-Bilanz günstiger als die konventionellen Dieseltreibstoffe. Biodiesel gibt bei der Verbrennung etwa so viel CO<sub>2</sub> ab, wie die Pflanze beim Wachstum aufgenommen hat. Er weist deutlich geringere Abgaswerte auf als fossiler Kraftstoff. Der Rußausstoß halbiert sich etwa durch den relativ hohen Sauerstoffgehalt; Kohlenwasserstoffe sind bis zu 40 Prozent reduziert. Biodiesel enthält fast keinen Schwefel, ist ungiftig und biologisch leicht abbaubar. Er gilt damit derzeit als einer der umweltverträglichsten Kraftstoffe auf dem Markt.

Die europaweite Delphi-Befragung zur Energieversorgung 2030 zeigte unter anderem: Energiesparen hat die höchste Priorität. Thematisiert wurden auch Erneuerbare Energien, Fusionsenergie, Kernspaltung und alternative Treibstoffe. Eine verstärkte Nutzung erneuerbarer Energieträger haben die befragten Experten als sehr positiv und dringend notwendig bewertet. Dies allein wird jedoch als nicht ausreichend eingestuft. Denn wie hoch der Beitrag aus erneuerbaren Quellen am Gesamtverbrauch sein kann, hängt stark davon ab, ob der Verbrauch durch effiziente Anlagen und Systeme eingeschränkt werden kann. Einen Anteil von 25 Prozent Erneuerbaren an Europas Energieverbrauch hält die Mehrheit der Befragten noch vor 2030 für möglich.

Ein großes, kurzfristig erschließbares, regeneratives Energiepotenzial zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung stellt die Biomasse dar. Jedoch konkurrieren hier wegen der begrenzten Kapazitäten langfristig unterschiedliche

Anwendungsoptionen: Biomasse zur Strom- und Wärmegegewinnung einerseits und Biotreibstoffe sowie Nutzung der Biomasse als nachwachsende Rohstoffe andererseits.

Raps ist bei der Erzeugung nicht selbstverträglich und muss in einem Fruchtwechsel angebaut werden. Die Pflanze ist ein Tiefwurzler, der mit seiner Pfahlwurzel und seinen zahlreichen Nebenwurzeln auch verdichteten Boden durchdringt und für eine gute Durchlüftung des Erdreiches sorgt. Da er elf Monate im Jahr den Boden bedeckt, verhindert er außerdem unerwünschte Boden-Erosion. Der Rapsanbau lässt sich gut in getreidereiche Fruchtfolgen integrieren, so dass Flächen-Stillegungen vermeidbar sind. Um mineralölbasierte Kraft-

„Der Gebrauch von Pflanzenöl als Kraftstoff mag heute unbedeutend sein. Aber derartige Produkte können im Laufe der Zeit ebenso wichtig werden wie Petroleum und diese Kohle-Teer-Produkte von heute.“ *Rudolf Diesel 1912*

stoffe vollständig zu ersetzen, müssten die Landwirte allerdings mehrere 10000 Quadratkilometer Ackerland ausschließlich mit Raps-Monokulturen bepflanzen. Mit der Neuregelung der Agrardieselvergütung im kommenden Jahr wird neben dem Anbau auch der Einsatz von Biodiesel in der Landwirtschaft attraktiver. Eine Studie der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) analysiert, unter welchen Voraussetzungen sich die Umstellung auf Biodiesel für landwirtschaftliche Betriebe lohnt. Gefördert wird zudem die Einrichtung von Eigenverbrauchstankstellen für Biokraftstoffe durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR).

In Frankreich mischt man dem gewöhnlichen Diesel genau diejenige Menge Biodiesel zu, die die französische Landwirtschaft in der

Lage ist zu produzieren. Durch die Mischung verhindert man beispielsweise Korrosion und Aufweichen. Zusätzlich ist der faktische Marktanteil des Biodiesels deutlich höher als in Deutschland. Hier dürfen seit Beginn des Jahres „normalem“ Diesel fünf Prozent von der Biofraktion zugemischt werden. Anfang 2005 tritt dann eine EU-Richtlinie in Kraft, nach der Rapsöl und Ethanol den herkömmlichen Kraftstoffen zugesetzt werden sollen.

Auch im nicht-europäischen Ausland stößt Biodiesel auf Interesse. So besuchte kürzlich eine brasilianische Delegation den mit Biodiesel beheizten Reichstag in Berlin und eine Biodieselanlage in Magdeburg. Auf dem anschließenden Biodiesel-Workshop der FAL diskutierte man das Thema Biodiesel in seiner wissenschaftlichen und politischen Dimension.

## Alternativen zu Biodiesel

Ohne Aufwand für die Veresterung kann man auch reines Pflanzenöl als Kraftstoff verwenden. Dazu müssen die Motoren mit Hilfe von Umbausätzen auf diesen Kraftstoff eingestellt werden. Grundsätzlich sind alle Dieselmotoren auch zur Fettverbrennung geeignet. Problematisch ist aber das physikalische Verhalten der Pflanzenöle in der Einspritzpumpe. Auch Verkokungen an Hochdruckeinspritzdüsen und Folgeschäden am Kolben können entstehen. Die Frage, wie solche Motoren in der Praxis, gerade im Winter, zuverlässig gestartet werden sollen, ist noch völlig ungeklärt. Einige Enthusiasten („Pöler“) befassen sich intensiv mit unbehandeltem Pflanzenöl (Pöl) als Treibstoff, vor allem bei betagteren Dieselfahrzeugen. Auch sonst als Sonderabfall zu entsorgende, gebrauchte (Frittier)-Öle sind in Anwendung. MB

Triacylglycerin + Methanol + Katalysator = Fettsäure-Methylester + Glycerin

## Amüsante Statistik auf der Weihnachtsfeier

# Selbstbeschenkung beim Wichteln

Elisabeth Hoffmann,  
Technische Universität Carolo-  
Wilhelmina zu Braunschweig

**W**ichteln erfreut sich bei Weihnachtsfeiern zunehmender Beliebtheit. Doch wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass bei diesem anonymen Verschenken von Kleinigkeiten jemand sein eigenes Geschenk zieht? Verringert sich die Wahrscheinlichkeit, je größer die Gruppe ist?

Bei der Vorbereitung der Weihnachtsfeier des Instituts für Physikalische und Technische Chemie kam die Frage der Wahrscheinlichkeit einer Selbstbeschenkung auf.

Nachdem nach langem Grübeln niemand in der Lage war, eine exakte Lösung für das Problem zu formulieren, hat sich ein Mitarbeiter des Instituts, Dr. Stephan Kipp, eingehend mit dieser mathematischen Fragestellung befasst.

Wer hätte gedacht, dass die Wahrscheinlichkeit, dass mindestens ein Teilnehmer sein eigenes Geschenk zieht, sich ab fünf Teilnehmern praktisch nicht mehr ändert und bei knapp über 63 Prozent liegt? Wie kann man die Wahrscheinlichkeit der unerwünschten Selbstbeschenkung verringern?

Eine Alternative könnte sein, eine zweite Tauschrunde einzuführen. In der gleichen Reihenfolge

wie zuvor muss jeder Teilnehmer mit einem beliebigen Mitspieler, der nach ihm an der Reihe ist, sein Geschenk tauschen. Er darf selbstverständlich nicht sein eigenes Geschenk auswählen. Allerdings kann es trotzdem passieren, und zwar, wenn beim letzten Tausch nur noch das eigene Mitbringsel übrig ist. Wer allerdings glaubt, dass durch die Tauschrunde nicht nur ein zusätzliches Spannungsmoment eingeführt und die mathematische Komplexität erhöht wird, sondern auch die Wahrscheinlichkeit der Selbstbeschenkung auf nahezu null minimiert wird, der irrt. Als Näherungslösung für eine sehr komplizierte mathematische Formel ergibt sich:

$$W = \frac{1}{T+1} + \frac{1}{T+2}$$

mit  $W$  = Wahrscheinlichkeit und  $T$  = Teilnehmerzahl.

Die Wahrscheinlichkeit der Selbstbeschenkung sinkt zwar mit steigender Teilnehmerzahl, aber berechnet man das Ergebnis beispielsweise für 19 Teilnehmer, so erhält man immer noch einen Wert von etwa zehn Prozent.

Die größte Wahrscheinlichkeit die Selbstbeschenkung zu vermeiden, errechnete der Chemiker Kipp, erhält man, wenn das Ziehen der Geschenke vor den anderen Teilnehmern verborgen wird, um so beim Griff des eigenen Mitbringsels noch einmal tauschen zu können. Bei dieser Variante kann nur noch der letzte Mitspieler sein eigenes Geschenk ziehen. Auch hier geht die Teilnehmerzahl linear in das Ergebnis ein. Die gesuchte Wahrscheinlichkeit lässt sich sehr gut durch den Ausdruck „ $1/(\text{Teilnehmerzahl} + 1)$ “ annähern; auch hier ist das exakte Ergebnis weitaus komplizierter. Bei einer „Wichtel-Gruppe“ von 19 Teilnehmern beträgt die Wahrscheinlichkeit  $1/20$ , also lediglich fünf Prozent.

### Statistik aus den Hochschulen:

#### Ein Viertel aller Professoren ist über 60 Jahre alt, knapp die Hälfte aller Studienanfänger sind Frauen

2003 waren nach Angaben des Statistischen Bundesamtes knapp 166 100 Personen hauptberuflich als wissenschaftliche und künstlerische Lehrkräfte an deutschen Hochschulen tätig, das waren 1,1 Prozent mehr als im Vorjahr. Professorinnen und Professoren machten einen Anteil von 22,9 Prozent aus; das Durchschnittsalter lag bei 52 Jahren. Mehr als ein Viertel der Professorenschaft war 60 Jahre und älter. Jeder Vierte der hauptberuflich tätigen Wissenschaftler lehrte und forschte im Bereich Humanmedizin, gefolgt von 22,8 Prozent in der Fächergruppe Mathematik und Naturwissenschaften und 15,7 Prozent in den Ingenieurwissenschaften. Jeweils 12,2 Prozent der Wissenschaftler hatten ihren Lehr- und Forschungsschwerpunkt im Bereich der Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften sowie in den Sprach- und Kulturwissenschaften.

Nach vorläufigen Ergebnissen des Statistischen Bundesamtes sind im gerade begonnenen Wintersemester 2004/2005 an den Hochschulen in Deutschland 1,966 Millionen Studierende eingeschrieben, fast drei Prozent weniger als im Vorjahr. Diese Entwicklung geht überwiegend auf einen starken Rückgang der Studierendenzahlen an den Universitäten in Nordrhein-Westfalen (minus 16 Prozent) und Hessen (minus 14 Prozent) zurück. Beide Bundesländer haben zum Sommersemester 2004 Studiengebühren zum Beispiel für Langzeitstudierende eingeführt. An Universitäten oder vergleichbaren Hochschulen studieren im laufenden Wintersemester fast 70 Prozent aller Studierenden. An Fach- oder Verwaltungsfachhochschulen studieren 29 Prozent und an Kunsthochschulen zwei Prozent. Der Anteil der Frauen an den Studierenden erreichte mit 47,9 Prozent einen neuen Höchstwert. Die Studienanfängerquote, das heißt der Anteil der Studienanfänger an der gleichaltrigen Bevölkerung, liegt für das Studienjahr 2004 bei 37,3 Prozent. Im Vorjahr hatte sie noch 38,9 Prozent betragen. Damit ist erstmals seit der Vereinigung Deutschlands ein Rückgang bei der Studienanfängerquote festzustellen. Gleichwohl liegt sie rund 12 Prozentpunkte über dem Wert von 1993. Die Zahl der Studienanfänger betrug im Studienjahr 2004 (Sommersemester 2004 und Wintersemester 2004/2005) rund sechs Prozent weniger als im Vorjahr. Unter den Erstsemestern sind knapp 174 000 Frauen. Dies entspricht einem Frauenanteil von 48,8 Prozent.



## Begabte Schüler – vernachlässigte Doktoranden Schul- und Hochschulwesen

**W**ährend der Schulzeit erweitert man in den letzten Jahren stetig die Begabtenförderung. Auch die Auswahl der Studenten durch die Hochschulen soll besonders Begabte unterstützen. Während der Promotion sind zur Zeit aber noch viele Wünsche offen.

Die Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (BLK) hat die Länderaktivitäten im Bereich der schulischen Begabtenförderung veröffentlicht. Auf die Beschreibung der einzelnen Programme und Initiativen folgt eine Darstellung aller Maßnahmen in den Ländern geordnet nach Art der Förderaktivität. Schließlich wird ein Überblick über praxisrelevante didaktische Materialien gegeben, die Lehrkräfte zur Förderung ihrer begabten Schülerinnen und Schüler im Unterricht einsetzen können. Das Heft steht in der BLK-Reihe „Materialien zur Bildungsplanung und Forschungsförderung“ als Download unter [www.blk-bonn.de](http://www.blk-bonn.de) zur Verfügung.

### Auswahlverfahren

Im Juli hatten Bundestag und Bundesrat die 7. Novelle des Hochschulrahmengesetzes (HRG) zur Neuordnung der Hochschulzulassung beschlossen. Nordrhein-Westfalen wird nun die Neuregelung nicht nur auf die vom HRG vorgeschriebenen Studiengänge des bundesweit Allgemeinen Auswahlverfahrens – Biologie, Medizin, Pharmazie, Psychologie, Tiermedizin und Zahnmedizin – anwenden, sondern strebt eine Auswahlregelung für zusätzliche Studiengänge an. Während in den bundesweit zentral über die ZVS verteilten NC-Fächern bisher die Studienplätze zu 51 Prozent nach der Durchschnittsnote, zu 25 Prozent nach der Wartezeit und zu 24 Prozent nach Auswahl der Hochschulen vergeben wurden, sieht das künftige Verfahren vor, dass

20 Prozent der Studienplätze an die auf Bundesebene Abiturbesten, weitere 20 Prozent nach der Wartezeit und die restlichen 60 Prozent nach dem Ergebnis eines Auswahlverfahrens der jeweiligen Hochschule vergeben werden. In Nordrhein-Westfalen gelten dabei folgende Kriterien:

- Grad der Qualifikation (Durchschnittsnote des Schulabschlusses)
- gewichtete Einzelnoten des Schulabschlusses (fachspezifische Eignung)
- Ergebnis eines fachspezifischen Studierfähigkeitstests
- Berufsausbildung oder -tätigkeit sowie fachspezifisches ehrenamtliches Engagement
- Ergebnis eines Auswahlgesprächs

### Doktorandenbefragung

Die Befragung von etwa 10 000 Promovierenden „Zur Situation der Doktoranden in Deutschland“ des Promovierenden-Netzwerkes Thesis ergab, dass fast zwei Drittel der deutschen Doktoranden sich während ihrer Dissertation gut betreut fühlen. Nur fünf Prozent sind mit ihrer Situation vollkommen unzufrieden. Gleichwohl gibt es Verbesserungsbedarf, der Doktorvätern zu denken geben sollte. 30 Prozent der Doktoranden meinen, ihr Betreuer könne sie bei Problemen „nicht richtig motivieren“. Jeder Fünfte klagt, dass sich sein Professor zu wenig mit dem Promotionsthema auskennt. Grundsätzlich wichtig fanden alle Befragten eine „Verbesserung der wirtschaftlichen Absicherung“. Knapp die Hälfte aller Doktoranden finanziert sich über eine Stelle an einer Uni oder Forschungseinrichtung. Wirtschaftswissenschaftler machen mit 60 Prozent den größten Anteil dieser Angestellten aus. Gut 20 Prozent der Doktoranden finanzieren sich über Drittmittelstellen, knapp 20 Prozent über Stipendien.

### Aus der Bildungslandschaft

- Die Hochschule für Technik öffnet mit der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg FH-Absolventen den Zugang zum Lehramt an beruflichen Schulen durch den Masterstudiengang „Ingenieurpädagogik“.
- In Form einer strategischen **Allianz** wollen die Fachhochschule Münster und die BASF Coatings AG künftig eng kooperieren und gegenseitig von einander profitieren.
- Die Initiative D21, eine Partnerschaft zwischen Politik und Wirtschaft hat der Universität Hannover den ersten Preis für ihre hervorragende **Gleichstellungspolitik** verliehen. Bereits eingeleitete wie auch für die Zukunft geplante Projekte sind unter anderem das „Mentoring für Schülerinnen 2005“, der Workshop „Roboterbauen“ für Schülerinnen und Studentinnen, das Programm „Mentoring in Wissenschaft und Wirtschaft 2005“, das Projekt „Interkultureller Austausch – Intercultural Encounter“ für Studentinnen und Doktorandinnen sowie die Konzeption eines Programms zur Einwerbung von Juniorprofessorinnen.
- Die britische „Times“ hat in einem **Hochschul-Ranking** die Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg auf Platz 47 gesetzt. Die ersten drei Plätze besetzen Harvard, Berkley und MIT. Innerhalb Europas positioniert sich Heidelberg auf dem 12. Rang. Zwei der fünf Wertungskriterien bezogen sich auf Rekrutierungszahlen für Studierende und Mitarbeiter aus dem Ausland. Ein weiterer Punkt war die Bewertung der Lehrqualität bis zum ersten Uni-Abschluss. Weiterhin bewertete man die Exzellenz der biomedizinischen Spitzenforschung besonders.
- Die Fachhochschule Lausitz FHL und das Max-Steenbeck-Gymnasium für Mathematik, Naturwissenschaften, Informatik und Technik in Cottbus wirken enger zusammen. So bietet die FHL den Schülern des Gymnasiums Möglichkeiten zur Durchführung von **Schülerpraktika** und Projekttagen und man will gemeinsame Projekte von Schülern und Studierenden entwickeln.
- Einer Studie von Fraunhofer IAO (Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation) und VDI nachrichten zufolge fühlen sich 80 Prozent der befragten Unternehmen nicht ausreichend informiert über die Tatsache, dass die **Bachelor- und Masterabschlüsse** den Diplom-Ingenieur ersetzen sollen. Den meisten ist erst seit einigen Monaten oder weniger bekannt, dass die ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge überhaupt reformiert werden sollen.

### Lösungen zu Seite M88 (CLB 11/2004):

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

(Alle Lösungen zu Seite M96 finden Sie in CLB 01/2005 sowie auf [www.clb.de](http://www.clb.de))

## Was Chemische Biologie kann

# Protein- und Genfunktionen erkennen

**M**olekularbiologie und organische Chemie müssen eng zusammen arbeiten, um Lebensvorgänge verstehen zu können.

Biologische Vorgänge basieren auf chemischen Prozessen. Die Biologie ist molekular, und heute werden viele biologische Phänomene in molekularen Details untersucht und verstanden. So wie sich die Dimension der Studienobjekte der Biologie verkleinert, wendet sich die Chemie zunehmend größeren Molekülen und molekularen Systemen zu. Als Folge der Angleichung von Art und Dimensionen der Gegenstände biologischer und chemischer Forschung durchdringen sich beide Wissenschaften zu-

nehmend, und an der Grenzfläche zwischen beiden etabliert sich ein rasch wachsendes Grenzgebiet: die Chemische Biologie. Dort entwickelt man chemische Methoden, Techniken und Synthesen, um biologische Prozesse im molekularen Detail zu studieren. In dieser interdisziplinären Wissenschaft spielen Molekular-, Zell-, und Strukturbiologie, Biochemie, Organische, Anorganische, Physikalische und Analytische Chemie sowie die molekulare Biotechnologie zusammen.

In der molekularbiologischen Grundlagenforschung können beispielweise wichtige Fragen zur Funktion von Proteinen, ihren Interaktionen und ihrem Zusammen-

spiel nur durch die Verwendung niedermolekularer Sonden geklärt werden. Die organische Chemie verfügt über ein großes Reservoir an solchen Substanzen und über exzellentes Know-How für den Aufbau von Substanzbibliotheken. Oft erlaubt erst die Kombination von biologischen und chemischen Methoden die Charakterisierung von Protein- oder Genfunktionen.

Eine systematische Zusammenarbeit beider Disziplinen findet im akademischen Raum aber noch kaum statt. Vor diesem Hintergrund formiert sich gegenwärtig eine Initiative, das ChemBioNet, um die notwendige Zusammenarbeit von Chemikern und Molekularbiologen zu fördern.

## Chemie zu Weihnachten und Silvester

Mehrere richtige Antworten sind möglich.

1 Was ist in Backpulver?

- A Natriumcarbonat
- B Natriumhydrogencarbonat
- C Natriumsulfat
- D Natriumphosphat
- E Natriumhydroxid

2 Was ist Pottasche?

- A Kaliumcarbonat
- B Kaliumhydrogencarbonat
- C Kaliumsulfat
- D Kaliumphosphat
- E Kaliumhydroxid

3 Welche Aussage Hefen stimmt?

- A Hefen sind einzellige Pilze.
- B Hefen wandeln Fette zu Alkohol und Kohlendioxid um.
- C Hefen brauchen Sauerstoff zur Gärung.
- D Hefen benötigt man zur Herstellung von Kefir.
- E Hefen benötigt man zur Herstellung von Bier.

4 Welches Gewürz enthält das Aldehyd  $C_6H_5-CH=CH-CHO$ ?

- A Anis
- B Kardamon
- C Nelke
- D Vanille
- E Zimt

5 Welche Substanzen enthält Bienenwachs?

- A Carotin
- B Cerin
- C Cerotinsäure
- D Melissinsäure
- E Myricin

6 Was kann Bestandteil einer Kerze sein?

- A Talg
- B Talkum
- C Stearin
- D Serotonin
- E Paraffin

7 Woraus besteht Lametta?

- A Aluminium
- B Magnesium
- C Zinn
- D Zink

- E Stahl
- F Chrom

8 Was ist in Schwarzpulver enthalten?

- A Nitroglycerin
- B Kaliumnitrat
- C Schwefel
- D Holzmehl
- E Holzkohle

9 Wann etwa entdeckten die Chinesen das Schwarzpulver?

- A 500 v. Chr.
- B 200 n. Chr.
- C 1000 n. Chr.
- D 1200 n. Chr.
- E 1500 n. Chr.

10 Womit kann man ein grünes Feuerwerk erzeugen?

- A Kupferhydroxycarbonat
- B Strontiumnitrat
- C Bariumnitrat
- D Lithiumnitrat
- E Kaliumnitrat
- F Natriumnitrat

Enfurane .....	148	Gehirntumore .....	352	Hygrophorone .....	M83
Entkalkung.....	M41	Gelatine.....	M10	Hyperverzweigte Polymere .....	M25
Entkarbonisierung.....	M42	Gelfärbung.....	273	<b>I</b>	
Entsalzung .....	M42	Genetik, Lernprogramm .....	3	Ibuprofen.....	89
Enzyme.....	208, M44, M11	Genexpression .....	8	Immuntherapeutika.....	165
Enzym-Markierung.....	426	geniom one-Gerät .....	12	Impfstoffe .....	465
Epigenetik.....	168	Genomforschung.....	143	in silico.....	16
Episome.....	429	Genregulierung.....	168	in vitro.....	16
epoline .....	419	Gentechnikgesetz .....	71	Indanthren-Farbstoffe.....	413
Eppendorf.....	235	Gentherapie.....	429	Indigo .....	413
Erbitux .....	28	Geochemiker .....	454	Informationsbeschaffung.....	415
Erdalkaliacetate.....	221	Geonische Materialien .....	69	Informationsfluss, biologischer .....	8
Ernährungsphysiologie.....	408	Gerichtsmedizin.....	368	Informationstechnologie.....	417
Essentielle Fettsäuren .....	64	Germanium.....	390	Institute for Advanced Studies....	34
Essigsäure .....	216	Gesamthärte .....	104	Invertase.....	448
Essigsäureanhydrid.....	218	Gitter, optisches .....	211	Iodat, Bestimmung von.....	136
Eurobachelor.....	M46	Glauber, Johann Rudolph.....	328	Iodid, Bestimmung von.....	136
Experimentalvorlesungen .....	140	Glucosestoffwechsel .....	409	Iomeprol.....	458
Expressionsanalytik .....	35	Glycin.....	M9	Ionenanalytik .....	288
<b>F</b>		Glykolyse .....	409	Ionenfalle.....	457
Fachinformationszentren.....	417	Gold in Erzen, Bestimmung von..	18	Iopromid.....	458
FAME (fatty acid methylene ester)....	M92	Goldanteils, gravimetrischen		Isofurane.....	148
.....	M92	Bestimmung des .....	18	Isolator .....	M84
Farbspektrum.....	412	Gonan.....	M20	Isotachophorese .....	288
Faszination Chemie.....	346	Google .....	416	Isotopenanalyse.....	265
Femtosekundenlaser .....	249	Gradientenelution .....	173	Isotopenmuster.....	452
Femtosekundenspektroskopie ....	58	Großchemie .....	346	IUPAC .....	M58
Ferrofluid.....	185	Grosskammer-Rasterelektronenmikros			
Ferro-Wolfram.....	338	kope (GK-REM) .....	34	<b>J</b>	
Ferrylmyoglobinradikal .....	256	grünfluoreszierendes Protein GFP.....		Jahr der Chemie 2003.....	138
Festphasen-Extraktion (SPE) ....	209,	.....	448	jato.....	345
.....	457	<b>H</b>		Jugend forscht.....	178, M33, M54,
Festphasenmikroextraktion (SPME) ..		Haaranalyse.....	368	.....	M73
.....	100	Halbleiterkristalle.....	M84	<b>K</b>	
FIR - Ferninfrarot .....	57	Harnsäure .....	408	Kalibration .....	52
Fischeitest .....	147	Hartmetall.....	334	Kalibrierung.....	94
Flavon-Derivate .....	254, 300	Hasselbalch-Henderson-Gleichung ....		Kapazität, antioxidative.....	295
Fließmittelgradient.....	173	.....	409	Kapillarelektrophorese.....	209
Flow Injektion Analysis (FIA) ....	105	Headspace-SPME .....	101	Kapillaronenelektrophorese ....	288
Flow-Thru-Chip .....	249	Hefen .....	448	Katalysatoren .....	209
Fluorchemie.....	312	High Performance Thin-Layer		Katalytische Methode.....	297
Fluoreszenzmikroskopie.....	250	Chromatography“ (HPTLC) ...	172	Katzenaugennebel.....	351
Fluoreszenz-Tomographiegerät .	430	Hochdruckflüssigkeits-		Keramik .....	431
Flüssig-flüssig-Extraktion (LLE)..	457	Chromatographie.....	209	Keratinocyten.....	369
Flüssigkristallpolymere (LCP) ....	114	Holografie .....	M77	Kläranlage .....	M71
Forscherschwund.....	346	Holzdestillation .....	331	Klinikabwasser .....	97
FRAP-Methode.....	255	Holzessig .....	217	Knoppix.....	61, 223
Frequenzvariation .....	58	Homogenkatalyse .....	218	Kohlensäure/Hydrogencarbonat-Puffer	
Fresenius, Wilhelm .....	284	HPLC-ICPMS .....	135	.....	409
F-Test .....	52	HPLC-MS/MS .....	88	Kohlenstoffdioxid, überkritisches.....	
Fullerene .....	M84	HPLC-Trennung .....	129	.....	M89
Funkenemissionsspektrometrie	269	HPTLC/AMD-Technik.....	173	Kohleverbrennung.....	452
Futtersäuren .....	272	HT-Supraleiter .....	85	Kolbe-Elektrolyse.....	294
<b>G</b>		Hundsche Regel.....	M82	Kollagen.....	M9
GC-MS-Analytik, enantioselektive.....		Hüttenkunde .....	20	Kolloidosome .....	379
.....	230	Hybridisierung, konkurrierende..	12	Konditionierung .....	457
		Hydroxytriazin-Metaboliten .....	172	Konfigurationsdateien.....	61

Konfokalmikroskopie.....	388	Mikrofluidik.....	433	Nobelpreise .....	392
Königswasser .....	21	Mikrofluidiksystem .....	425	Nomenklaturregeln .....	M57
Kontaktverfahren .....	390	Mikrogele.....	203	Nukleotide.....	168
Kosmetik .....	305	Mikro-RNS (miRNA).....	170	<b>O</b>	
Krebsdiagnostik.....	428	Mikrosensortechnologie zur		Oberflächenleitfähigkeit .....	M84
Kristallsystem.....	M65	Spurenanalyse .....	134	Öfen, philosophische .....	330
Kunststoffindustrie.....	342	Mikroskope .....	186	Ofloxacin .....	369
Kupellation .....	19	Mikroskopie mit langsamen		Ökotoxikologie.....	145
Kupfer-Phthalocyanin .....	412	Elektronen, LEEM .....	377	Oligonukleotid-Synthese .....	11
<b>L</b>		Mikrosonden-Analysemethode..	430	Olympus .....	186
Lab-on-a-Chip.....	433	Mikrospiegel.....	309	ombrotroph.....	451
Labordienstleistungsbranche ....	193	Milchsäure.....	408	Onkogen.....	252
Lachgas.....	148	minerotroph.....	451	Optische Technologien.....	M77
L-Aminosäuren .....	5	Minilabor.....	425	ORAC-Methode .....	255
Lasertechnik .....	248	MIPs, molecularly imprinted polymers		Oszillierende Reaktionssysteme..	16
Leblanc.....	138	.....	208	<b>P</b>	
LED-Photosensoren .....	104	Modellbildung.....	16	P53.....	252
Lego-Lab .....	M29	Modellierung biochemischer Systeme		Papier, elektronisches .....	325
Lehramt Chemie .....	4	.....	16	Paracelsus .....	140
Lehrerbildung .....	M87	Molecular Modeling.....	112	Patentdatenbanken.....	417
Leitelektrolyten.....	289	Molekulares Prägen.....	208	Patentregister .....	419
Leitfähigkeit.....	104, M84	Monoklin.....	M65	Pauli-Prinzip.....	M82
Leitfähigkeitssignal.....	290	Monsanto-Verfahren .....	218	PCR-Labor.....	185
Leitstruktur.....	M83	Moore .....	450	Peptiden, Haftung von.....	403
Lerntechniken.....	M74	MOPAL (modulares optisches		Peptidsequenz.....	448
Lichtleistung .....	58	Analysesystem).....	309	Perkin-Synthese .....	293
Lichtleitertechnik.....	211	Multifluoreszenz-Bilder .....	186	Perl.....	262
Lichtmikroskopie .....	388	Multiparameteranalyse.....	94	Persistenz .....	97, 456
Liebig .....	177	multiresistent .....	M83	Pflanzenbehandlungsmitteln,	
Linearität .....	54	Multistep-Anlage.....	164	Bestimmung von.....	128
Linux 61, 109, 223, 261, 302, 382,		Mustererkennungsoftware.....	134	Pharmaglycerin.....	M92
.....	461	Mykorrhiza .....	M86	Pharmazeutikabelastungen .....	98
Literaturdatenbanken .....	420	Myzel .....	M83	Phosphatase .....	448
Lorentz-Elektronenmikroskop...	271	<b>N</b>		Photolyse von Hydrogencarbonat	48
Lycopersicon lycopersicum .....	M89	Nachhaltigkeitsaspekte in der		Photolyseleistung .....	51
Lycopin.....	M90	Ausbildung.....	M31	Photonik.....	248, M77
Lyophilisat .....	30	Nahrungsergänzungsmittel .....	33	Phthalate .....	M30
Lysin.....	M68	Nandrolon.....	M17	Phthalocyaninsynthese .....	412
<b>M</b>		Nanobiotechnik.....	66, 380	Pichia pastoris.....	448
Maillard-Reaktion.....	M69	Nanokapsel.....	378	Pigmenteffekt .....	368
MAK-Werte-Liste.....	M59	Nanolampen .....	69	Pilze .....	M83
Mandelscher Linearitätstest .....	54	Nanomagnete.....	271	Pipettierfehler.....	94
Massenspektren, zweistufige....	458	Nanoröhren .....	68	Pi-Systeme .....	M26
Massenstahlerzeugung .....	139	Nanoskopie.....	250	Plagiate .....	M60
Massenwirkungsgesetz.....	M24	Nanotechnik .....	311	Platin .....	18
Matrixempfindlichkeit, geringe.	288	Narkosegase.....	148	Platinseifen.....	19
Medikamentenfälschung .....	125	National Ignition Facility (NIF...)	251	Polycarbonat .....	M26
Melanin .....	369	Naturkorken .....	M11	Polyelektrolyt .....	379
Melanoidine.....	M68	Naturphänomene, Unterrichtsfach...		Polyketon (PK).....	114
Messer Industrie GmbH (MIG)....	4	.....	M46	Polymerase-Kettenreaktion .....	185
Metallkationen, Bestimmung von .....	137	neuronale Netzanalyse .....	132	Polymerchemie .....	M25
.....	137	Neutronenforschung.....	M67	Polymere, molekular geprägte...	208
Metallo-Porphyrine.....	413	Neutronenpraktikum.....	M67	Polymerisationsreaktionen.....	273
Metamaterialien, linkshändige..	431	Nichtgleichgewichtssysteme....	375	Polythiophen.....	M27
Meteoritenstaub .....	450	Nitrifizierung .....	51	POPs.....	M52
Mikrobiologischer Garten.....	7	Nitrocellulose .....	218	populationsdynamischen Effekte.	16
		NMR-Bildgebung.....	3		

Preproteintoxin (pptox) .....	448	Röntgenfluoreszenzspektrometrie.....	269	Spektrometer .....	211
Primärfarben .....	412	.....	269	Spektroskopie .....	56
Probiernadeln.....	20	Röntgenkontrastmittel, iodierter	456	Speziesanalytik.....	135
Professorenbesoldungs-Reform .	234	Röntgenlinsen .....	M78	spezifische Absorptionsrate (SAR) .	2
Prognoseband.....	53	Rost .....	M21	Spinquantenzahl .....	M81
Prolin.....	M9	Röstprodukte .....	M68	Spintronik.....	M81
Pronyl-Lysin .....	M68	<b>S</b>		Spurenanalytik.....	172, 454
Propylenoxid .....	324	Saccharomyces cerevisiae .....	448	Stahllegierungen .....	338
Proteasom .....	392	Salinität .....	50	Stammzellen, pluripotente adulte.....	228
Proteinabbau, gezielter.....	392	Salzschmelzen.....	222	.....	228
Proteine .....	310	Sartorius .....	4	Stammzellenforscher.....	35
Proteomanalyse .....	8	Säuregrube .....	343	Statistik .....	M94
Prozessbadanalytik .....	103	Säurekapazität.....	104	Staubeintrag .....	451
Purin-Abbau .....	409	Säure-Puffer.....	217	STED-Mikroskopie, stimulated	
Purinderivate .....	408	Scale-up.....	113	emission depletion .....	250
<b>Q</b>		Scandium.....	451	Stein der Weisen.....	176
Qualitätssicherung .....	128	Scheelbleierz .....	335	Steroide.....	M17
Quanten-bits.....	M81	Scheelit .....	335	Stickstoff, polymerer.....	310
Quantenmaschinen .....	33	Scheidewasser .....	21	STN International, The Scientific and	
Quantenpunkte.....	151	Schizosaccharomyces pombe ....	448	Technical Information Network ....	417
Quantenzahl .....	M81	Schülerexperimente.....	M62	Stockholmer Abkommen .....	M52
Quartalskilo .....	345	Schwankungsbreite .....	373	Stoffbewertung.....	146
Quecksilber .....	92, 453	SciFinder .....	416	Stolzit .....	335
quicklab.....	425	Screening-Verfahren.....	112	Störfall von Seveso.....	177
<b>R</b>		Seifengold.....	18	Strukturformel-Editor.....	418
Radikalfänger .....	254, 293	Seifenindustrie.....	139	Studienplatzvergabe .....	M13
Raman-aktiv .....	M66	Seifertit .....	232	Sub-boiling-Destillation .....	454
Rancimat-Methode .....	255	Sekretions-Signal.....	448	Suberase.....	M11
Raps.....	M92	Selbstorganisation .....	374	Substituenten-Effekt .....	301
Rasterelektronenmikroskopie,		Selbstreinigung, natürliche.....	M70	Suchmaschine .....	415
serielle(SBFSEM).....	363	Selbststudium .....	M73	Suchsprache Messenger .....	417
Rasterkraftmikroskopie.....	232	Selenat, Bestimmung von .....	136	Summenparameter.....	94
Rastertunnelmikroskop.....	M15	Selenit, Bestimmung von.....	136	Supraleitung .....	32
Recherche, computerunterstützte ....		self-assembly.....	375	supramolekular .....	376
.....	415	Sensoranalyse .....	132	Synchrotronstrahlungsquelle ...	M78
Rechtschreibung in der Chemie	M57	Sensorauflösung.....	212	Synergetik .....	374
Rechtsmedizin .....	368	Sensortechnik.....	132, 209	Synthesefaserproduzenten .....	345
Redoxvorgänge.....	M32	Sevoflurane .....	148	Synthesen .....	209
Reformatsky-Reaktion.....	254	shRNA .....	170	Systembiologie.....	188
Reformatsky-Synthese .....	293	Sibanat .....	426	<b>T</b>	
Regression .....	53	Signalpeptid.....	448	Tarifabschlüsse .....	73
Reinluftlabor .....	454	Silicium, multikristallin .....	243	Tarifverdienste .....	M86
Rektifikation .....	330	Siliciumkreislauf .....	6	Terahertz-Imaging .....	249
Resonanzkraftmikroskopie, magneti-		Silicone.....	305	Terahertz-Strahlen .....	249
sche .....	271	Simulation in den Biowissenschaften		Terahertz-Technik.....	56
Reststandardabweichung.....	52	(BIOMS) .....	111	Testosteron.....	M18
Ribozymtechnik .....	169	Simulation, stochastische .....	14	Textdateien.....	61
Richtigkeitskontrolle .....	131	siRNA .....	168	Textdateiwerkzeuge.....	62
Riechrezeptoren.....	392	siRNA .....	204	Thebain .....	371
Ringversuche .....	373	Skalare.....	382	Thenards Blau .....	413
Risikobewertung .....	M61	Skleroproteine .....	M9	THz-Bildgebung.....	59
RME (Rapsölmethylester) .....	M92	Skriptsprache.....	261, 302	Tissue-Engineering.....	72
RNS .....	168	Smogkammer .....	150	Titan-Saphir-Laser .....	58
RNS-Interferenz .....	168	Sodaherstellung aus Steinsalz...	138	Titelhandel.....	4
Roche-Genchip.....	427	Sollwert-Zielkarte .....	130	Tomatenreststoffe .....	M89
Roentgenium .....	M81	Speckle-Interferometrie.....	248		

top-down-Vorgehen.....	374	Umkehrphase, octadecylmodifizierte .....	458	Wasseranalytik .....	101, 289, 456
Torfkern .....	450	Umweltanalytik.....	145	Wasseraufbereitung.....	456
Torfmoose .....	451	Umweltgeochemie .....	450	Wasserhärte.....	M41
Toxikologie .....	M15	Umweltkompetenz für Betriebsräte 3 .....		Wasserringe .....	M38
TP53.....	252	Umweltverschmutzung .....	450	Wasseruntersuchung.....	96
Transkription .....	252	Unix .....	25, 141	Weichmacher.....	M30
Transkriptomanalyse .....	8	Ureat .....	408	Weiterbildungs-Innovationspreis WIP .....	M12
Transmissionsgitter .....	212	Urheberrecht .....	M60	Wiederfindung-Zielkarte .....	130
Treibprozess .....	18	UV-Absorption .....	213	Wiederholbarkeit .....	52
Triacylglycerin.....	M93	<b>V</b>		Wiederholstandardabweichung... ..	55
Triazine .....	174	Vakzine.....	465	Wildcards.....	26
Trinkwasser .....	M41	Varianzhomogenitätstestes .....	52	Winkler, Clemens Alexander ....	390
Trinkwassergewinnung.....	456	Vektoren, episomale.....	448	Winkler-Knietsch-Verfahren.....	390
Trinkwasserverordnung....	101, 172	Verband deutscher Biologen (vdbiol). ..	190	Wirtschaft, chinesische .....	192
Triple-Quadrupol-Geräte .....	458	Verfahrenskenndaten .....	52	Wissensmanagement .....	M73
Trolox.....	254, 297	Verfahrenskennwerte.....	53	Wissenstransfer.....	M63
TSAPV system.....	92	Vertrauensband.....	54	Wolfram.....	334
Tumor-Suppressor-Gen.....	252	Vigyaan Linux.....	223	Wolframit.....	334
Tungsten .....	334	Virus K28.....	448	Xenon-Narkose.....	148
Turnbulls Blau.....	412	Viscumin.....	285	Xenon-Recycling.....	148
<b>U</b>		Voltammetrie, cyclische .....	259	X-Window .....	181
Überkritischen Extraktion (supercritical fluid extraction SFE) .....	M89	Volumenleitfähigkeit .....	M84	<b>Z</b>	
Übermoleküle .....	377	Vor-Ort-Sensorsmesstechnik .....	133	Zellalterung.....	151
Überwachungsanalytik für Abwasser. ....	146	<b>W</b>		Zellkulturlabor .....	31
Ubiquitin .....	392	Wasser im Röntgenstrahl .....	M38	Zellteilung.....	163
Ultramarin .....	413	Wasseranalyse, qualitative .....	132	Zinkaktivierung, elektrolytische ..	258
Umesterung.....	M92			Zwei-Photonen-3D-Lithografie.....	83

## Impressum

**CLB**  
Chemie in Labor und Biotechnik

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

Bammentaler Straße 6–8  
69251 Gaiberg bei Heidelberg  
Telefon (0 62 23) 97 07 43  
Fax (0 62 23) 97 07 41  
E-Mail: service@clb.de

Erfüllungsort ist Heidelberg. Mitglieder des VDC sowie des VBTA erhalten die CLB zu Sonderkonditionen.

### 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

### Ständige Mitarbeiter:

Prof. Dr. Wolfgang Hasenpusch, Hanau;  
Dr. Mechthild Käßer, Diekholzen; Hans  
Dietrich Martin, Köln; Dr. Uta Neubauer,  
Bad Soden; Dr. Röbbbe Wünschiers, Köln.

### Layout und Satz:

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

### Anzeigenpreisliste:

Nr. 43 vom 12.8.2004.

### Gründungsherausgeber:

Dr. Dr. h.c. Wilhelm Foerst (+)  
Prof. Dr. Wilhelm Fresenius (+)

### VBTA-Verbandsmitteilungen:

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

CLB erscheint monatlich.

### Bezugspreise:

CLB Chemie in Labor und Biotechnik mit der Beilage „CLB-MEMORY“. Einzelheft – außerhalb des Abonnements – 8,60 Euro, im persönlichen Abonnement jährlich 87 Euro zuzüglich Versandkosten; ermäßigter Preis für Schüler, Studenten und Auszubildende (nur gegen Vorlage der Bescheinigung) jährlich 67,10 Euro zuzüglich Versandkosten, inkl. 7% MwSt. Ausland sowie Firmenabonnements (Staffelpreisliste nach Anzahl) auf Anfrage. Bezug durch den Buchhandel und den Verlag. Das Abonnement verlängert sich jeweils um ein weiteres Jahr, falls nicht 8 Wochen vor Ende des Bezugsjahres Kündigung erfolgt.

Bei Nichterscheinen durch Streiks oder Störung durch höhere Gewalt besteht kein Anspruch auf Lieferung.

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Für die Rückgabe unverlangt eingesandter Buchbesprechungs-exemplare kann keinerlei Gewähr übernommen werden.

ISSN 0943-6677





# Teil 14: Awk – Kontrollstrukturen

## Röbke Wüschiers

Computer sollen uns stupide Arbeit abnehmen. Dazu gehört z.B. die wiederholte Ausführung einer Berechnung oder die Steuerung einer Maschine mit vorgegebenen Parametern. Für die Programmierung derartiger Aufgaben stehen jeder ordentlichen Programmiersprache, wie Awk, Kontrollstrukturen zur Verfügung. Mit ihrer Hilfe lassen sich bestimmte Aufgaben wiederholt ausführen und der Programmablauf kann beeinflusst werden. Dies macht Programme erst agil und flexibel.

Wenn die Temperatur von 27°C überschritten ist, schalte die Kühlung ein. Solange aus der Datei *xyz.txt* eine Zeile gelesen werden kann, speichere sie in einen Array. Diese Aufgaben erfordern Kontrollstrukturen. Im ersten Fall muss z.B. der Wert einer Variablen, welche die Temperatur enthält, ständig überprüft werden. In Abhängigkeit von dem Variablenwert wird die eine oder andere Funktion ausgeführt. Im zweiten Fall wird eine Schleife sooft durchlaufen, bis eine bestimmte Bedingung zutrifft. Üblicherweise überprüfen Kontrollstrukturen Bedingungen auf ihren Wahrheitsgehalt. Ist der Wert der Variablen *temp* größer als 27? Ja oder nein? Kann aus der Datei *xyz.txt* noch eine Zeile gelesen werden? Ja oder nein? Diese binären Entscheidungen stehen im engen Zusammenhang mit der binären Logik der Computer allgemein – Strom oder kein Strom, das ist meist die Frage. Im folgenden werde ich Ihnen die wichtigsten Kontrollstrukturen mit je einem Beispiel vorstellen.

### Bedingte Verzweigungen

Die grundlegende Kontrollstruktur auf der alle anderen Kontrollstrukturen aufbauen ist die ja/nein Abfrage (Abbildung 1). Bei der Programmierung spricht man allerdings selten von ja oder nein sondern von wahr (engl. *true*) oder falsch (engl. *false*). Der zu überprüfende Ausdruck ist in den meisten Fällen ein relationaler Zahlen- oder Zeichenausdruck, wie in den Tabellen 1 und 2 dargestellt. Betrachten wir ein einfaches Beispiel auf Basis der Textdatei *enzym.txt*. Wenn der Km-Wert eines Enzyms größer als 2 ist, dann wollen wir den betreffenden Enzymnamen ausdrucken, sonst nicht. Dazu verwenden in Terminal 1 das Skript *if.awk* (natürlich gibt es eine elegantere Lösung; siehe relationale Zahlenmuster in CLB 09/04).

#### Terminal 1

```
01 $ awk -f if.awk enzym.txt
02 Protease
03 $
```

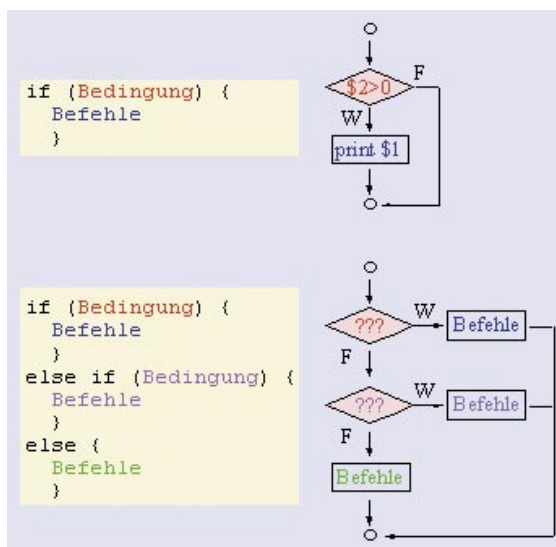


Abbildung 1: if-Konstrukt. Mit Hilfe der if-Verzweigung kann der Programmablauf in Abhängigkeit von verschiedenen Bedingungen gelenkt werden.

Werfen wir einen Blick auf das Skript *if.awk*. Die Entscheidung wird in Zeile 4 getroffen, das Kommando lautet also `if (Bedingung ist wahr) {Befehle}`. Wir könnten die Zeilen 4-6 auch in einer Zeile schreiben: `if ($2+0>2){print $1}`. Es ist aber sinnvoll sich von Anfang an die in längeren Programmen übersichtlichere Form anzugewöhnen. Die Bedingung die wir testen lautet `$2+0>2`. Die Variable `$2` enthält jeweils den Wert der rechten Spalte der Datei *enzym.txt*. Aber warum addieren wir Null? Der Grund ist, dass der erste Wert, den `$2` annimmt, "Km" ist – und Awk interpretiert "Km" als größer 2. Wir vergleichen hier Äpfel mit Birnen, bzw. Text mit Zahlen. Damit Awk den Wert der Variablen `$2` auf alle Fälle als Zahl interpretiert, führen wir einfach eine mathematische Operation aus.

Das vorhergehende Beispiel war die einfachste Form der `if`-Abfrage. Mit Hilfe des `if-else`-Konstrukts lassen sich mehrere Fälle voneinander unterscheiden. Wenn der Km-Wert größer als 2 ist, dann gebe die ganze Zeile aus, wenn er kleiner als 1 ist, dann setze den Km-Wert gleich Null und gebe die Zeile aus, in allen anderen Fälle gebe den Text „deleted“ aus. Diese Fallunterscheidung erreichen wir in Skript *if-else*.

Tabelle 1: Relationale Zahlenausdrücke

Ausdruck	Bedeutung
<code>n == v</code>	Wahr, wenn Variable <i>n</i> gleich Zahl <i>v</i> .
<code>n != v</code>	Wahr, wenn Variable <i>n</i> ungleich Zahl <i>v</i> .
<code>n &lt; v</code>	Wahr, wenn Variable <i>n</i> kleiner als Zahl <i>v</i> .
<code>n &lt;= v</code>	Wahr, wenn Variable <i>n</i> kleiner oder gleich Zahl <i>v</i> .
<code>n &gt; v</code>	Wahr, wenn Variable <i>n</i> größer als Zahl <i>v</i> .
<code>n &gt;= v</code>	Wahr, wenn Variable <i>n</i> größer oder gleich Zahl <i>v</i> .

Ausdruck	Bedeutung
$n == "s"$	Wahr, wenn Variable $n$ gleich Textstring $s$ .
$n != "s"$	Wahr, wenn Variable $n$ ungleich Textstring $s$ .
$n < "s"$	Zeichen-für-Zeichen Vergleich zwischen Variable $n$ und Textstring $s$ . Wahr, wenn $n$ lexikographisch kleiner als $s$ ist. "Haus" ist größer als "Antenne" und "abcd" ist größer als "abc".
$n <= "s"$	Wie oben, aber wahr, wenn Variable $n$ lexikographisch kleiner oder gleich Textstring $s$ ist.
$n > "s"$	Wie oben, aber wahr, wenn Variable $n$ lexikographisch größer als Textstring $s$ ist.
$n >= "s"$	Wie oben, aber wahr, wenn Variable $n$ lexikographisch größer oder gleich Textstring $s$ ist.

Tabelle 2:  
Relationale  
Zeichenausdrücke

*awk*. Darüber hinaus überprüfen wir in der Zeile 4, ob der Wert von  $\$2$  dem Text "Km" entspricht. Auf diese Weise brauchen wir nicht, wie in dem Skript *if.awk*, Null zu der Variable  $\$2$  addieren. Die Ausführung des Skriptes ist in Terminal 2 gezeigt.

**Terminal 2**

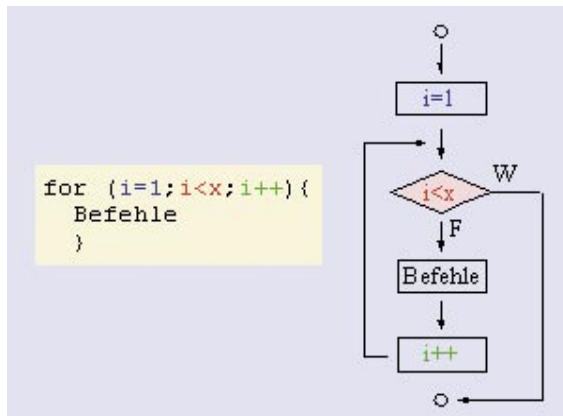
```
01 $ awk -f if-else.awk enzym.txt
02 Enzyme Km
03 Protease 2.5
04 Hydrolase 0
05 deleted
06 $
```

Sie können eine beliebige Anzahl von *else-if*-Blöcken für Fallunterscheidungen einfügen. Es ist aber auch möglich ein einfaches *if-else*-Konstrukt ohne *else if*-Blöcke zu verwenden. Auf diese Art und Weise können Sie sehr flexibel in den Programmablauf eingreifen.

**Schleifen**

Schleifen (engl. *loops*) bauen auf den zuvor besprochenen bedingten Verzweigungen auf. Wir haben in der Vergangenheit bereits Schleifen zum Auslesen aller Elemente eines Arrays oder Hashes angewendet (siehe CLB 10/04). In diesem Fall wird mit der Schleife *for (index in array) {print array[index]}* nacheinander jeder Index des Arrays *array* in der Variablen *index* gespeichert und die

Abbildung 2:  
*for*-Konstrukt.  
Die *for*-Schleife besteht aus einer Initialisierung, der Bedingung, die es zu prüfen gilt und einem Zähler. Die Schleife ist abgeschlossen, wenn die Bedingung nicht mehr erfüllt ist. F=falsch, W=wahr.



Anweisungen in den geschwungen Klammern ausgeführt. Dies ist in Terminal 1 unter Anwendung des Skriptes *for-array.awk* gezeigt.

**Terminal 3**

```
01 $ awk -f for-array.awk
02 a[x]: zwei
03 a[0]: 1
04 a[2]: 3
05 $
```

Das Skript *for-array.awk* benötigt keine Eingabe, daher ist der Code in einem *BEGIN*-Block eingeschlossen. In Zeile 4 des Skriptes erstellen wir 3 Arrayelemente (es handelt sich sogar um einen Hash, da ein Index ein Buchstabe ist), die wir anschließend in Zeile 7, gewürzt mit etwas Text, ausgeben. Beachten Sie, dass wir die Elemente des Arrays *a* nicht einfach mit dem Kommando *print a* ausgeben können. Probieren Sie es aus, indem Sie das Kommentarzeichen (#) in Zeile 5 entfernen und das veränderte Skript ausführen. Sie werden eine Fehlermeldung der Art "*awk: for-array.awk:5: fatal: attempt to use array `a` in a scalar context*" erhalten.

Die Ausgabe der Elemente eines Arrays oder Hashes mittels einer *for*-Schleife ist eine spezielle Anwendung. *for*-Schleifen lassen sich viel allgemeiner einsetzen. Dies wird in dem Skript *for.awk* verdeutlicht, das die Quadrate der Zahlen 1-5 berechnet.

**Terminal 4**

```
01 $ awk -f for.awk
02 1 4 9 16 25
03 $
```

Das *for*-Konstrukt in Zeile 4 des Skriptes *for.awk* mag auf den ersten Blick etwas verwirrend aussehen, ist aber ganz klar strukturiert. Die Anzahl der zu durchlaufenden Schleifen wird durch 3 funktionelle Einheiten bestimmt, den Initiator, die Bedingung und den Zähler (Abbildung 2). Während der Initiation ( $i=1$ ) wird der Wert einer Startvariablen, hier die Variable *i*, gesetzt. Der Zähler ( $i++$ ) erhöht den Wert der Variablen *i* bei jedem Durchlauf um 1. Statt der Kurzform  $i++$  kann auch  $i=i+1$  geschrieben werden. Die Anzahl der Durchläufe wird durch die Bedingung  $i \leq 5$  überprüft. Die Zählervariable *i* steht bei jedem Durchlauf aktualisiert zur Verfügung. Wir quadrieren sie in Zeile 5 mit dem Kommando  $i**2$  und drucken das Ergebnis aus. Um nicht jede berechnete Zahl in einer neuen Zeile zu haben, setzen wir den Wert des Ausgabe-Zeilentrennzeichens (Variable *ORS*) in Zeile 3 als Leerzeichen (siehe Teil 11 in CLB 09/04). Daher müssen wir nach erfolgter Ausgabe in Zeile 6 einen abschließenden Zeilenumbruch ausgeben.

Wie die Abbildung 2 zeigt, ist die *for*-Schleife ein zusammengesetztes Konstrukt, dass unter anderem eine bedingte Verzweigung verwendet. Es gibt zudem noch zwei Derivate des *for*-Konstrukts: *while* und



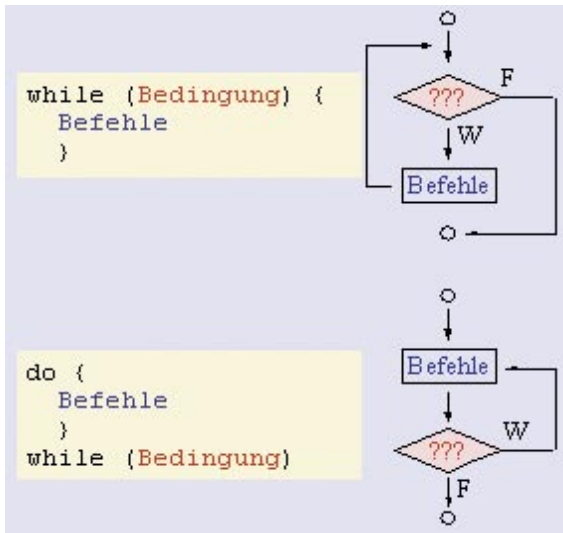


Abbildung 3: while-Konstrukt. Die while-Schleife und die verwandte do-while Schleife wird solange durchlaufen, solange die Bedingung erfüllt ist.

do-while (Abbildung 3). In beiden Fällen wird ein Befehlsblock solange ausgeführt, bis eine Bedingung nicht mehr erfüllt ist. Im Gegensatz zu dem do-while-Konstrukt wird in dem while-Konstrukt erst eine Bedingung überprüft und dann die Befehle ausgeführt (Abbildung 3). Die Befehle haben immer Einfluss auf die Bedingung, da es sich sonst um eine Endlosschleife handeln würde. Das Skript *while.awk* gibt ein Beispiel für die Anwendung des while-Konstrukts. Es kehrt die Felder jeder Zeile einer Eingabedatei um, wie es in Terminal 5 für die Datei *enzym.txt* gezeigt ist.

**Terminal 5**

```
01 $ awk -f while.awk enzym.txt
02 Km      Enzyme
03 2.5     Protease
04 0.4     Hydrolase
05 1.2     ATPase
06 $
```

In dem BEGIN-Block in Zeile 3 schalten wir die Ausgabe-Zeilentrennung aus. Dann speichern wir die Anzahl der Felder der aktuellen Zeile (Variable *NF*, *number of fields*) in der Variablen *i*. Solange der Wert der Variablen *i* größer als Null ist wird ein Feld gefolgt von einem Tabulator ausgegeben und der Wert von *i* um 1 erniedrigt (*i--*; entspricht *i=i-1*). Auf diese Weise werden alle Felder der aktuellen Zeile umgekehrt.

**Schleifen unterbrechen**

Manchmal ist es notwendig das Durchlaufen einer Schleife vorzeitig zu beenden. Beispielsweise weil eine bestimmte Rechenzeit überschritten wurde oder weil die Erfüllung einer anderen Bedingung die Aus-

führung der aktuellen Schleife hinfällig macht. Um dies zu bewerkstelligen gibt es zwei Kommandos, *break* und *continue* (Abbildung 4). Während *break* die aktuelle Schleife komplett verlässt, wird mit *continue* der nächste Schleifendurchgang gestartet. Beide Befehle können in *for*-, *while*- und *do-while*-Konstrukten verwendet werden.

**Dezemberskript**

Lassen Sie uns abschließend, der Dezember-Ausgabe der CLB gebührend und hoffend, dass sie rechtzeitig ausgeliefert wird und Sie rechtzeitig üben, das "Dezemberskript" *dez.awk* anschauen. Netter Weise hat es genau 31 Zeilen und gibt die verbleibenden Tage bis Weihnachten bzw. Silvester in Form eines Fortschrittsbalken an – allerdings nur im Dezember. Dies ist in Terminal 6 gezeigt.

**Terminal 6**

```
01 $ awk -f dez.awk
02 |-----#-----#|
03 ++++++
04 $
```

Bis auf 2 Zeilen sollte Ihnen das Skript keine Probleme bereiten. In Zeile 5 verwenden wir den Befehl `date +%m%e"|getline date` um das Systemdatum, genauer den Monat (%m) und den Tag (%e), in die Variable *date* zu lesen. Der 14. Dezember würde also als "12 14" gespeichert werden. In Zeile 6 trennen wir diese Zeile in den Array *d* auf. Dazu

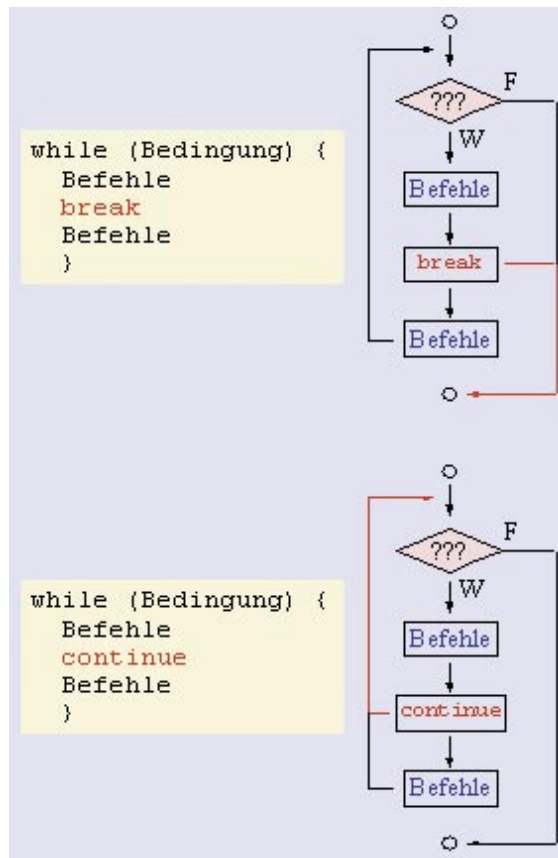


Abbildung 4: break/continue-Kommandos. Um Schleifen vorzeitig zu unterbrechen werden die Befehle *break* und *continue* verwendet. Während *break* die Schleife verlässt, bewirkt *continue* den nächsten Schleifendurchgang.

verwenden wir den `split` Befehl, der schon in Teil 12 (CLB 10/04) Anwendung fand. `d[1]` enthält nun den aktuellen Monat und `d[2]` den aktuellen Tag. In Zeile 9 wird das Skript nach einer Textausgabe sofort unterbrochen, wenn der aktuelle Monat nicht der Dezember ist. Es ist eben ein Dezemberskript, mit dem ich Ihnen erholsame Festtage wünsche.

### Neue Befehle in dieser Ausgabe

`if` bedingte Verzweigung  
`if-else` bedingte Verzweigung  
`if-else if-else` bedingte Verzweigung  
`for` flexibles Schleifenkonstrukt  
`while` einfache Schleife  
`while-do` einfache Schleife  
`"xxx"getline var` führe Systemkommando  
`"xxx"` aus und speichere Ergebnis in Variable `var`

### Skripte und Dateien

#### Textdatei `enzym.txt`

```
Enzyme Km
Protease 2.5
Hydrolase 0.4
ATPase 1.2
```

#### Skript `if.awk`

```
01 # if.awk
02 # Verzweigung
03 {
04 if ($2+0>2){
05     print $1
06 }
07 }
```

#### Skript `if-else.awk`

```
01 # if-else.awk
02 # Verzweigungen
03 {
04 if ($2=="Km"){
05     print $0
06 }
07 else if($2+0>2){
08     print $0
09 }
10 else if ($2+0<1){
11     print $1"\t0"
12 }
13 else {
14     print "deleted"
15 }
16 }
```

#### Skript `for-array.awk`

```
01 # for-array.awk
02 # Beispiel für eine Schleife
03 BEGIN{
04     a[0]=1; a["x"]="zwei"; a[2]=3
```

```
05     # print a
06     for (i in a){
07         print "a["i"]": "a[i]
08     }
09 }
```

#### Skript `for.awk`

```
01 # for.awk
02 # Einfache Schleife
03 BEGIN{ORS=" "
04     for (i=1; i=5; i++){
05         print i**2
06         print "\n"
07     }
```

#### Skript `while.awk`

```
01 # while.awk
02 # Felder umkehren
03 BEGIN{ORS=""
04     {
05         i=NF
06         while (i>0) {
07             print $i"\t"; i--
08         }
09         print "\n"
10     }
```

#### Skript `dez.awk`

```
01 # dez.awk
02 # wie lange noch
03 BEGIN{
04     ORS=""
05     "date +%m%e"|getline date
06     split(date,d," ")
07     if (d[1]!=12) {
08         print "Es dauert noch ... \n"
09         exit
10     }
11     print "|"
12     for (i=1;i<=31;i++){
13         if (i==24 || i==31){
14             print "#"
15         }
16         else {
17             print "-"
18         }
19     }
20     print "| \n "
21     for (i=1;i<=d[2];i++){
22         print "+"
23     }
24     print "\n"
25     if (d[1]==12 && d[2]==24){
26         print "Frohes Fest"
27     }
28     else if (d[1]==12 && d[2]==31){
29         print "Frohes Neues Jahr"
30     }
31 }
```

## 100 Jahre Impfstoffe aus Marburg Vom Pferdestall in den Reinraum

**K**ontraintuitiv wird man auf der Suche nach Anlagen für die Impfstoffproduktion in ein langes, dunkles Tal geführt. Die Geschichte des jetzt 100jährigen Werks in Marburg gibt Aufschluss darüber: Pferde lieferten bis weit nach dem Zweiten Weltkrieg den Grundstoff dafür. Emil von Behring besaß aufgrund der Pferdehaltung seinerzeit den meisten Grund in der Universitätsstadt, und in dem Tal ließen sich die Tiere am sichersten halten. Die neueste Impfstoffproduktion geschieht jetzt wie erwartet etwas weiter außerhalb auf dem flachen Land.

Das 1981 gegründete amerikanische Unternehmen Chiron, das 1998 die bekannten europäischen Impfstoffhersteller Behring in Marburg und Scavo im italienischen Siena erwarb, produziert hier unter Reinraumbedingungen in einer gerade neu eingeweihten Anlage hauptsächlich einen Diphtherie-Impfstoff. Die Einweihung der Anlage fiel zusammen mit dem 100. Jahrestag der Gründung der Behringwerke. Der Eintrag ins Handelsregister erfolgte am 7. November 1904. Behring grün-

dete die Firma mit dem Geld, das er als erster Nobelpreisträger für Medizin 1901 erhalten hatte. Zuvor arbeitete Behring mit Hoechst zusammen, war aber mit dem Fortschreiten der Arbeiten nicht zufrieden. 1950 wurde das Unternehmen dann allerdings wieder Teil der Hoechst AG, bis sich Chiron engagierte.

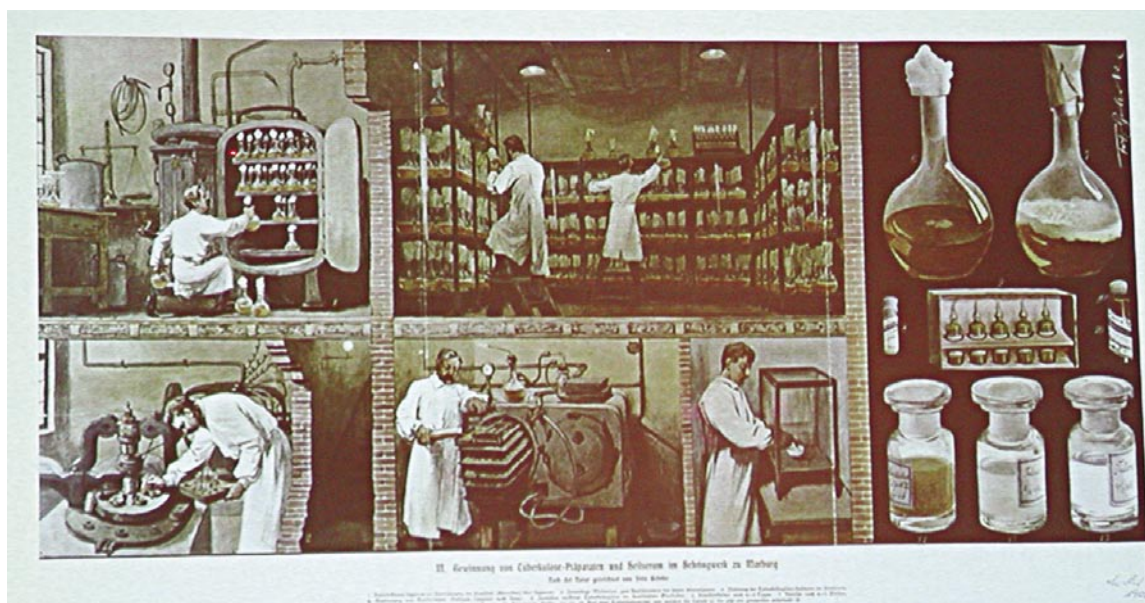
Chiron hatte neben dem Behringwerk-Jubiläum zur selben Zeit noch ein zweites zu feiern: Im italienischen Siena gründete der Hochschullehrer Achille Scavo das „Istituto Sieroterapico e Vaccinogeno Toscano“, kurz I.S.V.T. Scavo. Er hatte zuvor 1895 einen Impfstoff für Tiere gegen Milzbrand entwickelt. Das Institut brachte den ersten Kombinations-Impfstoff der Welt auf den Markt. Es arbeitete zudem mit dem amerikanischen Forscher Albert B. Sabin zusammen. Er hatte einen Schluckimpfstoff gegen Kinderlähmung entwickelt und beauftragte 1963 das „Istituto“ mit der weltweiten Herstellung der oralen Polio-Vakzine.

### Der „Retter der Kinder“

Ausgangspunkt der Arbeiten Behrings war der Versuch, ein Mittel

gegen die Diphtherie, den Schrecken der Kinder und noch mehr den Schrecken der Mütter, zu finden. Friedrich Loeffler, der Mitarbeiter von Robert Koch, an dessen Hygienischen Institut der Universität Berlin Behring als Assistent gearbeitet und wertvolle Erfahrungen gesammelt hatte, hatte die Diphtheriebakterien angezüchtet – nach der nicht eindeutig beschriebenen Entdeckung durch den ostpreußischen Pathologen und Virchow-Schüler Edwin Klebs 1873. Im Pasteur-Institut in Paris hatten der Freund Behrings, Emile Roux und sein Kollege Yersin gefunden, dass nicht die Bakterien selbst die Urheber der furchtbaren Krankheit sind, sondern ein von ihnen ausgeschiedener Giftstoff, das „Diphtherie-Toxin“, das in den Blutkreislauf des Kranken gelangt, von dort in die Gewebe eindringt und sie zerstört; so findet man an den Schleimhäuten der oberen Luftwege zu Pseudomembranen verkommene Gewebeteile (diphthera (gr.) = Häutchen), die das Atmen behindern.

Eine ähnliche Krankheitsentwicklung fand sich dann beim Wundstarrkrampf, dem Tetanus. Die in die Wunde eingedrungenen



Die alte Grafik „Herstellung von Tuberkulose-Präparaten“ zeigt beispielhaft die Vakzine-Produktion in der Frühzeit des 20. Jahrhunderts (Folie von Anne Hardy; Foto: RK).



Behring in seinem Arbeitszimmer, das jetzt noch speziell klimatisiert im Marburger Werk zu sehen ist (Foto: CLB-Archiv).

Tetanus-Bakterien bleiben in der Wunde sitzen, vermehren sich dort und scheiden ein Gift aus, das Tetanus-Toxin, das in die Nervenbahnen eindringt und in ihnen weiter zum Zentralnervensystem wandert und von dort aus seine vernichtenden Wirkungen ausübt.

Beiden Krankheiten standen die Ärzte jener Zeit recht hilflos gegenüber. Der Luftröhrenschnitt bei der Diphtherie vermochte wohl Rettung aus aktueller Todesgefahr zu bringen, aber ein Heilmittel gegen die Diphtherie kannte man nicht. Der Körper musste die Krankheit von sich aus überwinden, oder er ging an ihr zugrunde. In jenen Jahren, da Behring an der Lösung des Diphtherie-Problems arbeitete, starben in Deutschland in jedem Jahre etwa 50 000 Kinder an dieser Krankheit. Und ähnlich war die Lage beim Wundstarrkrampf, der als Krankheit nicht weniger schrecklich und nicht weniger vernichtend war als die Diphtherie. Vor allem in Kriegszeiten häuften sich die Tetanus-Todesfälle als Folge verschmutzter Wunden in geradezu erschreckender Weise.

Bei beiden Krankheiten konnten die Ärzte nur wenig helfen, sie konnten pflegen, den Kranken kräftigen – aber überwinden musste der Kranke seine Krankheit selbst. Man stellt sich ein solches Überwinden im allgemeinen so vor, dass der Körper des Kranken genügend „Widerstandskraft“ besitzt, dass er „kräftig“ genug ist, so dass er dem Angriff der Erreger und ihrer Gifte widerstehen kann. Doch das sind recht allgemeine Worte, die kaum Anspruch auf wissenschaftliche Bedeutung haben.

Behring erkannte: Diese „Widerstandskraft“ des Organismus ist von doppelter Art. Einmal ist sie tatsächlich eine kräftige Konstitution und eine Fähigkeit, die natürlichen Abwehrkräfte gegen Krankheitserreger einzusetzen. Bei Diphtherie und Tetanus benötigt der Körper zur Abwehr aber auch Substanzen, mit denen die Gifte der Krankheiten neutralisiert werden, also Antitoxine.

Die Antitoxine blockieren die Toxine der Krankheitserreger und machen sie dadurch unschädlich. Sie blockieren sie nicht nur im Blut des Kranken, sondern diese „Blockierung“ ist letztlich eine chemische Reaktion, ist eine Toxin-Antitoxin-Reaktion, die sich auch im Reagenzglas durchführen lässt. Behring zeigte dies auf eine sehr einfache und zugleich überzeugende Weise: Er infizierte ein Versuchstier mit schwachen Diphtheriebakterien, gegen die das Tier Antitoxine bildete. Im Blutserum, also dem Teil des Blutes, der übrig bleibt, wenn man alle Blutzellen und außerdem noch den „Gerinnungsstoff“, das Fibrinogen, entfernt, finden sich neben den Serum-Eiweißkörpern auch die Antitoxine. Die Toxin-Antitoxin-Reaktion – das war Behrings Auffassung – verläuft nach dem „Gesetz der konstanten Proportionen“. Es ist also möglich, im Reagenzglas Toxinlösung und Antitoxinlösung so miteinander zu mischen, dass sich die beiden Reaktionspartner gegenseitig absättigen. Wird eine solche Mischung dann einem gesunden Versuchstiere einge-

spritzt, so treten keinerlei Krankheitserscheinungen auf. Durch die Reaktion mit den Antitoxinen haben die Toxine ihre Giftwirkung verloren. Nur die Toxine der Diphtherie- oder Tetanus-Bakterien also rufen die Krankheit hervor. Spritzt man Tieren die reinen Toxinlösungen ein, so erkrankten sie genauso als hätte man ihnen die lebenden Bakterien injiziert. Spritzt man kranken Tieren aber das Blutserum vorbehandelter Tiere ein, das genügend Antikörper enthält, so gesunden die Tiere.

Damit war die Serumtherapie Emil von Behrings in ihren Grundlagen gelegt. Der kranke Organismus ist in vielen Fällen nicht fähig, selbst genügend Antitoxine gegen die Gifte zu bilden, man muss ihm diese Antitoxine zuführen.

### Behring, Kitasato und Ehrlich: Ein Erfolg – mit Pferden

Die entscheidende Forschungsleistung Behrings bestand darin, zu prüfen, ob der antitoxische Stoff im Blut immunisierter Versuchstiere auf andere Tiere – oder eben auch den Menschen – zu übertragen war. Dies konnte Behring 1890 zusammen mit dem Japaner Shibasaburo Kitasato bei Diphtherie und Tetanus nachweisen. Zusammen mit Paul Ehrlich entwickelte er dann einen Standard, mit dem sich die Wirksamkeit eines Serums bemessen ließ, eine Voraussetzung für die Festlegung einer Heildosis.

Eine klinische Erprobung des Mittels war natürlich nur möglich, wenn das Serum in ausreichenden Mengen und einem hohen Gehalt an Antitoxinen hergestellt wurde. Es galt, große Tiere zu finden, die sich als Serumlieferanten eigneten. Die Wahl fiel schließlich auf Pferde. Sie waren mit ein Grund, warum sich Behring gleich zu Beginn einen Industriepartner – Hoechst – suchte. Die spätere Trennung lag vom Industriepartner lag mit daran, dass sich Behring auch in der Tuberkuloseforschung engagierte, die Robert Koch angeführt hatte. Und Koch war mit Hoechst längerfristig verbunden...



Beginn der Diphtherie-Impfstoffproduktion ist heute die Anzucht von *Corynebacterium diphtheriae* auf Agarplatten; ursprünglich stammen die Bakterien von einem Krankheitsfall aus den 60er Jahren (Foto: Chiron Vaccines).

Die ersten Erfolge des Diphtherie-Antitoxins waren überwältigend: wurde das Diphtherieserum einem Kinde am ersten Krankheitstage gegeben, so wurden praktisch alle Kinder geheilt. Am zweiten Tag gegeben, betrug die Heilungsquote noch 97 Prozent. Nach dem siebenten Krankheitstage führte das Serum nur noch bei 57 Prozent zur Heilung. Das ist verständlich, wenn man bedenkt, dass die Toxine der Erreger ja nicht im Blutkreislauf des Kranken bleiben, sondern in seine Gewebe und Zellen eindringen und dort ihre zerstörende Wirkung ausüben. Das zeigt sich noch deutlicher beim Wundstarrkrampf. Hier entweichen die Giftstoffe so schnell in die Nervenbahnen, dass es kaum möglich ist, nach dem Auftreten der ersten Krankheitserscheinungen noch mit einer Zuführung von Antitoxinen Hilfe zu bringen. Hier muss das Serum vor dem Auftreten von Krankheitserscheinungen gegeben werden. Deshalb handeln Ärzte hier auf Verdacht: Wenn eine Unfallwunde verschmutzt ist, spritzen sie vorbeugend Tetanus-Antitoxine, die schon die ersten sich bildenden Toxine abfangen.

Behrings Serumtherapie bot erstmals die Möglichkeit, Infektionskrankheiten zu behandeln, bei denen bakterielle Gifte freigesetzt werden. Lange vor der Entdeckung

der Antibiotika konnten damit Heilerfolge bei Infektionskrankheiten erzielt werden, denen der Mensch bis dahin machtlos gegenüber stand.

### Impfschutz heute unzureichend

Heute treten in Deutschland nur noch Einzelfälle von Diphtherie auf, der letzte Sterbefall wurde 1997 beobachtet. Auch in Europa kam es in den 70er und 80er Jahren zu einem Rückgang der Diphtherie-Erkrankungen. Wie Prof. Dr. Christel Hülße, ehem. Direktorin des Landesgesundheitsamtes Mecklenburg-Vorpommern, auf der Chiron-Veranstaltung zur Einweihung der neuen Impfstoffproduktion erläuterte, erlebt die Krankheit seit 1990 in den Staaten der ehemaligen Sowjetunion eine dramatische Wiederkehr. Mit über 160 000 Erkrankungen und ca. 4000 Sterbefällen in den Jahren 1990 bis 2000 wurde die Epidemie von der Weltgesundheitsorganisation zum „globalen Notfall“ erklärt. Durch flächendeckende Impfmaßnahmen konnte mit internationaler Unterstützung diese Epidemie wieder eingedämmt werden.

Diphtherie-Endemiegebiete gibt es allerdings nach wie vor in vielen anderen Regionen der Welt. Dadurch kann bei Reisen in diese Länder ohne ausreichenden Impfschutz diese Krankheit jederzeit

wieder eingeschleppt werden. Hülße wies darauf hin, dass der Impfschutz gegen Diphtherie in Deutschland mittlerweile unzureichend ist. Für einen ausreichenden Schutz gegen ein Auftreten einer Epidemie ist eine Durchimpfung der Erwachsenen von 85 bis 90 Prozent notwendig. Das ist zwar bei den Kindern gesichert, sogar mit höheren Quoten; bei den Erwachsenen verfügt jedoch nur noch etwa jeder Dritte über einen ausreichenden Impfschutz. Den erhält man durch vier Impfungen im 1. und 2. Lebensjahr, Wiederimpfung im Jugendalter sowie Auffrischimpfungen alle zehn Jahre.

### Hohe Sicherheit bei Vakzinen

Impfstoffe sind sicherer als normale Arzneimittel. Da sie von sehr vielen Menschen genutzt werden, ist ihre Überwachung besonders streng. Ein wichtiger Aspekt ist die Verträglichkeit des Impfstoffes. Die Zahl der Patienten, an denen dies (und auch die Wirksamkeit) geprüft wird, liegt in der Regel bei einigen Tausend bis Zehntausend. Doch auch wenn die Behörde – in Deutschland das Paul-Ehrlich-Institut in Langen – die Zulassung ausspricht, geht die ständige Beobachtung möglicher Nebenwirkungen weiter. Jeder Arzt ist aufgefordert, Nebenwirkungen zu melden.

Wie Dr. Renald Henning, Leiter Arzneimittelsicherheit bei Chiron in Marburg, mitteilte, wurden 2,8 Millionen Dosen Diphtherie-Impfstoff über 65 Monate verabreicht. In weniger als drei Fällen pro

Die Diphtherie feierte in den Nachfolgestaaten der UdSSR Auferstehung (Grafik: Hülße/WHO/Chiron).





**Stahl statt Pferd:**  
Die Produktion des Diphtherie-Impfstoffes findet heute im 600-Liter-Fermenter statt. Das Produktionsgebäude steht unter Reinraumbedingungen (Foto: Chiron Vaccines).

100 000 verkauften Dosen hatte man dabei den Verdacht auf unerwünschte Arzneimittelwirkungen. Von bleibenden Schäden oder gar Todesfällen gab es keine Berichte. In 45 Prozent der Fälle würde von grippeähnlichen Symptomen oder lokalen Reaktionen gesprochen.

Die Sicherheit moderner Vakzine ist natürlich auch auf die heutigen Produktionsmethoden zurückzuführen. Pferdeställe als Produktionsstätten haben – wie die Tiere selbst – endgültig ausgedient. Journalisten konnten sich im November in Marburg selbst ein Bild davon machen, wie die moderne Produktion unter Reinraumbedingungen abläuft – dank einer erst kurz vor der endgültigen Inbetriebnahme stehenden neuen Anlage; jetzt ist der Zutritt streng begrenzt.

Die Impfstoffe aus Marburg haben in Deutschland große Bedeutung. Der Marktanteil an kombinierten Diphtherie-Tetanus-Pertussis-Impfstoffen (DTP-Impfstoffe; Pertussis ist Keuchhusten) von Chiron Vaccines liegt in Deutschland bei 80 Prozent; den Rest produziert Aventis. Der Marktanteil des Alleinimpfstoffs gegen Diphtherie beträgt sogar 100 Prozent, wie Thomas Lingelbach, Geschäftsführer Chiron Vaccines Deutschland und Mitglied des Vorstands von Chiron

Vaccines, anlässlich der Anlagen-einweihung erläuterte. Die neue Anlage habe große Bedeutung für Chiron Vaccines und damit auch für den Standort Marburg, dem einzigen in Deutschland für die Herstellung von Impfstoffen gegen Diphtherie. So wolle man mit Hilfe der neuen Anlage den jetzigen Ausstoß von 80 Millionen Impfstoffdosen jährlich bis zum Jahre 2009 auf 160 Millionen Dosen verdoppeln. Der Umsatz am Chiron Vaccines-Standort lag bei rund 205 Millionen Euro, erwirtschaftet von 830 Mitarbeitern. Chiron Vaccines ist weltweit der fünftgrößte Impfstoffhersteller, machte 2003 weltweit

mit 2700 Mitarbeitern einen Umsatz von über 670 Millionen US-Dollar. Die Chiron Corporation mit ihrem Unternehmenssitz im kalifornischen Emeryville ist neben dem Bereich Impfstoffe zusätzlich in den Bereichen Biopharmazeutika und Bluttests tätig. Der Gesamtumsatz betrug 2003 1,8 Milliarden US-Dollar. Chiron wurde 1981 von den Professoren William Rutter, Edward Penhoet und Pablo Valenzuela gegründet. 1984 gelang die Klonierung und Sequenzierung des HIV-Genoms. Ebenso wurde ein Hepatitis B-Antigen entdeckt und geklont. Daraus wurde der erste gentechnisch hergestellte Vakzin entwickelt. 1988 folgte die Entwicklung eines Hepatitis B-Bluttests, 1990 ein Screening-Test für Hepatitis C. Die italienischen und deutschen Impfstoff-Produktionen wurden wie schon erwähnt 1998 konsolidiert.

Die Entgiftung des Toxins erfolgt im geschlossenen Edelstahltank. Die Gesamtdauer zur Produktion einer Charge des Diphtherie-Impfstoffes beträgt etwa ein Jahr. Der zeitraubendste Schritt ist dabei die Umwandlung des Toxins in das ungiftige Toxoid; er beträgt drei Monate (Foto: Chiron Vaccines).

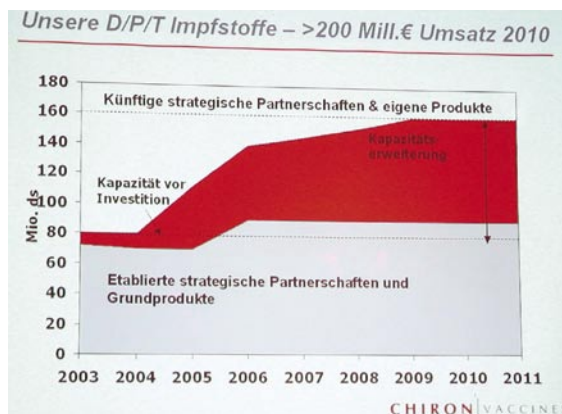




„Impfstoffhersteller in den Entwicklungs- und Schwellenländern schießen wie Pilze aus dem Boden“, so Thomas Lingelbach, Geschäftsführer Chiron Vaccines Deutschland (Foto: RK).

Weltweit hat Chiron einen Anteil von etwa 20 Prozent an der Produktion von Diphtherie-Impfstoffen. Wie Lingelbach ausführte, gibt es noch vier weitere Hersteller in den entwickelten Ländern. „In den Entwicklungs- und Schwellenländern gibt es noch sieben bis zehn Hersteller. Sie schießen wie Pilze aus dem Boden. Meist handelt es sich dabei um nationale Impfstoffhersteller unter staatlicher Kontrolle und Preiskontrolle“, erläuterte Lingelbach das wirtschaftliche Umfeld.

Die neue Anlage in Marburg wurde mit einem Chiron-Investitionsvolumen von zehn Millionen Euro errichtet; dazu kamen drei Millionen Euro für Gebäudekosten, getragen von der Standortmanagement-Firma



Bis zum Jahre 2009 soll sich die Produktion mit Hilfe der neuen Anlage in Marburg auf etwa 160 Millionen Impfstoffdosen pro Jahr erhöhen (Foto: RK).

Pharmaserv. Von der Planung bis zur Fertigstellung vergingen nur zweieinhalb Jahre. *Rolf Kickuth*

# CLB

**FAX: 06223-9707-41**

**Wollen Sie die CLB nicht erst als 4., 5. oder 6. in Ihrer Firma lesen?**

**Für nur 87 Euro pro Jahr erhalten Sie als persönlicher Abonnent monatlich die CLB mit dem MEMORY-Teil. Das ermäßigte persönliche Abonnement kostet sogar nur 67,10 Euro pro Jahr (jeweils incl. 7 % MWSt., zzgl. Versandkosten).**

## Abo-Bestellcoupon

- JA, ich möchte die CLB abonnieren. Ich erhalte als persönlicher Abonnent die CLB zunächst für ein Jahr (=12 Ausgaben) zum Preis von 87 Euro zzgl. Versandkosten (Inland: 12,80 Euro, Ausland: 23,20 Euro). Das Abonnement verlängert sich automatisch um ein weiteres Jahr, wenn es nicht bis acht Wochen vor Ende des Bezugsjahres gekündigt wird.

Datum / 1. Unterschrift

Name / Vorname

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

Straße / Postfach

Land / PLZ / Ort

Datum / 2. Unterschrift

Telefon oder e-Mail

### Proteine, Gene und Hormone

**Das Protein Psoriasis** schützt die Haut vor Infektionen mit dem Bakterium *Escherichia coli*. Zum ersten Mal wurde damit von Forschern der Universitäts-Hautklinik in Kiel am Menschen der Nachweis erbracht, dass Proteine auf unserer Haut Krankheitserreger abtöten. Das aus Hautschuppen im Labor isolierte Protein entzieht den Darmbakterien das lebenswichtige Zink und bringt sie so zum Absterben. Die Wissenschaftler konnten höchste „Psoriasis“-Konzentrationen an bakterienreichen Orten wie Kopfhaut oder Achselhöhle nachweisen. Anti-Psoriasis-Antikörper hoben den natürlichen Hautschutz auf.

**Der AMPA-Rezeptor** in den Nervenzellen des Rückenmarks trägt wesentlich zur Entwicklung chronischer Schmerzen bei, so die Wissenschaftler der Medizinischen Fakultät Heidelberg. Je nach genetischer Konstitution sind die AMPA-Rezeptor-Kanäle für Kalzium durchlässig oder nicht. Lassen die Kanäle zu viele Kalziummoleküle passieren, verstärkt sich das Schmerzempfinden. Ziel wird es sein, einen Wirkstoff zu entwickeln, der diese Kanäle blockiert und so das Schmerzgedächtnis löscht oder gar nicht erst entstehen lässt.

**Einen neuen Impfstoff gegen Malaria** testeten Wissenschaftler des Hygiene-Instituts des Universitätsklinikums Heidelberg erfolgreich in Mäusen. Sie stellten eine gentechnische Variante des Erregers ohne das UIS3-Gen her. Diese Erreger können nicht mehr den normalen Entwicklungszyklus über die Vermehrung in der Leber durchlaufen. So könnte die normale Entwicklung des Malaria-Erregers gestoppt werden und ein effektiver Impfstoff entwickelt werden.

**Die Regeneration von Nervenzellen** nach Schlaganfällen und Lähmungen kann durch das neu entdeckte Protein PRG1 gefördert werden. Eine Doktorandin des Berliner Universitätsklinikums Charité konnte zeigen, dass PRG1 als Gegenspieler von LPAs (Lipidphosphate) diese biologisch inaktiviert. LPAs stoßen heransprossende Nervenfasern ab. Mit der Entdeckung der PRG-Proteine wurde ein neuer Mechanismus der Wachstumskontrolle von Nervenfasern beschrieben.

Der CARIBIC-Forschungscontainer, ein anderthalb Tonnen schweres, fliegendes Messlabor im Frachtraum des Lufthansa-Airbusses, untersucht zahlreiche Spurengase in der Reiseflughöhe (Foto: MPI Chemie).



## Airbus als Messplattform für Luftproben

# Analysen in elf Kilometern Höhe

**Ein Lufthansa Airbus A340-600 dient seit Mitte Dezember auf Langstrecken- und Intercontinentalflügen als Messplattform für die internationale Atmosphärenforschung.**

Unter Federführung des Mainzer Max-Planck-Instituts für Chemie werden Wissenschaftler aus fünf europäischen Ländern über viele Jahre die Zusammensetzung der Erdatmosphäre sowie die dortigen chemischen Prozesse und Transportvorgänge untersuchen können. Der erste Messflug des CARIBIC-Projekts (Civil Aircraft

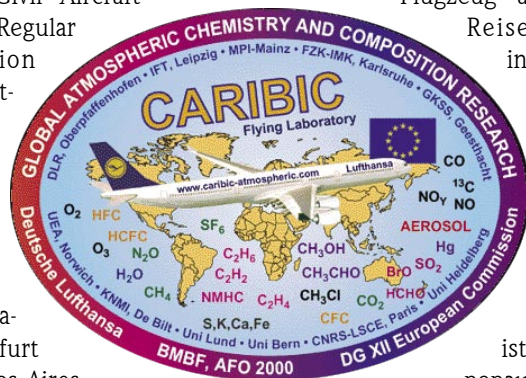
for the Regular Investigation of the Atmosphere Based on an Instrumented Container) führte vom Flughafen Frankfurt nach Buenos Aires, wo bis zum 17. Dezember

die 10. Weltklimakonferenz stattfand. Während des 14-stündigen Fluges über den Atlantik nach Südamerika wurden wertvolle Daten gesammelt. Von dem Forschungsvorhaben dürften die Flugpassagiere kaum etwas bemerkt haben. Unterhalb des Flugzeugsbauchs ist ein Lufterlasssystem mit Mess-Sonden montiert, das die Luftproben einsammelt und sie zu den empfindlichen Instrumenten in einem Messcontainer leitet, der im vorderen Laderaum des Airbus untergebracht wird. Die Instrumente dieses fliegenden Laborcontainers arbeiten während eines ganzen Fluges unabhängig und vollautomatisch. Hier werden die Proben – Spurengase und Aerosolpartikel – an Ort und Stelle genau analysiert. Die eingeströmte Probenluft wird zusätzlich über das Einlasssystem gesammelt und später in den beteiligten Forschungs-

instituten untersucht. Ein- oder zweimal im Monat wird der Forschungscontainer von Frankfurt aus ausgewählte Orte rund um den Globus erreichen. „Durch die Verwendung einer Linienmaschine erhalten wir kontinuierliche Daten – auch aus Gebieten, in denen Forschungsflugzeuge sonst nicht messen – und können damit die weltweite Verteilung von Gasen und Schadstoffen in der Atmosphäre dokumentieren“, meint Projektleiter Dr. Carl Brenninkmeijer. Außerdem bewegt sich das

Flugzeug auf seiner Reiseflughöhe in einer Region, die für die Atmosphärenforscher höchst interessant ist: der Tropopause, der Grenzschicht zwischen Troposphäre und darüber liegender Stratosphäre in acht bis zwölf Kilometern Höhe. „Passagierflugzeuge schließen damit in der Atmosphärenforschung die Lücke zwischen Boden- und Satellitenmessungen“, ergänzt Lufthansa-Umweltexperte Dr. Andreas Waibel.

Mit dem CARIBIC-Container werden alle Treibhausgase, Wasserdampf, Ozon, Stickoxide, Quecksilber, Kohlenmonoxid und zahlreiche weitere Gase in der Atmosphäre erfasst. Darüber hinaus wird fundierte Information über die Häufigkeit und Eigenschaften von Aerosolen erhalten. Weiterhin werden detaillierte Erkenntnisse über die Phänomene der Biomasseverbrennung, über die Emissionen der Ozeane und tropischen Wälder sowie über den Luftmassenaustausch zwischen Stratosphäre und Troposphäre erwartet. *Dr. Mirjana Kotowski*





## Katalytische Reaktion komplett simuliert

# Wirkungsgrad von feinem Zusammenspiel abhängig

**I**n der theoretischen Materialwissenschaft ist ein seit Jahren angestrebter Brückenschlag gelungen: Eine katalytische Reaktion lässt sich erstmals unter realistischen Temperatur- und Druckbedingungen verfolgen, beginnend bei den elektronischen Bindungen über die atomaren Prozesse bis hin zur mesoskopischen Beschreibung der letztlich messbaren katalytischen Aktivität. **Überraschend: Die atomaren Prozesse an der Oberfläche des Katalysators hängen stark voneinander ab.**

Forscher des Berliner Fritz-Haber-Instituts der Max-Planck-Gesellschaft sowie des FOM-Instituts AMOLF in Amsterdam/Niederlande haben für die gefundenen Erkenntnisse die Theorien und Computerprogramme entwickelt. Mit Hilfe eines Hochleistungsrechners am Rechenzentrum Garching der Max-Planck-Gesellschaft (RZG) konnten sie an einem Modellkatalysator erstmals die gesamte chemische Reaktion simulieren und die Ergebnisse visuell darstellen.

Katalysatoren sind von herausragender Bedeutung für viele technische Prozesse in der chemischen Industrie und der Abgasreinigung. Dennoch kennt man ihre Wirkungsweise noch nicht bis ins Detail. Das liegt vor allem daran, dass experimentelle Untersuchungen auf atomarer Ebene unter realen Temperatur- und Druckbedingungen bei der Katalyse nicht möglich sind, sondern bestenfalls unter den künstlichen Bedingungen des Ultrahochvakuums.

Ein Katalysator ist ein Zusatzstoff, der eine chemische Reaktion beschleunigt, ohne selbst dabei verbraucht zu werden. Was aber an seiner Oberfläche im Detail vor sich geht, also wie es letztendlich zu der erwünschten chemischen Reaktion kommt, war bislang weitgehend unbekannt. Um die Oberflächenreaktionen zu verstehen, ist daher

zunächst eine genaue Kenntnis der einzelnen atomaren Prozesse notwendig. Die erwirbt man neben experimentellen Untersuchungen mit quantenmechanischen Rechenverfahren wie der Dichtefunktionaltheorie (Walter Kohn erhielt dafür 1998 den Nobelpreis für Chemie).

Doch trotz des Einsatzes von Hochleistungsrechnern kann man die relevanten molekularen Prozesse nur über extrem kurze Zeiträume von weniger als einer Hundertmillionstel Sekunde verfolgen. Das reicht bei weitem nicht aus, um einen - wie sich jetzt herausstellte - wesentlichen Aspekt - der Katalysatorwirkung zu simulieren, nämlich das kollektiv-chaotische Zusammenspiel der vielen verschiedenen Prozesse. Die Herausforderung bestand darin, die Rechenverfahren, die sich bei der Untersuchung einzelner molekularer Prozesse als zuverlässig erwiesen haben, mit statistischen Methoden zu verbinden. Letztere sind weniger genau, machen es aber möglich, größere Oberflächenbereiche und Zeiträume bis in den Sekundenbereich zu überblicken.

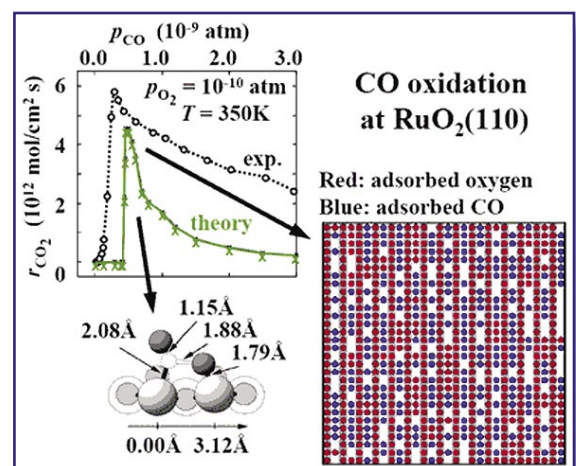
Die Wissenschaftler am Fritz-Haber-Institut haben diese Verknüpfung der Methoden auf die Oxidation von Kohlenmonoxid, eine der Hauptreaktionen in Autoabgaskatalysatoren, auf einer Rutheniumoberfläche angewandt. Ihnen gelang eine statistische Simulation der verschiedenen atomaren Prozesse über Zeiträume von Pikosekunden (ein Millionstel einer Millionstel Sekunde) bis Sekunden, also über 12 Größenordnungen. Als Grundlage diente eine genaue dichtefunktionaltheoretische Beschreibung der Bildung und des Aufbrechens der unterschiedlichen chemischen Bindungen.

Hierbei kamen die Forscher zu einem überraschenden Befund: Der aus Experimenten bekannte hohe Wirkungsgrad des Modellkatalysators ließ sich nur dann theoretisch wiederholen, wenn das enge Zusam-

menspiel der Elementarprozesse zu einer bestimmten Zusammensetzung der Atome auf der Oberfläche führte (vgl. Abb.), die sich entscheidend von experimentellen Befunden unter Ultrahochvakuumbedingungen bzw. von früheren theoretischen Ergebnissen, die das Wechselspiel der Prozesse nicht berücksichtigten, unterscheidet.

Die jetzt erstmals gelungene explizite Behandlung des Zusammenspiels aller Prozesse stellt somit einen entscheidenden Aspekt in der theoretischen Modellierung dar. Denn, wie sich herausstellte, kann nur in der nun gefundenen speziellen Konstellation der Atome ein bestimmter Reaktionsprozess ablaufen, der für sich allein, also ohne das Zusammenspiel aller Prozesse, gar nicht bedeutsam erscheint und keineswegs einen optimalen katalytischen Effekt hätte. Der errechnete hohe Wirkungsgrad des Katalysators stimmt bemerkenswert gut mit den experimentell gewonnenen Daten überein. *Dr. Andreas Trepte*

Experimentell gemessene und nun berechnete Aktivität des Katalysators (o. li.), sowie die zugehörige atomare Zusammensetzung der Oberfläche unter Bedingungen optimaler katalytischer Leistung (u. re.). Der die Gesamtaktivität dann dominierende Reaktionsschritt zwischen O und CO auf der Oberfläche ist unten links dargestellt. Die Rechnungen basieren auf den Details aller möglichen Elementarprozesse, um die mesoskopische atomare Zusammensetzung der Oberfläche zu ermitteln, die wiederum zu einer makroskopisch messbaren Reaktionsrate führt (Abb.: MPG, Fritz-Haber-Institut).



## Krebsmittel aus europäischer Eibe

# Herstellungskosten um Faktor fünf gesenkt

**Das natürliche Vorkommen eines Wirkstoffs im Krebsmedikament Taxol ist begrenzt und seine chemische Synthese aufwändig. Eine Vorstufe lässt sich günstig und einfach in einem Enzym-Membran-Reaktor herstellen. Als Rohstoff dient ein Extrakt aus Eibennadeln.**

Die Zellen alter pazifischer Eiben bergen einen wertvollen Schatz: Das hochwirksame Antitumormittel Paclitaxel – bekannt unter dem Markennamen Taxol. Onkologen setzen es gegen Eierstock- und Brustkrebs, aber auch bei Karzinomen in der Lunge ein. Es hemmt die Teilung der Zellen, die dann allmählich absterben. Leider produzieren die langsam wachsenden Eiben den Wirkstoff nur in winzigen Mengen. Paclitaxel komplett chemisch zu synthetisieren, ist zu aufwändig, um wirtschaftlich zu sein. Forscher suchen daher seit einigen Jahren nach Alternativen.

Die Nadeln der kultivierbaren, europäischen Eibe *Taxus baccata* bieten einen sinnvollen Ansatz. Sie produzieren den Stoff 10- Deacetylbaaccatin III (DAB), aus dem sich in nur wenigen Schritten Taxol herstellen lässt. Eine Methode um DAB biotechnologisch weiter umzusetzen, haben Forscher des Instituts für Bioprozess- und Analysenmesstechnik (iba) in Heiligenstadt im Rahmen eines BMBF-Projekts entwickelt. Partner sind

die Technische Universität Berlin und das Institut für Bioanalytik, Umwelttoxikologie und Biotechnologie Halle GmbH. Die Fraunhofer-Patentstelle PST betreut und vermarktet das Projekt und die zugehörigen Patente.

„Wir setzen DAB mit einem Enzym um, das aus der Eibe isoliert wurde“, erklärt Professor Gerald Lauckner vom iba. „Dadurch entsteht Baccatin III, eine Vorstufe von Paclitaxel, aus der Pharmafirmen dann einfach das Endprodukt synthetisieren können.“ Das Enzym erzeugen die Forscher preiswert mit Hilfe gentechnisch veränderter Bakterien des Stamms *E. coli*. Sie sind in den winzigen Poren einer Membran immobilisiert. Im Enzym-Membran-Reaktor strömt eine DAB-Lösung darüber und reagiert dabei zu Baccatin III. Dies wird mit einem halogenfreien Lösungsmittel abgetrennt,

während nicht umgesetztes DAB wieder in den Reaktor zurückfließen kann. Eine Online-Analytik überwacht und steuert kontinuierlich die Zufuhr von DAB. Sie hält dessen Konzentration in einem engen Bereich konstant und steigert so die Effizienz der enzymatischen Umsetzung.

„Die Herstellungskosten sinken mindestens um den Faktor fünf, verglichen mit der Extraktion aus natürlichen Quellen“, betont Lauckner. Und er sieht ein erhebliches Potenzial, den Prozess noch weiter zu optimieren. Hierfür suchen die Forscher nun Kontakt zu Industrieunternehmen. „Mit einem Partner könnte man auch die Übertragung des Prozesses in einen größeren Maßstab angehen“, meint Lauckner. Derzeit kann der Prototyp der Anlage in den Labors des iba etwa vier Gramm pro Liter Reaktionslösung herstellen.

## Photonische Kristallfasern

# Superkontinuum von 400-1750 nm

**Durch die Entwicklung von photonischen Kristallfasern (PCF) sind neue Möglichkeiten für die Lasertechnologie eröffnet worden, sowohl für die Grundlagenforschung als auch für industrielle Anwendungen. Beispielsweise vereinfacht eine PCF mit einem kleinen Kern die Erzeugung eines extrem verbreiterten Spektrums („Superkontinuum“) mit Femtosekunden-(fs)-Laserpulsen.**

Derartig erzeugte Superkontinua werden zunehmend in der Metrologie für die optische Kohärenztomographie und für die Realisierung von Frequenzkämmen eingesetzt. In vielen Anwendungsfeldern werden für die Superkontinuumserzeugung fs-Ti:Saphir-Lasersysteme verwendet. Da diese Systeme häufig komplex und aufwendig aufgebaut sind, werden am Laser Zentrum Hanno-

ver (LZH) alternative, kompaktere fs-Laserstrahlquellen entwickelt und untersucht. Hierfür werden Erbium-dotierte Faserlasersysteme mit einem Emissionsspektrum bei 1560 Nanometer realisiert, welche nicht nur wesentlich kleiner als Ti:Sa-Lasersysteme, sondern auch langzeitstabiler sind. Mit einem dioden-gepumpten Erbium-dotierten Faserlaser-Verstärkersystem konnten bisher Laserpulse um 1560 Nanometer mit einer Pulsenenergie von ungefähr einem Nanjoule und einer Pulsdauer von 60 Femtosekunden erzeugt werden. Diese Laserpulse erlauben in einer 30 Zentimeter langen hoch nichtlinearen aus  $\text{SF}_6$ -Glas hergestellten PCF-Faser die Erzeugung eines oktavbreiten und kammartigen Superkontinuums, welches spektrale Anteile von 400 bis über 1750 Nanometer beinhaltet.

## Proteine, Gene und Hormone

**Für die vollständige Entschlüsselung des Hühnergenoms** haben als Mitglieder eines internationalen Forschungskonsortiums die GSF-Wissenschaftler R. B. Caldwell und J.-M. Buerstedde, Direktor des GSF-Instituts für Molekulare Strahlenbiologie, einen wichtigen Beitrag geleistet. Diese erste Genomsequenz eines Vogels ist nicht nur von großer Bedeutung für biologische Forschungsvorhaben mit Hühnern, sondern ermöglicht auch ein besseres Verständnis des schon bekannten menschlichen Genoms. Ursprünglich startete das GSF-Projekt mit der Zielsetzung, nur solche Gene zu identifizieren, die in einer genetisch interessanten B-Zelllinie aktiv sind. Dann wurde aber ein internationales Konsortium von Wissenschaftlern aus den USA, Europa und sogar China gebildet, um alle Forschungsaktivitäten zu koordinieren.

## Wettbewerb um Fusionskraftwerk

# Ein virtuelles Institut soll Standortvorteil sein

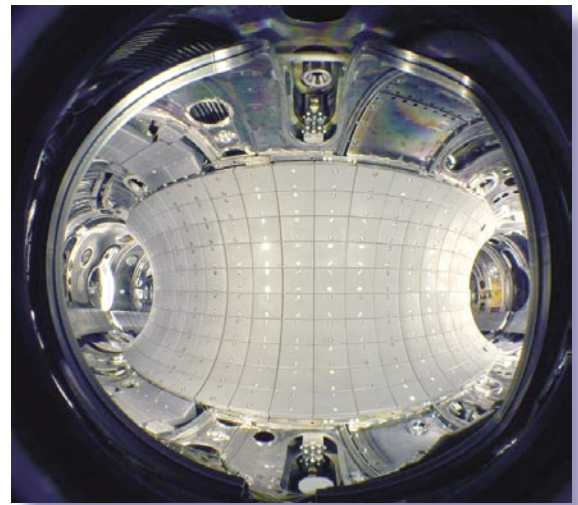
**E**uropa ist entschlossen mit dem Bau des Fusionsreaktors ITER in Südfrankreich den nächsten Schritt auf dem Weg zu einer neuen Energiequelle nach dem Vorbild der Sonne anzugehen. Zur Unterstützung dieses Vorhabens haben sich Plasmaforscher aus dem Forschungszentrum Jülich und den Universitäten Bochum und Düsseldorf jetzt zusammengeschlossen und das virtuelle Institut „ITER-relevant Plasma Boundary Physics“ (IPBP) gegründet. So wollen sie ihre Aktivitäten noch stärker als bisher bündeln und ihr vielfältiges Know-how gemeinsam nutzen. Ein erstes gemeinsames Treffen fand Anfang Dezember im Physikzentrum Bad Honnef statt.

Bei der Kernfusion wird Energie nach dem Vorbild der Sonne erzeugt. Es verschmelzen Wasserstoffkerne unter Freisetzung sehr großer Energiemengen – die Brennstoffe sind zudem praktisch unerschöpflich. Die internationale Fusionsforschung hat mit ihren Experimentieranlagen bewiesen, dass sie die physikalischen Prinzipien zur Zündung des Fusionsfeuers kennt. Nun müssen die Forscher zeigen, dass ein wirtschaftlicher Dauerbetrieb im Kraftwerksmaßstab möglich ist. Ein wichtiger Schritt in diese Richtung ist der nun in weltweiter Kooperation geplante Bau des 500 Megawatt Experimentalreaktors ITER (lat. „der Weg“).

Ob die Forscher den Dauerbetrieb realisieren können, hängt besonders davon ab, ob sie die Belastung der Wände beherrschen. Nur so können sie eine hinreichende Lebensdauer der Reaktorwände erzielen. Dabei spielen die Physik des viele Millionen Grad heißen Fusionsplasmas in der Nähe der Wände des Fusionsreaktors und die Wechselwirkung des Plasmas mit den Wänden eine entscheidende Rolle. Die Fusionsforscher aus dem

Forschungszentrum Jülich haben sich nun mit Plasmaphysikern der Ruhr-Universität-Bochum und der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf zusammengeschlossen, um die Prozesse zwischen Wand und heißem Plasma eingehend zu untersuchen und damit auch zum Erfolg des Projekts ITER beizutragen. Dabei werden die einzigartigen experimentellen Möglichkeiten in Jülich zur Untersuchung von Hochtemperaturplasmen mit dem speziellen Know-how der beiden Universitäten in der Atomphysik, der Plasma-Oberflächen-Wechselwirkung, bei Laserplasmen, in der Plasmadiagnostik und bei modernen Rechenverfahren zu einem gemeinsamen Forschungsprogramm verknüpft. Diese besonders enge Zusammenarbeit von Forschergruppen mit unterschiedlichen Kompetenzen innerhalb eines Virtuellen Instituts wird durch die Helmholtz-Gemeinschaft besonders gefördert.

Das neue virtuelle Institut kommt gerade rechtzeitig, denn die Forschungsminister der Mitgliedsstaaten der Europäischen Union haben auf ihrer Sitzung am 26. November 2004 in Brüssel der Europäischen Kommission das Mandat erteilt, die Verhandlungen mit den Partnern (Japan, Russland, China, USA, Korea) über den gemeinsamen Bau von ITER in Cadarache, Südfrankreich, nun zügig zu beenden, auch wenn vielleicht am Ende nicht alle mitmachen. Obwohl Japan zur Zeit noch immer einen Standort im eigenen Land für ITER favorisiert, hoffen die Europäer die Japaner letztendlich doch vom europäischen Standort zu überzeugen. Die EU will mit dem neuen Verhandlungsmandat ihre Führungsrolle in der Erforschung der kontrollierten Kernfusion festigen und weiter ausbauen. Genau dazu will auch die neue Kooperation zwischen Jülich, Bochum und Düsseldorf auf einem wichtigen Teilgebiet beitragen.



Blick in das Innere des Fusionsexperimentes Textor am Forschungszentrum Jülich (Bild: FZ Jülich).

### Bildung und Forschung 2005: Plus vier Prozent

Bei den Mitteln für Bildung und Forschung im Bundeshaushalt 2005 gibt es ein Plus von vier Prozent. Das teilte Bundesforschungsministerin Edelgard Bulmahn Ende November in Berlin mit.

Trotz eines konsolidierten Haushalts werde der Bund den Ländern im kommenden Jahr wieder eine Milliarde Euro für den Auf- und Ausbau von Ganztagschulen bereitstellen. Mit einem Gesamtvolumen von vier Milliarden Euro sei es das größte jemals in Deutschland gestartete Schulprogramm.

In der Forschung schaffe die Bundesregierung für die großen Forschungsorganisationen mit jährlichen Aufwüchsen ihrer Etats um drei Prozent finanzielle Planungssicherheit. Mit dem Pakt für Forschung und Innovation stelle das BMBF für die institutionelle Forschung zusätzlich rund 100 Millionen Euro und damit insgesamt fast 3,4 Milliarden Euro zur Verfügung. Der Hochschulbau werde weiterhin mit jährlich 925 Millionen Euro gefördert. Insgesamt stelle der Bund für den Hochschulbereich im Jahr 2005 rund 3,4 Milliarden Euro bereit.

Für die Förderung von Bereichen mit besonderem Innovationspotenzial wende die Bundesregierung vier Prozent mehr Mittel auf und damit insgesamt knapp 2,3 Milliarden Euro. Schwerpunkte seien die biomedizinische Forschung, die Nanotechnik, die Entwicklung nachhaltiger Technologien und Verfahren sowie die Informations- und Kommunikationstechnologien. Für BAföG gibt es 2005 fast 1,5 Milliarden Euro.

## Leibniz-Preisträger 2005

## Eine Auswahl aus 130 Vorschlägen

**Z**wei Wissenschaftlerinnen und acht Wissenschaftler sind die Preisträger im Gottfried Wilhelm Leibniz-Programm der DFG für das Jahr 2005, dem höchstdotierten deutschen Förderpreis. Aus 130 Vorschlägen wurden für das Jahr 2005 folgende Wissenschaftler als Leibniz-Preisträger ausgewählt:

**Prof. Dr. Peter B. Becker**, Zellbiologie/Biochemie (46), Universität München. Der Biochemiker Peter Becker beschäftigt sich mit der Dynamik von Chromatin-Strukturen, also mit Verpackungszuständen der DNA, die sich im Zusammenhang mit der Regulierung von Genaktivitäten verändern. So zeigte er, dass Histone auf dem DNA-Faden verschoben werden, wenn sie etwa bei der Aktivierung bestimmter Genschnitte „im Wege“ sind. Diese Forschungsergebnisse sind von Bedeutung für das Verständnis der Genaktivitäten bei der Entstehung von Krebs oder der embryonalen Entwicklung.

**Prof. Dr. Immanuel F. Bloch** (32), Experimentalphysik, Universität Mainz. Ein Forschungsschwer-

punkt von Immanuel Bloch ist die Manipulation von ultrakalten Bose-Gasen mit Hilfe eines Gitters aus Lichtwellen. Durch den Einsatz von Laserstrahlen hat er dabei erstmals ein Bose-Einstein-Kondensat so verändert, dass es in einen neuen Materiezustand überführt wurde, den Mott-Isolator-Zustand. Dieser Materiezustand wird unter anderem für die Entwicklung von Quantencomputern genutzt.

**Prof. Dr. Stefanie Dimmeler** (37), Molekulare Kardiologie, Universität Frankfurt/Main. Sie hat grundlegende Prozesse der Schädigung und Regeneration von Blutgefäßen untersucht und damit wesentlich zum Verständnis der Arteriosklerose beigetragen. Darüber hinaus bildeten ihre Arbeiten zu den Vorläuferzellen der Blutgefäße die Grundlage für erste Studien zur Stammzelltherapie bei Infarktpatienten.

**Prof. Dr. Jürgen Gauß** (44), Physikalische Chemie/Theoretische Chemie, Universität Mainz. Für die Theoretische Quantenchemie hat Jürgen Gauß grundlegende methodische Beiträge geleistet und in leistungsfähige Computerprogramme umgesetzt, die inzwischen weltweit von vielen Arbeitsgruppen genutzt werden.

**Prof. Dr. Günther G. Hasinger** (50), Astrophysik, MPI für extraterrestrische Physik, Garching. Günther Hasinger gehört weltweit zu den führenden Wissenschaftlern in der Röntgenastronomie. Seine Forschung zur Entstehung von Galaxien hat dazu beigetragen, dass Schwarze Löcher in den Galaxiezentren weniger als Produkt der Entwicklung von Galaxien, sondern vielmehr als Keime für deren Ursprung verstanden werden. Aktuell ist er mit der Entwicklung von Röntgenteleskopen befasst, die als Satelliten auch Fragen nach der Verteilung von Materie und der frühen Entwicklung von Sternen und Galaxien beantworten sollen.

**Prof. Dr. Christian Jung** (48), Molekulare Pflanzenzüchtung, Universität Kiel. Christian Jung beschäftigt sich mit molekularer Pflanzengenetik zur Züchtung schädlingsresistenter Pflanzen, und mit Genen, die die Geschlechtsausprägung von Pflanzen bestimmen.

**Prof. Dr. Axel Ockenfels** (35), Experimentelle Wirtschaftsforschung, Universität Köln. Axel Ockenfels beschäftigt sich mit dem Verhalten von Menschen bei ökonomischen Entscheidungen. Seine Arbeiten beschäftigen sich mit der Erforschung der Marktarchitektur und versprechen ein großes Potenzial für die Grundlagenforschung, und für die Organisation moderner Märkte.

**Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Peukert** (46), Mechanische Verfahrenstechnik, Universität Erlangen-Nürnberg. Mit seiner Arbeit über die Partikeltechnik im Submikronbereich hat Wolfgang Peukert die Grundlagen für die gezielte Herstellung von Produkteigenschaften und damit für die Anwendung geschaffen.

**Prof. Dr. Barbara Stollberg-Rilinger** (49), Geschichte der frühen Neuzeit, Universität Münster. Barbara Stollberg-Rilingers wissenschaftliches Interesse gilt den politischen und kulturellen Bewegungen in Europa im 17. und 18. Jahrhundert.

**Prof. Dr. Andreas Tünnermann** (41), Mikrosystemtechnik, Universität Jena, Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik. Die Arbeiten von Andreas Tünnermann zur Entwicklung von Hochleistungs-Faserlasern sind die Grundlage für die Fertigung kompakter und robuster Laser mit hoher Strahlqualität.

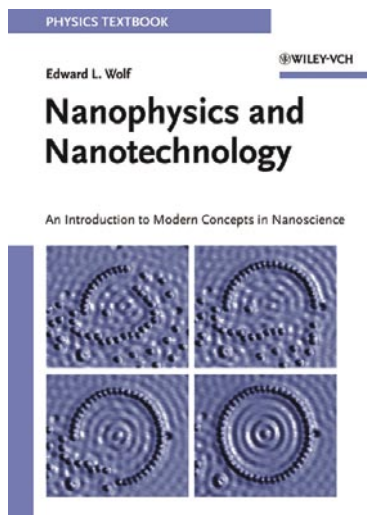
Die feierliche Verleihung der Preise durch den Präsidenten der DFG, Professor Ernst-Ludwig Winnacker, findet am 2. März 2005 in der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften in Berlin statt.

- Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert mit 722 000 Euro eine neue Methode zur **Diagnostik von Alzheimer-Krankheit, Schizophrenie und andere neuropsychiatrische Erkrankungen**. Die Firma Mosaïques Diagnostics & Therapeutics AG in Hannover kann durch Kopplung zweier Messmethoden, der Kapillar-Elektrophorese und der Massenspektrometrie, charakteristische Polypeptide aus Liquor identifizieren.

- Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unterstützt **umweltschonende Industrieprozesse mit Hilfe moderner Biotechnologie**. Zwölf Forschungsprojekte zum Thema „Nachhaltige Bioproduktion“ fördert das BMBF in den kommenden drei Jahren mit 20 Millionen Euro. Damit soll die Entwicklung umweltverträglicher Industrieprozesse entscheidend vorangetrieben und beispielsweise die Produktion von Biokatalysatoren für den Einsatz in Waschmitteln verbessert werden. Das BMBF fördert diese Forschungs- und Entwicklungsvorhaben bis 2007 mit insgesamt 14 Millionen Euro, weitere sechs Millionen Euro kommen von der Wirtschaft hinzu.

## Blick für die Grenzen des Machbaren

Edward L. Wolf; *Nanophysics and Nanotechnology – An Introduction, to Modern Concepts in Nanoscience*; 174 Seiten; Wiley-VCH Verlag, Weinheim 2004; ISBN 3-527-40407-4; 55 Euro.



Der Autor ist Professor am Lehrstuhl für Physik und Polytechnik der Universität in Brooklyn (New York), was sich im Schreibstil des Buches widerspiegelt. Das Buch ist in Englisch verfasst. Es enthält zur Verdeutlichung von physikalischen Zusammenhän-

ge eine Vielzahl von Formeln, wodurch das Verständnis nicht immer verbessert wird. Wie der Autor bereits im Vorwort erwähnt, ist das Buch als studienbegleitende Lektüre für Studenten geschrieben. Begriffe wie Schrödingergleichung, Harmonischer Oszillator, Quantum Dot, Bosonen, Fermi-Ionen, Bandlücken usw. sollten Sie bereits gehört haben.

Als Chemiker hatte ich mir aufgrund des Titels etwas anderes vom Inhalt versprochen und war beim ersten Anlesen etwas enttäuscht. Aber mit zunehmender Bearbeitung wich die Enttäuschung einer Neugier und Bereicherung hinsichtlich der Sichtweise von Gesetzmäßigkeiten und Vorgängen im Bereich des Nanometermaßstabs. Als Physiker führt der Autor den Leser in den Bereich der Atome, Quantenmechanik und klassischen Physik, um mit den dort bekannten Gesetzen die Grenzen der Verkleinerung bzw. die Machbarkeit/Realisierung von Nanotechnologie aufzuzeigen. Prof. Wolf veranschaulicht sehr schön die „Dimension Nano“ und die damit verbundenen Änderungen von Eigenschaften. Diese Erkenntnisse werden durch die Übungen am Ende des Buches vertieft und intensiver verdeutlicht.

Dennoch ist der Autor der Auffassung, dass es gemäß seiner Definition eigentlich noch keine richtige von Menschenhand realisierte Nanotechnologie gibt. Hierbei definiert er Technologie als die Übertragung von wissenschaftlichem Wissen in die ökonomische (profitable) Produktion von Gütern und Dienstleistungen.

Dieser Gedanke zieht sich konsequent durch das Buch, sodass echte Beispiele nur aus dem Bereich der Biologie vorgestellt werden (z.B.: Ionenkanäle als biologische Nanotransistoren oder Nanomotoren in Form rotierende Zellfäden, welche Bakterien für die Vorwärtsbewegung nutzen). Prof. Wolf erwähnt kurz in einigen Beispielen

erste Ansätze zur Umsetzung von Nanotechnologie in den Produktionsmaßstab. Er nennt u.a. die Herstellung von nanoporigem Filterpapier oder die Halbleiterindustrie / Waferherstellung.

Eine wesentliche Grenze zur Verkleinerung wird durch die Frage „Wie binde ich Nano an die makroskopische Welt an“ bestimmt. Hier zeigt der Autor, dass die menschliche Technologie im Grunde gar nicht oder nur in bescheidenem Maße über Techniken zum Bewegen, Platzieren und Ordnen von Materialien im Nanometerbereich verfügt. Dieses Thema wird in Kapitel 6 an Beispielen zu sich selbst organisierenden/anordnenden Strukturen (self assembled structures) vorgestellt. Es werden InAs Quantum Dots, Silberbromid-Nanokristalle in photographisch aktiven Emulsionen, C60-Buckyballs, Kohlenstoff-Nanoröhren usw. vorgestellt.

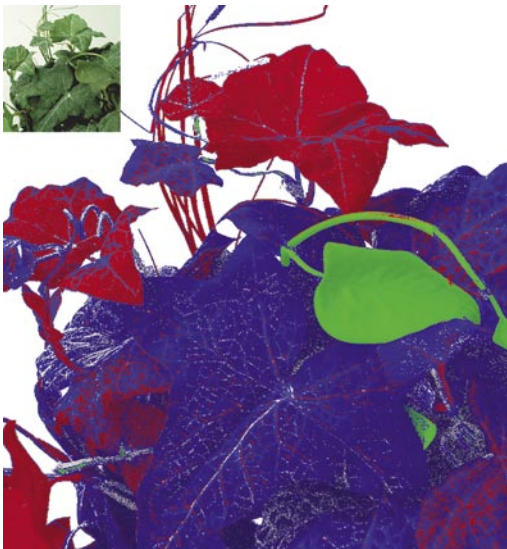
Das 7. Kapitel beschäftigt sich mit Techniken, die heutzutage bereits zur Herstellung und Bearbeitung von dünnen Schichten im Nanometerbereich sowie zur Herstellung von Nanopartikeln genutzt werden. Es werden Begriffe wie zum Beispiel Laserablation, Chemical Vapor Deposition (CVD), Sputtern, Photolithographie, Maskenätzung von Siliziumoxidwafern (Chip-Technologie) kurz und oberflächlich angesprochen.

Dieses und das 8. Kapitel „Looking into the future“ (Ausblick in die Zukunft) fand ich eher schwach. Das gesamte Gebiet der medizinischen Anwendung von Nanomaterialien und Nanopartikeln wurde nicht erwähnt. Gerade in diesem Feld entscheiden neben der Größe physikalische Effekte wie Oberflächenladung und Grenzschichten über die Wirkung als Gift oder nutzbares Medikament. Der Autor erwähnt auch nicht, dass nanopartikuläre Systeme bereits im industriellen Maßstab hergestellt und eingesetzt werden, d.h. seine Definition von Technologie bereits erfüllen. Hier sind nanoskalige  $\text{TiO}_2$ -Partikel zu nennen, welche als Füllstoffe in Farben oder als Bestandteil in Sonnenschutz-Lotion Verwendung finden. Ferner ist der Einsatz von kolloidalen  $\text{SiO}_2$ -Partikel im Nanometerbereich ( $< 1\mu\text{m}$ ) als schmutzabweisende Schicht (Anti-Graffiti-Schutz, Lotus-Effekt) oder als Kratzschutz (Brillen, Autoscheiben) zu nennen. Es befindet sich im 8. Kapitel auch kein Hinweis zu den Studien bezüglich der Technologiefolgebewertung. Zu diesem Thema wurden die ersten in den USA verfasst. Ich möchte an dieser Stelle nur auf eine allgemein anerkannte Studie von Greenpeace aufmerksam machen, welche sich sowohl mit Nanopartikeln wie auch mit Nanotechnologie beschäftigt: *Future Technologies, Today's Choices. Nanotechnology, Artificial Intelligence and robotics. A technical, political and institutional map of emerging technologies* Greenpeace Environmental Trust, London 2003.

Dem Studenten wird ein Buch zur Verfügung gestellt, welches gerade zu Beginn des Einstiegs in das Gebiet der Nanomaterialien/Nanotechnologie den Blick für die physikalischen Grenzen und des Machbaren öffnet. Jedoch erreichen die letzten drei Kapitel des Buches nicht die Qualität der ersten fünf Kapitel. Ich bewerte das Buch mit drei von möglichen fünf Punkten. *Dr. R.Hoppe*

## Mehr als Sehen

Natürliches Licht weist ein breites Wellenlängenspektrum auf. Das menschliche Auge empfindet das Licht als „weiß“ oder, wenn das Spektrum durch Filterung u. ä. eingeschränkt wird, als eine Farbe. Obwohl Millionen Farben unterschieden werden können, ist der Mensch doch beschränkt durch die Tatsache, dass das Auge nur drei verschiedene Farbrezeptoren für Rot, Grün und Blau besitzt. Im Gehirn werden diese Farbanteile dann zu einem Farbeindruck zu-



sammengesetzt. Dabei können völlig verschiedene Farbmischungen wie ein und dieselbe Farbe erscheinen. So kann z.B. ein Gelb ebenso durch Mischung aus Rot und Grün entstehen.

Mit dem Nuance Multispectral Imaging System werden diese Limitierungen überwunden. Mit Nuance werden Bilder aufgenommen, die jeweils die komplette spektrale Information für jeden Bildpunkt enthalten.

Diese multispektralen Aufnahmen sind im Remote Sensing von großem Vorteil. Unterschiede in den Bildpunkt-Spektren von Fernerkundungsaufnahmen weisen beispielsweise auf Bodenschätze hin oder auf Kontaminationen von Nutzpflanzen.

In der Nahrungsmittelindustrie wird Multispectral Imaging in der Qualitätskontrolle eingesetzt, um beispielsweise sonst nicht sichtbare Verletzungen auf Obst festzustellen.

Weitere große Anwendungsfelder sind Medizin und Biologie. Mit dem Nuance System kann mit wenigen Mausklicks in der Software die Autofluoreszenz von Gewebe aus den Bildern entfernt und so reale Unterschiede sichtbar gemacht werden, die sonst von der eigentlich störenden Autofluoreszenz überstrahlt werden. Farblich

markierte Zellbestandteile oder z.B. auch Krebsgewebe sind so mit sehr gutem Bildkontrast erkennbar.

Mit dem Nuance wird eine Reihe von Bildern aufgenommen. Dabei wird ein durchstimmbarer Flüssigkristallfilter so angesteuert, dass für jedes Bild jeweils nur ein schmaler Spektralbereich detektiert wird. Die Bilder werden mit einer schwarz/weiß-Kamera hoher Auflösung (1,3 Mpixel, 12 bit) aufgenommen. Nach der Bilderfassung errechnet die Software für jeden Bildpunkt ein Spektrum.

Dabei wird eine spektrale Auflösung von bis zu 1 Nanometer erreicht. Die Zahl der potentiellen Anwendungen ist außerordentlich groß. Das Nuance System arbeitet wahlweise im sichtbaren Bereich von 400 - 720 nm oder im nahen Infrarot von 650 - 1100 nm. Auch in-vivo Messungen sind durchführbar. Das Messsystem Nuance kann über den Kamera-Port (C-Mount) fast aller Mikroskope angeschlossen werden. Für Anwendungen im Makrobereich steht eine Auswahl geeigneter Objektive zur Verfügung.

L.O.T. Oriël GmbH  
64293 Darmstadt  
Tel 030-49914775  
Fax 06151 896667  
weissflog@lot-oriel.com  
www.lot-oriel.de

## BioVeris Analyzer im Einsatz bei den Olympischen Spielen in Athen

Verantwortlich für die Sicherheitsoperationen bei den Olympischen Spielen in Athen waren die NATO Response Forces.

Sie benutzten den M-Series M1R Analyzer von BioVeris für die



ATHENS 2004



Testung von Bioterror-Agentien im potenziellen Alarmfall. Als Mitglied des Multinational Chemical Biological Radiological and Nuclear (CBRN) Defence Battalion rüsteten die Ungarischen Verteidigungskräfte aufgrund ihrer speziellen Erfahrung mit Level 3 Organismen das Biolabor aus. Die ungarische Labormannschaft nutzte schon vor den Olympischen Spielen den M1R Analyzer, weil sie die Elektrochemiluminescence-Technik von BioVeris fünfmal sensitiver fand als die LIAs, FIAs und ELISAs, die sie vorher verwendete, um Bioagentien wie zum Beispiel Rizin, Staphylokokkus, Botulinum und Anthrax

zu detektieren. Die Ausrüstung und das Personal kamen schon 20 Tage vor Beginn der Spiele in Athen an, um Materialien und Abläufe für den Alarmfall zu testen. Das Personal war in der Lage, Proben aus Luft, Erde, Wasser, Nahrungsmitteln und Exkrementen innerhalb von 30 Minuten zu testen.

BioVeris Europe  
Witney, Oxfordshire, OX28 4GE, UK  
Tel +44 (0) 1993 892240  
Fax +44 (0) 1993 892241  
www.bioveris.com

## Komfortable Wasserbestimmung

Die Karl-Fischer-Wasserbestimmung ist eine weltweit am häufigsten angewandte Analysenmethode. Mit einem Applikationsbereich von 0.1% bis 100% Wasser kommt die volumetrische Karl-Fischer-Titration in vielen Labors zum Einsatz.

Der ausgefeilte Regelalgorithmus des Titrandos 841 ist an die Charakteristik der Karl-Fischer-Reaktion angepasst und garantiert Resultate höchster Präzision.

Reagenzien von verschiedenen Herstellern erfordern unterschiedliche Regelalgorithmen. Sie wählen die Methode, die an ihre Reagenzien angepasst ist.

Verbrauchtes KF-Reagenz kann manuell oder komfortabler mit automatischem Reagenzwechsel, ausgetauscht werden. Dabei bestimmen Sie den Zeitpunkt und der Titrand 841 führt den Wechsel automatisch durch.

Der Titrand 841 dosiert mit Dosinos, die direkt auf die Reagenzfla-

schen aufgesetzt werden. Adapter sorgen dafür, dass Reagenzflaschen mit unterschiedlichen Gewinden direkt verwendet werden können. Der Dosino kann dank des ‚Empty‘ Befehls vollständig geleert werden, dadurch entfällt ein besonders bei KF-Reagenzien lästiges Öffnen und Reinigen der Dosiereinheit.

Der Titrand 841 verfügt über die zum Steuern von Probenwechslern erforderliche Intelligenz und weitere exklusive Eigenschaften wie: Touch Control mit grossem Farbdisplay, PC Control für die Bedienung via PC, intelligente Dosierelemente, Karl-Fischer-Titration und SET Titration, Client Server database dank Tiamo, Paralleltitrationen mit Tiamo, Lab Link für Intranet und Internet und automatischer Reagenzwechsel mit dem einmaligen Dosino.

Er erfüllt die FDA-Vorschrift 21 CFR Part 11. USB-Schnittstellen für Probenwechsler, Drucker, PC-



Tastatur und Barcodeleser vervollständigen das System.

Metrohm  
70794 Filderstadt (Plattenhardt)  
Tel 0711 7 70 88 0  
Fax 0711 7 70 88 55  
www.metrohm.de

## Hochdruck-Miniaturabsperrventile

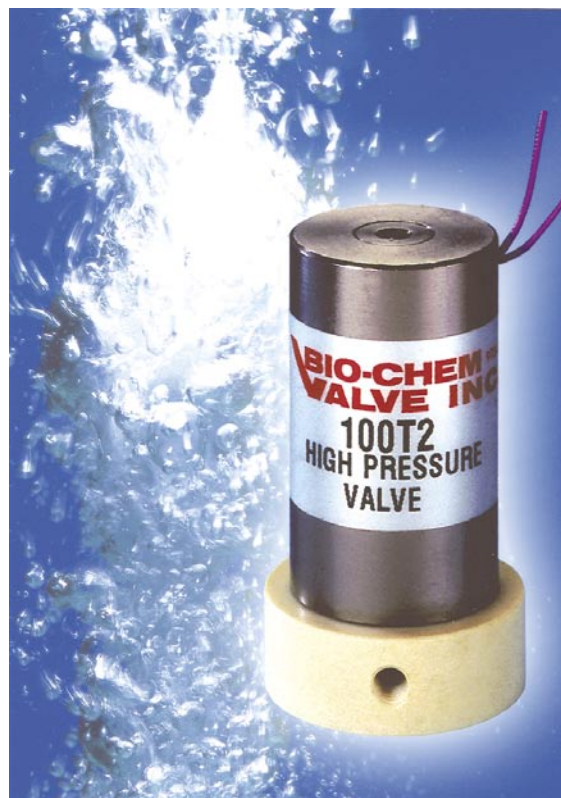
Flow-Control-Spezialist Bio-Chem Valve hat inerte Hochdruck-Miniaturabsperrventile entwickelt. Die Ventile, die in Europa über Omnifit Ltd. erhältlich sind, beruhen auf dem Design der Standard-Ventile des Unternehmens. Sie können in kritischen Durchflussregelungsanwendungen bis zu 37,92 Bar eingesetzt werden und ersetzen damit teurere Druckregelungssysteme beziehungsweise Druckfeedbacksysteme, bei denen die obere Druckgrenze geregelt werden muss.

Die Ventile können aus verschiedenen Werkstoffen hergestellt werden, beispielsweise PEEK, PPS und Teflon. Weitere kundenspezifische Optionen sind Anschlusskonfiguration und -ausrichtung, Spannung und elektrische Leistung. Außerdem können die Ventile zusammen mit dem von Bio-Chem patentierten Modulsystem zur Re-

gelung mehrerer Durchflusslinien eingesetzt werden, um Entwicklungskosten und Aufbauzeiten bei Design und Herstellung von Instrumenten zu senken.

Einsatzbereiche sind zum Beispiel analytische Instrumente, automatische, programmierbare und druckbeaufschlagte Dosiersysteme für Flüssigkeiten, dünnflüssige Spritzgießverfahren sowie andere Bereiche, in denen geringvolumige Hochdruckdosierungen, Sicherheitsüberdruckvorgänge oder preiswertere Alternativen erwünscht sind.

Omnifit Ltd.  
Cambridge, CB1 3HD, England  
Tel +44 (0) 1223 416642  
Fax +44 (0) 1223 416787  
www.omnifit.com



## Neues PCR-System, noch schneller



Applied Biosystems hat das 9800 Fast PCR System auf den Markt gebracht. Das System liefert die Ergebnisse einer Standard-96-well Platte in 25 Minuten, im Vergleich zu den zwei Stunden eines konventionellen Systems.

Das neue System besteht aus dem 9800 Fast Thermal Cycler, dem GeneAmp Fast PCR Master Mix und der 96-well Fast Thermal Cycling Plate. Routine-PCR-Prozeduren, beispielsweise Klonierungen und DNA-Präparationen für die

Sequenzanalyse, können schneller und leichter durchgeführt werden. Das System ist eine Ergänzung zum PCR-Sortiment von Applied Biosystems, bestehend aus den Geräten, den Assays, den Reagenzien und der Software.

Applied Biosystems

Warrington, WA3 7QH, UK

Tel +44 (0) 1925 825650

Fax +44 (0) 1925 282502

<http://europe.appliedbiosystems.com>

## Hohlkathodenlampen

Ab sofort gibt es preiswerte kodierte Hohlkathodenlampen für die Analyst-Geräteserie von Perkin Elmer bei LOT-Oriel. Die Lampen sind absolut kompatibel, ein Adapter wird nicht benötigt. Lieferbar sind fast 70 Einzelement- und mehrere gängige Mehrelementlampen.

L.O.T.-Oriel GmbH & Co. KG

64293 Darmstadt

Tel 06151 8806 497

Fax 06151 8806 64

[www.LOT-Oriel.com/de](http://www.LOT-Oriel.com/de)



## Voll automatisierte Pulverfließtests

Freeman Technology hat das erste einer neuen Reihe von 'Plug and Play'-Zusatzgeräten auf den Markt gebracht, ein Gerät, das Pulverfließtests mit dem FT4 Pulver-Rheometer voll automatisiert.

Das FT4-Rheometer wird von vielen herstellenden Industrien verwendet, darunter der pharmazeutischen und chemischen Industrie, Keramikerstellung, Pulverbeschichtungen, Toner und Körperpflegeprodukte. Die Anwendung reicht von der Optimierung

neuer Formulierungen und Verbesserungen im Herstellungsprozess bis zur Erstellung von Qualitätskontrollkriterien für Rohmaterialien, Zwischen- und Endprodukte.

Das automatische Durchfließzubehör für das FT4 erlaubt eine Messung der Fließeigenschaften von Pulvern bei unterschiedlichen Durchfließgraden. Auf diese Weise kann festgestellt werden, wie die Fließbarkeit von der Menge der mitgerissenen Luft abhängt. Dank der vollautomatischen Abläufe ist ein Eingreifen des Betriebspersonals überflüssig, wodurch eine wichtige Quelle für Messabweichungen und -fehler ausgeschaltet ist. Eine universelle Steuerungskarte ermöglicht die nahtlose Schnittstelle zwischen Gerät, Zusatzgerät und Nutzer. Nutzer des FT4 Pulverrheometers werden in der Lage sein, ihr Gerät durch eine Reihe von Zusatzgeräten zu erweitern und somit die Pulverauswertung zu rationalisie-

ren. Damit ist Freeman seinem Ziel, dem Pulver verarbeitenden Markt eine Universallösung zum Testen von Pulvern an die Hand zu geben, näher gerückt.

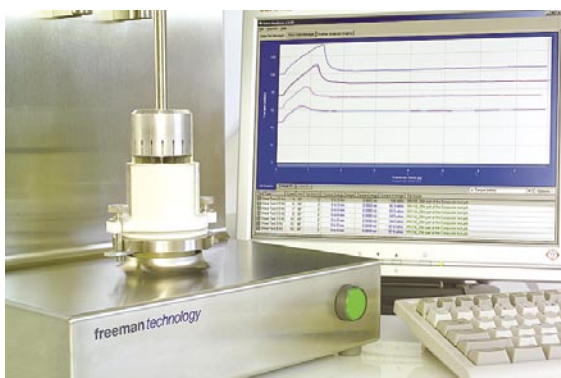
In einem weiteren Schritt zur Erreichung dieses Ziels hat Freeman das FT4 kürzlich durch eine vollautomatisierte Möglichkeit zum Testen der Scherfestigkeit ergänzt und somit dessen Anwendungsbereich erweitert. Mit der Scherzelle können Pulver zuverlässig und reproduzierbar hinsichtlich ihrer Scherfestigkeit getestet werden, wodurch zusätzlich zu den dynamischen Fließeigenschaften, wie sie in einer Standardmessung mit dem FT4 gemessen werden, ergänzende Informationen geliefert werden.

Freeman Technology  
Malvern, Worcestershire WR13 6LE, UK

Tel +44 (0) 1684 310860

Fax +44 (0) 1684 310236

[www.freemantech.co.uk](http://www.freemantech.co.uk)





# 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 1104, D-96301 Kronach  
Industriestr. 10, D-96317 Kronach  
Tel. 09261 2426, Fax 09261 92376

## ARÄOMETER

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



## ARBEITSSCHUTZARTIKEL

**Carl Roth GmbH + Co.**  
Postfach 21 11 62  
D-76161 Karlsruhe  
Tel. 0721 56060



## BSB-BESTIMMUNG

**WTW, Weilheim**  
Tel. 0881 183-0 Fax 0881 62539

## CHEMIKALIEN

**Carl Roth GmbH + Co.**  
Postfach 21 11 62  
D-76161 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

**LOT**  
061 51/88 06-0  
Fax 061 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

**LOT**  
061 51/88 06-0  
Fax 061 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

**CHRIST**  
Gefrier- und Trocknungsanlagen

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



**STERIS**

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



## HOHLKATHODENLAMPEN

**LOT**  
061 51/88 06-0  
Fax 061 51/89 66 67  
www.LOT-Oriel.com



## KÜHL- UND TIEFKÜHLGERÄTE

**Hettich**  
ZENTRIFUGEN

Gartenstr 100  
D-78532 Tuttlingen  
Tel. 07461 705-0, Fax 07461 705-125  
www.hettichlab.com  
info@hettichlab.com



**Kendro**  
Quality Products - Lifetime Care

**Kendro Laboratory Products GmbH**  
Herausstr. 12-14, D-63450 Hanau  
Tel. 01805 536376 Fax 01805 112114  
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



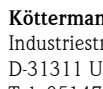
## LABORCHEMIKALIEN

**Carl Roth GmbH + Co.**  
Postfach 21 11 62  
D-76161 Karlsruhe  
Tel. 0721 56060



## LABOREINRICHTUNGEN

**Köttermann GmbH & Co KG**  
Industriestr. 2-10  
D-31311 Uetze/Hänigsen  
Tel. 05147 976-0 Fax 05146 976-844  
www.koettermann.com, info@koettermann.de



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



## LABORHILFSMITTEL

**Carl Roth GmbH + Co.**  
Postfach 21 11 62  
D-76161 Karlsruhe  
Tel. 0721 56060



## LABOR-SCHLÄUCHE UND -STOPFEN AUS GUMMI

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



## LABORZENTRIFUGEN, KÜHLZENTRIFUGEN

**Hettich**  
ZENTRIFUGEN

Gartenstr 100  
D-78532 Tuttlingen  
Tel. 07461 705-0, Fax 07461 705-125  
www.hettichlab.com  
info@hettichlab.com



**Kendro**  
Quality Products - Lifetime Care

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



**Sigma**  
Laborzentrifugen

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



Große  
Anzeigen zu  
teuer? Hier  
kostet ein  
Eintrag nur  
4,50 Euro  
pro Zeile,  
ein Milli-  
meter pro  
Spalte 2,25  
Euro!

## LEITFÄHIGKEITS-MESSGERÄTE



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

## LEITFÄHIGKEITSMESSUNG

WTW, Weilheim  
Tel. 0881 183-0, Fax 0881 62539

## 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/REDOX-ISE-MESSUNG

WTW, Weilheim  
Tel. 0881 183-0, Fax 0881 62539

## PH-MESSGERÄTE

WTW, Weilheim  
Tel. 0881 183-0, Fax 0881 62539



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

## PHOTOMETR. WASSERANALYSE GERÄTE UND TESTSÄTZE

WTW, Weilheim  
Tel. 0881 183-0, Fax 0881 62539

## POLARIMETER



SCHMIDT + HAENSCH GmbH & Co  
Waldstr. 80/81; D-13403 Berlin  
Tel: 030 417072-0; Fax 030 417072-99

## REFRAKTOMETER



SCHMIDT + HAENSCH GmbH & Co  
Waldstr. 80/81; D-13403 Berlin  
Tel: 030 417072-0; Fax 030 417072-99

## REINIGUNGSMITTEL FÜR LABORGLAS



**Carl Roth GmbH + Co.**  
Postfach 21 11 62  
D-76161 Karlsruhe  
Tel. 0721 56060

## SAUERSTOFF-MESSGERÄTE



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

WTW, Weilheim  
Tel. 0881 183-0, Fax 0881 62539

## STERILISATOREN

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

## TEMPERATUR-MESSGERÄTE

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



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

WTW, Weilheim  
Tel. 0881 183-0, Fax 0881 62539

## THERMOMETER

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



## TIEFSTTEMPERATURMESSUNG

**Cryophysics GmbH**  
Dolivostr. 9, D-64293 Darmstadt  
Tel. 06151 8157-0, Fax 06151 8157-99  
[info@cryophysics.de](mailto:info@cryophysics.de)

## VAKUUMKONZENTRATOREN

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

## WASSERDESTILLIERAPPARATE



Ges. f. Labortechnik mbH  
Postfach 1152  
D-30927 Burgwedel  
Tel. 05139 9958-0  
Fax 05139 9958-21  
[info@GFL.de](mailto:info@GFL.de)  
[www.GFL.de](http://www.GFL.de)

Große  
Anzeigen zu  
teuer? Hier  
kostet ein  
Eintrag nur  
4,50 Euro  
pro Zeile,  
ein Milli-  
meter pro  
Spalte 2,25  
Euro!

374

5000000° Kelvin

setzungsverhältnisses" sehr viel größeren Strom, der als elektrodlose Gasentladung in dem Deuterium fließt. Natürlich wählt man die Reaktionsbedingungen so, daß das Deuterium vollständig ionisiert wird. Unter dem Einfluß der gewaltigen Stromstärken, die bis zu 200000 Ampère betragen, erhitzt sich das leitfähig gewordene Gas auf bisher unerreichte Temperaturen. Gleichzeitig aber zieht es sich unter dem Einfluß seines eigenen Magnetfeldes (jeder stromdurchflossene Leiter, also auch das Gas, baut ein Magnetfeld um sich auf) zu einem verdichteten „Plasma“ von Atomkernen zusammen. Dieser außerordentlich erwünschte Nebeneffekt sorgt dafür, daß die Gasentladung praktisch von

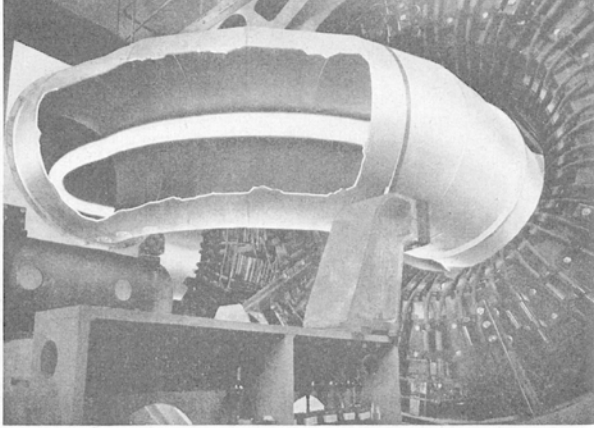
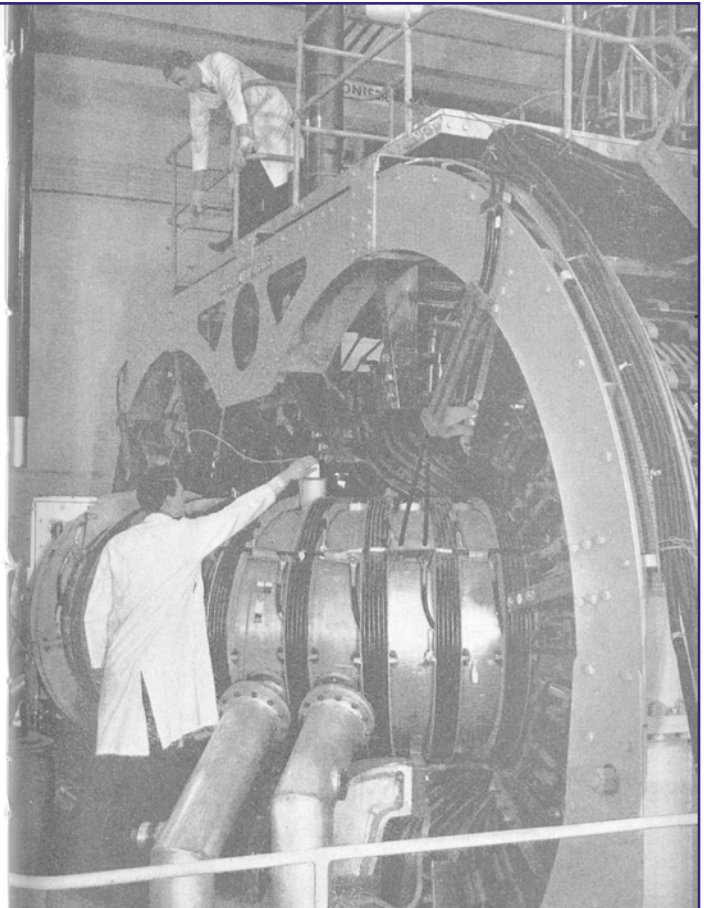


Abb. 2. Photomontage, zeigt den im Inneren des „Torus“ brennenden Plasmaplasma; rechts einer der großen Magneten. (Photo: United Kingdom Atomic Energy Authority Harwell).

Vakuum „umgeben“ ist; die Wärmeübertragung auf den Torus wird stark eingeschränkt.

Es gab zunächst viele experimentelle Schwierigkeiten, ehe die Apparate richtig funktionierten. So neigten anfangs die Entladungen dazu, an den Wänden des „Torus“ entlangzulaufen, wodurch sie für den gewünschten Effekt verloren-

Zu nebenstehender Abb. 3: Teilansicht des ZETA-Gerätes. In der Bildmitte der Torus, vom unten Anschlußrohr, durch die Deuterium unter vermindertem Druck zugeführt werden kann. Von rechts bis zur oberen Mitte sieht man einen Teil des großen Magneten. (Photo: United Kingdom Atomic Energy Authority Harwell).



376

5000000° Kelvin

gingen, da man ja möglichst die Gasionen und Elektronen auf einen engen Raum konzentrieren möchte. So kam man schließlich zur Verwendung elektrisch leitfähiger Rohre. Die in diesen erzeugten Induktionsströme stoßen durch ihr Magnetfeld die geladenen Gasteilchen wieder zur Mitte zurück. Außerdem überlagert man die Entladung noch durch ein starkes, außen angelegtes Magnetfeld, dessen Wirkung ebenfalls die Gasentladung in der Mitte des „Torus“ stabilisiert (s. Abb. 3).

Die benötigten Ströme werden einer Kondensatorbatterie entnommen, die man zuerst durch Parallelschaltung mit einer Gleichspannung auflädt. Zum Versuch selbst schaltet man die einzelnen Glieder der Batterie hintereinander, wobei sich die Potentiale addieren, und man für 5 Millisekunden eine sehr hohe Spannung in der Primärspule des Reaktors erreicht. Die Entladung der Batterie ist alle 10 Sekunden möglich.

Eine solche Kondensatorbatterie hat mehrere Vorzüge. Einmal erreicht man auf sehr einfache Weise beliebig hohe Gleichspannungen, ohne komplizierte und teure Gleichrichteranlagen zu benötigen, die ihrerseits sehr umfangreiche Isolationen nötig machen würden. Zum anderen belastet der „Impulsbetrieb“ die Apparatur relativ wenig, da die Spitzenbeanspruchung doch nur innerhalb sehr kurzer Zeit erreicht wird. Selbst bei 200facher Wiederholung des Experimentes hat in Wirklichkeit die Gasentladung erst 1 Sekunde lang „gebrannt“. Man muß berücksichtigen, daß die Wärme, die von einem Gas so hoher Temperatur abgegeben wird, trotz der guten „Isolation“ durch die vergleichsweise gaslere Umgebung doch sehr beträchtlich sein dürfte. Da die Kernreaktion sehr schnell eintreten muß, schadet die kurze Betriebszeit also nicht.

Ein wichtiges Problem besteht in der Messung der Reaktionstemperatur. Bei den erreichten hohen Temperaturgebieten sind die Atome des Deuteriums völlig ionisiert, sie senden also keine Strahlung mehr aus. Setzt man aber schwerere Atome, z. B. Sauerstoff oder Stickstoff, zu, so werden diese zwar auch eines Teiles ihrer Elektronen beraubt, die Ionisation schreitet aber nicht bis zur völligen Entblößung von Elektronen fort. Die Atome können daher noch ein Spektrum aussenden, aus dem sich Rückschlüsse auf die erreichte Temperatur ziehen lassen (Doppler-Effekt).

Schon bei 2000000° K hat man das Auftreten von wenigen Neutronen beobachtet, bei 5000000° K wurden sogar schon rund eine Million pro Impuls gezählt. Das ist eigentlich unerwartet, da man, wie gesagt, erst ab 100000000° K mit Kernverschmelzungen rechnet. Man hatte zunächst gehofft, daß hier bereits Anzeichen für eine echte Kernverschmelzung vorliegen könnten. Die nähere Untersuchung zeigte jedoch, daß die aufgefundenen Neutronen aus „Nebenreaktionen“ stammen, die mit der erwarteten Kernreaktion nichts zu tun haben. Einem ähnlichen Irrtum waren auch die Russen zum Opfer gefallen, die bei 2000000° C ebenfalls Neutronenemissionen beobachteten und zunächst fälschlich annahmen, daß sie eine echte Kernfusion erreicht hätten.

Auch in USA und Westdeutschland experimentiert man mit grundsätzlich ähnlichen Konstruktionen, wobei wahrscheinlich in allen Fällen mit der Temperatur die Millionengrenze überschritten wurde. Anscheinend haben aber die Engländer zur Zeit einen Vorsprung erreicht; sie planen schon eine Verbesserung der Maschine, die etwa 3000000 Pfund kosten soll, also rund gerechnet pro Grad Kelvin etwa ein halbes Pfund Sterling.

# CLB

FAX: 06223-9707-41

Wollen Sie die CLB nicht erst als 4., 5. oder 6. in Ihrer Firma lesen?

Für nur 87 Euro pro Jahr erhalten Sie als persönlicher Abonnent monatlich die CLB mit dem MEMORY-Teil. Das ermäßigte persönliche Abonnement kostet sogar nur 67,10 Euro pro Jahr (jeweils incl. 7 % MWSt., zzgl. Versandkosten).



*Heinrich Heine*

HEINRICH HEINE  
UNIVERSITÄT  
DÜSSELDORF

# InCom 2005

S Y M P O S I U M   &   E X P O S I T I O N

**International Symposium on  
Instrumentalized Analytical Chemistry and  
Computer Technology**

**29. bis 31. März 2005**  
**Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf**

## **Call for Papers/Topics**

Liebe Leserinnen und Leser,

**CLB**

die **CLB** ist Partnerzeitschrift der InCom 2005. Beiträge des Symposiums können so auch Aufnahme in der CLB finden. Ich würde mich freuen – zusammen mit Prof. Dr. Karl Kleinermanns, Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf – wenn Sie sich mit neueren Ergebnissen aus Ihrem Arbeitsgebiet beteiligen. Bitte senden Sie doch Vorschläge an [InCom@uni-duesseldorf.de](mailto:InCom@uni-duesseldorf.de) oder [redaktion@clb.de](mailto:redaktion@clb.de).

Einsendeschluss für Vorträge ist der **30. Dezember 2004**.

Weitere Informationen finden Sie auf [www.InCom-Symposium.de](http://www.InCom-Symposium.de).

Ihr

*Ralf Verbeuth*