

# CLB

*Chemie in Labor und Biotechnik*

Analytik

Biotechnik

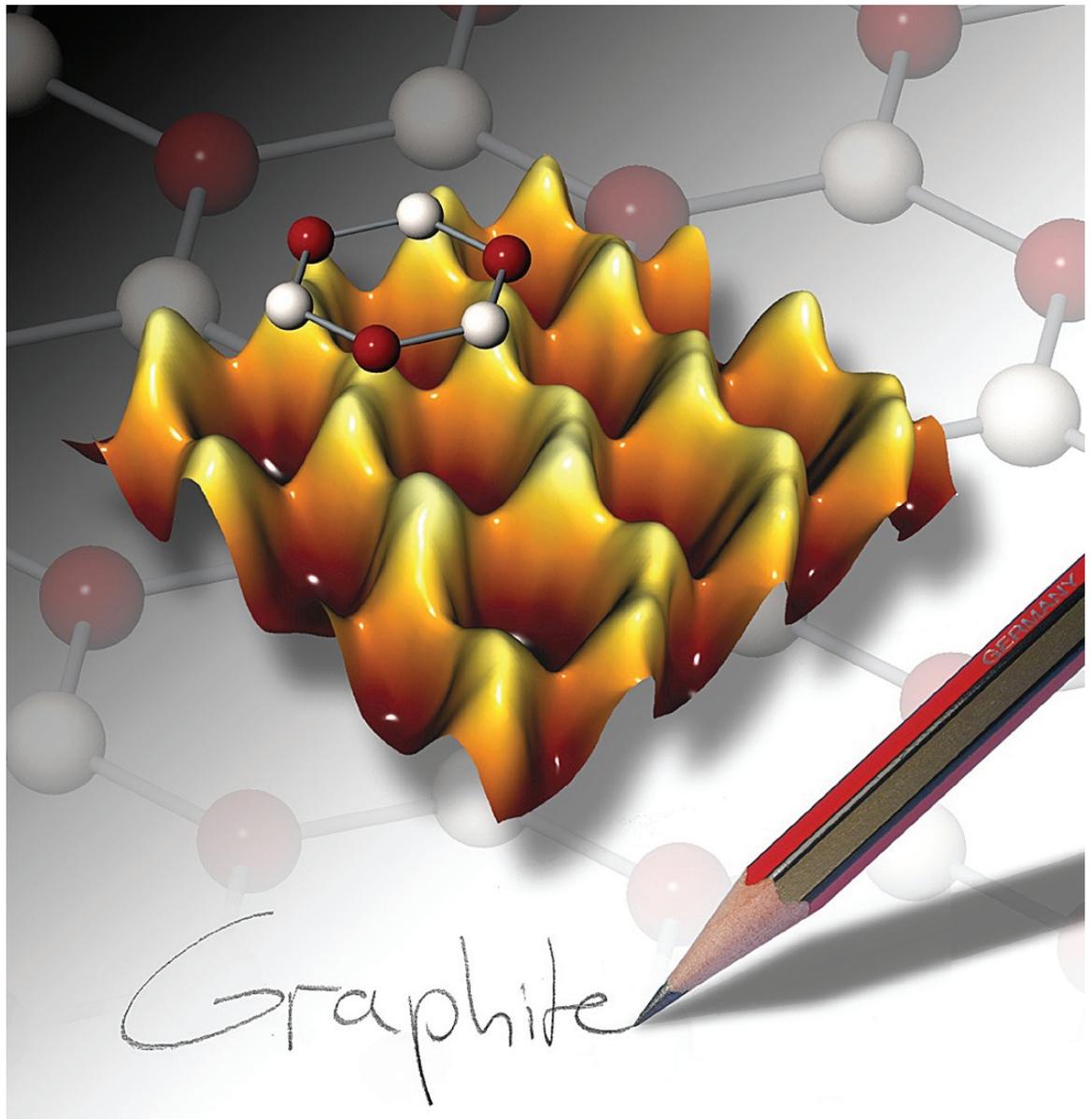
Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung



- Gas-Multisensorsystem
- Genehmigung von Chemieanlagen
- Liebig's Backpulver
- Algorithmen und Biologie

werden können. Ähnliche Schwierigkeiten wird es auf fast allen Gebieten geben: bei Investitionen, Aufbau von Verkaufsorganisationen usw.

Trotzdem ist der Abschluß der I.G.-Entflechtung ein bedeutungsvolles Ereignis für die gesamte Industrie, denn die größten Unternehmen der deutschen Chemie wurden damit endlich aus der alliierten Kontrolle entlassen und erhielten Handlungsfreiheit. E.Z.

## Wilhelm Ostwald

Eine Gedenkfeier aus Anlaß seines 100. Geburtstages

Am 2. September dieses Jahres wäre *Wilhelm Ostwald* hundert Jahre alt geworden. Aus Anlaß dieses Tages veranstaltete die Deutsche Bunsengesellschaft im Rahmen der Hauptversammlung der Gesellschaft deutscher Chemiker in Hamburg eine Gedenkfeier für den großen Chemiker, auf der vier Redner die Bedeutung der Ostwaldschen Arbeiten vor allem auf dem Gebiete der physikalischen Chemie behandelten. „*Wilhelm Ostwalds Wirken in seiner Zeit*“ hieß der Hauptvortrag von Prof. Dr. P. Günther, Karlsruhe, der ein Gesamtbild vom Leben und Schaffen dieses vielseitigen Denkers gab<sup>1)</sup>. In Einzelvorträgen behandelten dann Prof. Dr. G. Kortüm, Tübingen, das „*Ostwaldsche Verdünnungsgesetz*“ und den Begriff der elektrolytischen Dissoziation“, Prof. Dr. G.-M. Schwab, München, „*Die wissenschaftliche und technische Nachwirkung von Ostwalds Katalyse-Arbeiten*“ und Dr. U. F. Franck, Göttingen, „*Wilhelm Ostwalds Anregungen für die physikalische Chemie bioelektrischer Vorgänge*.“

### Der Chemiker

*Wilhelm Ostwald* war zunächst und vor allen Dingen Chemiker. Seine Jugendjahre verbrachte er in Riga und Dorpat, und er hat selbst von sich gesagt, daß er, wäre er in Deutschland aufgewachsen, wohl „Organiker“ geworden wäre. So suchte er sich selbst einen Weg zu den Problemen, die ihm in der Chemie am wichtigsten schienen und wählte mit zielsicherem Blick ein Gebiet, das für die theoretische Durchdringung chemischer Vorgänge von größter Wichtigkeit war und gerade durch ihn eine entscheidende Klärung finden sollte: die chemischen Gleichgewichte. Untersuchungen der Gleichgewichte chemischer Reaktionen, denen diese zustreben und durch die eine solche Reaktion gekennzeichnet ist, bilden

1) Der Vortrag ist abgedruckt im „*Ostwald*“-Heft der Angew. Chemie 65, 497 [1953].

## 150. Geburtstag von Wilhelm Ostwald

Die Universität Leipzig organisierte am 5. September gemeinsam mit der Sächsischen Akademie der Wissenschaften und der Deutschen Bunsen-Gesellschaft für Physikalische Chemie eine Festveranstaltung zum 150. Geburtstag von Wilhelm Ostwald. „Damit ehren wir den großen Gelehrten und Nobelpreisträger Wilhelm Ostwald, durch den Leipzig zum Mekka der Physikalischen Chemie avancierte“, erläutert Prof. Dr. Rüdiger Szargan, Direktor des Wilhelm-Ostwald-Institutes für Physikalische und Theoretische Chemie.

Wilhelm Ostwald wurde als 2. Sohn einer deutschstämmigen Handwerkerfamilie in Riga geboren. Er studierte er an der Physiko-mathematischen Fakultät der Universität Dorpat (heute Tartu) neben Chemie auch Mathematik und Physik. 28jährig war Ostwald im Jahre 1881 bereits als ordentlicher Professor für Chemie von der estnischen Universitätsstadt Dorpat in seine Heimatstadt Riga berufen worden. Ca. 30 experimentelle Untersuchungen veröffentlichte Ostwald in jenen Jahren. Dadurch war Wilhelm Ostwald bereits über die Grenzen von Riga hinaus bekannt geworden. Im Jahre 1887 wird Wilhelm Ostwald als Ordinarius für Physikalische Chemie nach Leipzig berufen. Dieses Jahr gilt heute als Geburtsjahr des damals neuen Grenzgebietes zwischen Physik und Chemie. Beim Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig erschien das erste Heft der Zeitschrift für Physikalische Chemie – von ihm gemeinsam mit Svante August Arrhenius und Jacobus Henricus van't Hoff herausgegeben. Fast 20 Jahre wirkte Ostwald an der Uni Leipzig.

Die CLB würdigte Wilhelm Ostwald bereits zu seinem 100. Geburtstag in Heft 12 - 1953; hier (und U3) die Originalseiten.



Wilhelm Ostwald (Deutsches Museum, München)

seine frühesten Arbeiten. Sehr bald beschäftigte ihn auch die Frage der elektrolytischen Dissoziation, die 1887 durch Svante Arrhenius theoretisch begründet worden war. Ostwald setzt sich sofort für diese Theorie, deren Bedeutung er erkannte, ein und arbeitete an ihrem Ausbau wesentlich mit. Er fragte vor allem, nach welchem Gesetz sich diese elektrolytische Aufspaltung der Moleküle in Lösungen vollzieht — und die Untersuchung dieser Frage führt schon 1888 zum sogenannten Ostwaldschen Verdünnungsgesetz: wie jeder chemische Vorgang wird auch die

elektrolytische Dissoziation letztlich vom „*Massenwirkungsgesetz*“ beherrscht, auch der Dissoziationsvorgang führt zu einem Gleichgewicht und läßt sich nach ihm quantitativ formelmäßig bestimmen. Speziell folgt auch die Änderung der Äquivalent-Leitfähigkeit eines schwachen Elektrolyten beim Verdünnen dem Massenwirkungsgesetz. Dieses Verdünnungsgesetz von *Wilhelm Ostwald* ist später durch genaue Messungen und vervollkommnete Verfahren immer wieder bestätigt worden und konnte in eine allgemeinere Fassung gebracht werden.

Die energetische Untersuchung chemischer Vorgänge, ein zweiter Problemkreis, führte ihn zur Aufstellung der nach ihm benannten „*Stufenregel*“: Wenn ein System von einem energiereichen Zustand I in einen energiearmen Zustand II übergeht, und es existiert für das beobachtete System ein Zustand III, der energetisch zwischen I und II liegt, so geht das System nicht unmittelbar vom Zustand I in den Zustand II über, sondern stufenweise erst in den Zustand III und von dort dann in den Zustand II: I—III—II.

Ganz besonderes Interesse aber wandte *Wilhelm Ostwald* den Fragen der Katalyse zu. Er hat das Wesen der katalytischen Vorgänge sehr klar begriffen und er hat vor allem als erster die quantitative Seite dieser Vorgänge messend erfaßt. Er führte die Reaktionsgeschwindigkeit als ein

quantitatives Maß in die Untersuchungen der Katalyse ein und gelangte auf Grund seiner Untersuchungen zu einer verschärften, damals grundlegenden Definition der Katalyse: Ein Katalysator ist jeder Stoff, der, ohne im Endpunkt einer chemischen Reaktion zu erscheinen, ihre Geschwindigkeit verändert“ (1901). Auch die grundlegende Unterscheidung verschiedener Gruppen von Katalyse-Vorgängen stammt schon von *Ostwald*, er unterschied: 1. Auslösungen in übersättigten Gebilden; 2. Katalysen in homogenen Gemischen; 3. Heterogene Katalysen; 4. Enzymwirkungen.

Für seine wegweisenden Arbeiten auf dem Gebiet der Physikalischen Chemie erhielt *Wilhelm Ostwald* 1909 den Nobelpreis. *Ostwald* selbst hat seine Katalyse-Arbeiten stets als seine „eigenste und selbständigste“ Leistung gewertet.

*Wilhelm Ostwald* war nicht nur ein hervorragender Forscher, ein Chemiker, der in seinen Arbeiten für Jahrzehnte Wege wies und neue Möglichkeiten erschloß, er war auch ein gefeierter Lehrer. Aus seiner Schule gingen *Walther Nernst* und *E. Beckmann* hervor, beide waren in Leipzig seine Assistenten, und *Beckmanns* Entwicklung neuer Methoden der Molekulargewichtsbestimmung fällt in diese Zeit seiner Arbeit bei *Ostwald*. *Ostwalds* Lehrbuch der „*Allgemeinen Chemie*“ hat viele Lernende und Studierende geführt und befruchtet. Überhaupt sah es *Ostwald* als eine wesentliche Aufgabe an, das Wissen, das er besaß, zu verbreiten und sich für neue, noch unkämpfte Lehren, die er für richtig erkannt hatte, mit aller Kraft einzusetzen. *Van't Hoff* hat einmal von ihm gesagt: „*Ostwald* ist nicht befriedigt durch das Erringen einer eigenen Ansicht, vielleicht ist es ihm sogar Hauptbedürfnis, den eigenen Gedanken anderen zu übertragen“.

### Die Farbenlehre

In den späteren Jahren seines Lebens trieb es *Ostwald* über die Grenzen seines Fachgebietes hinaus zu immer neuen, weiteren Fragestellungen und Untersuchungen. Eine Frucht dieser Arbeit ist seine berühmte Farbertheorie oder richtiger gesagt sein Farbensystem. Hinter diesem System stand ein wahrhaft kühner und großartiger Gedanke, der seine Bedeutung bis heute nicht verloren hat, auch wenn das von *Ostwald* ausgeführte System keine allgemeine Anerkennung erringen konnte, der Gedanke nämlich, daß es möglich sein könnte und für eine klare Übersicht und Verwendung der zahllosen Farben nötig wäre, die Farben ähnlich wie die

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

einige Zeit nach dem Entschluss zu einem Bootsausflug auf einen Alpensee, bei dem das Foto gemacht wurde, gab es eine Sturmwarnung. Das Wetter änderte sich schneller als erwartet. Für die Handlungsplanung kann es eben kaum genügend Informationen geben. Das gilt natürlich erst recht für die Beurteilung von Einflüssen technischer Entwicklungen auf Beruf und Alltag. Solche Hinweise will ich in dieser CLB mit dem Beitrag über Algorithmen liefern, die



meist biologischen Vorbildern entlehnt wurden und jetzt Computerprogrammen neue Möglichkeiten eröffnen. Diese betreffen Simulationen für biologische und soziologische Forschung ebenso wie automatisierte Messwert- und Spektrenauswertungen. Einen Überblick über Geschichte und Einsatzmöglichkeiten von Methoden mit so eigenartigen Namen wie „artificial life“ oder „künstliche neuronale Netze“ liefert der Artikel ab Seite 333. Zuvor gibt es mit dem „intelligenten Gas-Multisensorsystem“ ein detailliertes Anwendungsbeispiel von Teilen dieser Methoden der künstlichen Intelligenz (KI), das an der Universität der Bundeswehr in München erarbeitet worden ist.

Die dargestellten Methoden mögen auch einen Eindruck davon vermitteln, wieweit Automatisierung in den verschiedenen Bereichen von Produktion, Service, Büro noch getrieben werden kann. Dabei ist noch zu berücksichtigen, dass ja auch die Computerhardware weiterhin rasante Leistungssteigerungen zeigt. Die Summe all dieser Entwicklungen dürfte ein erstaunliches Rationalisierungspotenzial aufweisen. Hier gebührt einer Feststellung meines Kollegen und Freundes Wolfgang Sieß Beachtung: In dem September-Editorial der von Ihm verantworteten verfahrenstechnischen Zeitschrift CITplus schreibt er: „Angesichts der ständigen Hiobsbotschaften über ‚notwendige‘ Personalentlassungen mag es manche Leserinnen und Leser überraschen, dass z.B. in der chemischen Industrie nicht das Personal den größten Kostenblock darstellt, sondern der Materialverbrauch.“ Automatisierung hat da sicherlich auch ihren Anteil.

Womöglich müssen sich Anlagenbauer demnächst verstärkt mit KI-Methoden auseinandersetzen. Wie der Beitrag von CLB-Autor Wolfgang Hasenpusch ab Seite 340 zeigt, müssen sich sogar Altanlagen ab dem Jahre 2007 nach EU-Vorschriften zur Nutzung „bester verfügbarer Technik“ messen lassen. Eine

herausragende Eigenschaft von genetischen Algorithmen und künstlichen Neuronetzen ist deren Fähigkeit zur Optimierung. Details zu den Vorschriften nach Produktion mit bester verfügbarer Technik verrät der Artikel.

Mit solchen Problemen musste sich Liebig noch nicht herumschlagen, als er 1869 Backpulver herstellte. Allerdings blieb der finanzielle Erfolg dieser Produktion in Deutschland für Liebig aus – im Gegensatz zu einer Produktion des „amerikanischen Schülers“ von Liebig, Norton Horsford. Mit diesem Artikel (ab Seite 344) beendet die CLB die kleine historische Reihe über Liebig, dessen 200ster Geburtstag in diesem Jahr vielfach gefeiert wurde.

Vor knapp zwei Jahren, in Ausgabe 12 / 2001, legte Uta Neubauer Aspekte von „Frauen in der Wissenschaft“ dar. Jetzt befasste sich der Arbeitskreis „Chancengleichheit“ der GDCh mit diesem Thema. Uta Neubauer hat die Veranstaltung besucht und berichtet aktuell und mit Fallbeispielen über die derzeitigen Chancen von Frauen in Wissenschaftsberufen und stellt fest: Deutschland hat Nachholbedarf (Seiten 347 und 348). Vielleicht nicht in den Geisteswissenschaften: Ein Team von 45 Übersetzerinnen und Übersetzern arbeitet nämlich derzeit an einer deutschen Bibel in „gerechter Sprache“, die keine Frauen diskriminierenden Formulierungen mehr enthalten soll...

Manch einer hat es vielleicht schon im Impressum gesehen: Wir haben eine neue Kollegin, Christiane Soiné-Stark. Die mit einer Arbeit über monoklonale Antikörper promovierte Tierärztin mit mehrjähriger Auslandserfahrung in den USA und in Afrika betreut seit diesem Sommer insbesondere die Rubriken und Meldungsspalten wie etwa „Proteine, Gene und Hormone“. Die redaktionelle Arbeit von Dr. Maren Bulmahn konzentriert sich jetzt hauptsächlich auf das CLB Memory. Natalia Khilian hat weiterhin Aufgaben im Bereich Redaktionsassistentz und Leserservice.



Unterhaltsame Bildung mit der CLB wünscht

Ihr

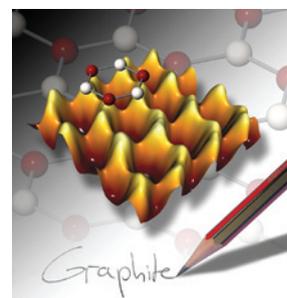
# INHALT

## Aufsätze

Detektion und Überwachung von Gasen Intelligentes Gas-Multisensorsystem .....	328
Künstliche neuronale Netze et al. Algorithmen (auch) nach der Biologie .....	333
Neue Genehmigungshürden für die Industrie Beste verfügbare Technik in der Chemie .....	340
Liebig und das Backpulver Der finanzielle Erfolg blieb aus .....	344

## Rubriken

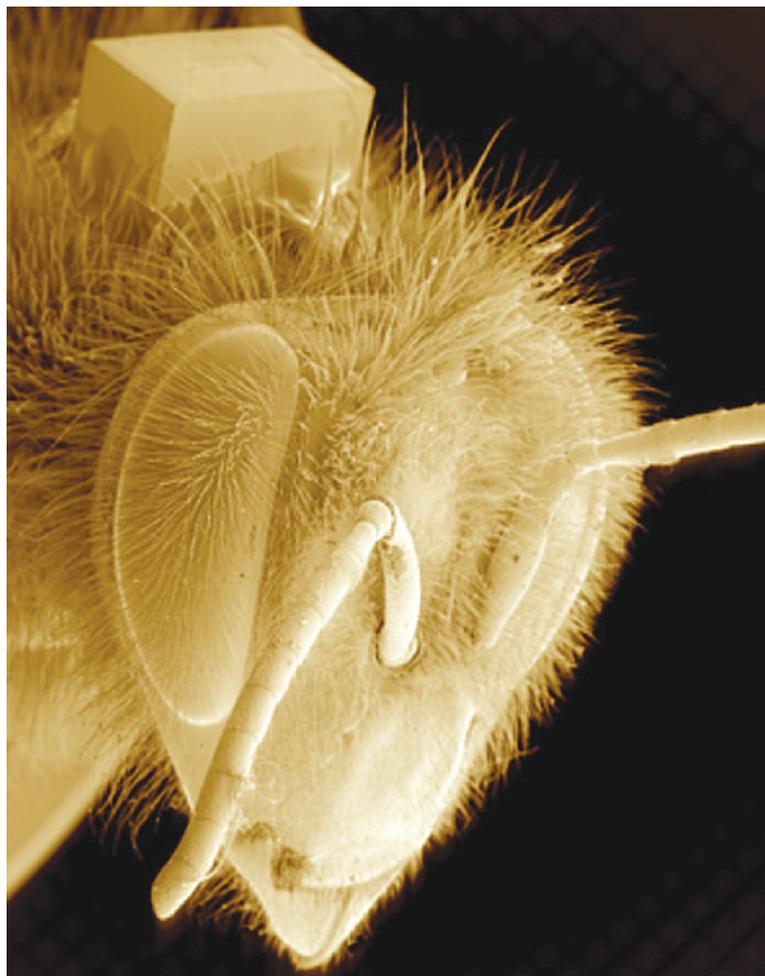
Editorial .....	321
Impressum .....	323
F & E im Bild .....	323
Unternehmen .....	324
Personalien .....	326
Förderungen / Preise .....	327
<b>Messe / Kongress / Ereignisse</b>	
Frauen in der Wissenschaft Allen Widerständen zum Trotz .....	347
<b>Umschau</b>	
Substanzbibliothek für Grundlagenforschung im Aufbau Überzeugungsarbeit bei Unternehmen leisten .....	349
<b>Forschung und Technik</b> .....	351
<b>Wirtschaft</b> .....	352
<b>Service</b> .....	354
<b>Neue Produkte</b> .....	355
<b>Bezugsquellenverzeichnis</b> .....	358



**Zum Titelbild:**  
Im Graphit bilden die Kohlenstoffatome hexagonale Ringe. Das Bild zeigt erstmals die vollständige hexagonale Struktur der Graphitoberfläche (Abbildungen: Uni Augsburg/EKM; siehe S. 351)..

## CLB-Memory

Moderne Ionenanalytik (Teil 7): Maßanalyse Komplexierungs- und Redox titrationen .....	M65
Multimedia- und Internet-Recht für Schüler Internet-Comics bringen den Durchblick .....	M68
Elftklässler an der Uni Bonn Die beste Chemie-Klausur .....	M68
Statistik: Hochschulen in Deutschland Mehr Studierende, weniger Naturwissenschaftler .....	M69
Auf dem „umgekehrten Weg“ Ein Amerikaner in Witten .....	M70
Nachwachsende Rohstoffe Teil 7: Grüne Biomasse Bioraffinerien erzeugen Energie und Ethanol .....	M71
Fragen zu Grundlagen der Chemie .....	M72



## Bienenbewegung mit Chips verfolgen

Auf dieser Honigbiene wurde ein 2,4 Milligramm leichter RFID-Chip (radio frequency identification) montiert, eine leichte Last: sie kann bis zu 70 Milligramm tragen. Die Biene trägt den Chip ihr Leben lang und kann somit jederzeit identifiziert und in ihren Verhaltensweisen automatisch erfasst werden. Am Nestausgang wird sie von einem Scanner abgetastet – ähnlich wie an der Kasse im Supermarkt: Ein Funksignal aktiviert den Chip, der daraufhin ein individuell für die Biene festgelegtes Signal zurücksendet. An der Futterstelle und bei der Rückkehr ins Nest wiederholt sich der Vorgang. So kann nicht nur die Aktivität dieser einen Biene, sondern sehr vieler Einzeltiere gleichzeitig und beliebig lange aufgezeichnet werden. Sebastian Streit, Fiola Bock und Christian Pirk aus der Würzburger Biengruppe um Jürgen Tautz haben dieses System einsatzfähig gemacht. Sie konstruierten hierfür eine Mini-Bienenwelt mit Nest, Flugschneisen und Futterstellen. Die Scanner – speziell für den Einsatz bei Insekten entwickelt – befinden sich am Nesteingang, bei den Futterplätzen und an weiteren wichtigen Orten. Sie bestimmen Identität, Aufenthaltsort und Bewegungsrichtung der Biene. Diese Informationen werden in zentralen Datenbanken gespeichert. Jetzt werden rund 1000 Honigbienen mit Chips bestückt; so eine große Anzahl von staatsbildenden Insekten wurde noch nicht auf einmal in ihrem Verhalten verfolgt. Zum Einsatz kommen die kleinsten RFID-Chips, die es zurzeit gibt: Sie messen einen Quadratmillimeter, kommen ohne Stromversorgung aus und haben eine Funkreichweite von einigen Millimetern. Unterstützt wird das Projekt vom Bayerischen Ministerium für Landwirtschaft und Forsten sowie von der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Sicherlich haben die Ergebnisse der Forschungen nicht nur Bedeutung für die Imkerei, sondern auch für Forscher auf dem Gebiet des „artificial life“ (siehe dazu S. 333 – 339; Abb.: Beegroup Würzburg, Fiola Bock).

## 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

**Herausgeber:**  
Dr. Dr. U. Fitzner, Düsseldorf · Prof. Dr.  
W. Fresenius, Taunusstein · Prof. Dr.  
K.-H. Koch, Dortmund · Priv. Doz. Dr.  
H.-M. Kuß, Duisburg · Prof. Dr. Georg  
Schwedt, Clausthal-Zellerfeld · Prof. Dr.  
G. Weichbrodt, Aalen · Prof. Dr. G. Wer-  
ner, Leipzig.

**Redaktion:**  
Rolf Kickuth (RK, verantwortlich);  
e-Mail: kickuth@clb.de),  
Dr. Maren Bulmahn (MB,  
e-Mail: bulmahn@clb.de),  
Dr. Christiane Soine-Stark (CS,  
e-Mail: stark@clb.de).

**Ständige Mitarbeiter:**  
Dr. Mechthild Kässer, Diekholzen; Hans  
Dietrich Martin, Köln; Dr. Uta Neubauer,  
Bad Soden; Dr. Ognian Serafimov,  
Konstanz; Jürgen Wagner, Weinheim;  
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

**Anzeigenberatung:**  
Krampitz Verlagsvertretung  
PF 350 262, 47032 Duisburg  
Telefon (0203) 4568 266 / 267  
Fax (0203) 4568 538  
e-Mail: anzeigen@clb.de  
oder info@krampitzzv.com

**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, Studenten  
und Auszubildende (nur gegen Vorlage  
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 CLB  
zu Sonderkonditionen.

**Anzeigenpreisliste:**  
Nr. 42 vom 1.1.2002. Bei Nichterscheinen  
durch Streiks o. Störung durch höhere Ge-  
walt 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 Grenzen  
des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustim-  
mung des Verlags unzulässig und strafbar.  
Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen,  
Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die  
Einspeicherung und Verarbeitung in elektro-  
nischen Systemen.  
Für die Rückgabe unverlangt eingesand-  
ter Buchbesprechungs-exemplare kann  
keinerlei Gewähr übernommen werden.

ISSN 0943-6677

vbta

## NACHRICHTEN &amp; NOTIZEN

Das Berliner Technologieunternehmen **Capsulation NanoScience AG** beabsichtigt, sein Geschäftsfeld auf die Entwicklung maßgeschneiderter diagnostischer Nano- und Mikrokapseln auszuweiten. Mit Hilfe der LBL (layer by layer)-Technologie sollen diagnostische Prozesse in der Medizin um ein Vielfaches erleichtert und beschleunigt werden. Diese High-Tech-Kapseln lassen sich direkt am Menschen anwenden, was zeitaufwendige und kostenintensive Laboranalysen ersparen soll.

**Die MWG Biotech AG in Ebersberg meldet die Markteinführung der ersten automatisierten DNA-Microarray-Probenvorbereitung** für Affymetrix GeneChips auf Theonyx, MWG Biotechs führender Laborautomationsplattform. Alle Schritte des Prozesses von der RNA-Isolierung über die cRNA-Synthese bis hin zur Aufreinigung werden damit automatisiert. Für die Applikation wurde ein Patentantrag gestellt.

**In Kooperation mit der Firma RETSCH hat das Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT** einen 7,5 t-Lkw als mobiles Labor ausgestattet. Das mobile Labor des in Oberhausen ansässigen Fraunhofer Instituts ermöglicht nicht nur die Probenauf- und -vorbereitung vor Ort, sondern auch die schüttgutmechanische Charakterisierung und Analytik von Feststoffen aller Art.

**Saar-Biotechnologen vereinbaren Kooperation mit amerikanischen High-Tech-Experten** auf den Gebieten der Nano- und Biotechnologie. Zukünftig werden der Forschungsverbund „NanoBioNet e.V.“ mit Sitz in Saarbrücken und das „Nanotechnology Institute“ (NTI) in Philadelphia zusammenarbeiten. Die Vereinbarung geht unter anderem auf eine Initiative der Saarbrücker Biotechnologie-Firma Symbol-Tec zurück. Krebsmedikamente könnten ein erstes gemeinsames Projekt werden.

**Für die von SIG Corpoplast, Hamburg, unter dem Namen Plasmax vorgestellte Technik** zur Barrierebeschichtung von PET-Flaschen eröffnen sich nun auch in den USA und Asien hervorragende Marktchancen. Die amerikanische Gesundheitsbehörde FDA (Food and Drug Administration) hat die eingesetzte PICVD (Plasma Impulse Chemical Vapour Deposition)-Beschichtungstechnik von SCHOTT HiCotec, Mainz, jetzt auch für Barrierebeschichtungen von Lebensmittel- und Getränkeverpackungen aus PET zugelassen.

**Der Internationale Rat der Chemiehandelsverbände (ICCTA) hat erstmals eine eigene Homepage: [www.iccta.org](http://www.iccta.org).** ICCTA wurde 1991 von den Chemiehandelsverbänden aus Kanada, den USA und den dem europäischen Chemiehandelsverband FECC zusammengeschlossenen Verbänden als Forum geschaffen, auf dem den Chemiehandel weltweit betreffende Fragen beraten und gemeinsame Positionen erarbeitet werden können.

## Degussa startet neues Projekthaus Funktionale Polymere

**Ein Projekthaus ist bei Degussa eine Kooperation zwischen Experten des Unternehmens und wissenschaftlichen Einrichtungen zur Entwicklung neuer Verfahren und Einrichtungen. Funktionale Polymere sind Kunststoffe, die aufgrund spezieller Eigenschaften wie beispielsweise Leitfähigkeit, Kratzfestigkeit oder Witterungsbeständigkeit zusätzlich zu statischen Konstruktionsaufgaben noch andere Funktionen übernehmen.**

Derartige Polymere gewinnen immer größere Bedeutung unter anderem in der Medizintechnik, der Elektro- und Energietechnik, der Kommunikations- sowie Informationstechnik. Das neue Projekthaus von Degussa bündelt Wissen aus den Arbeitsgebieten Spezialpolymere, Nanomaterialien sowie Oberflächen- und Grenzflächenmodifizierung. Experten unterschiedlicher Geschäfts- und Servicebereiche der Degussa sollen hier gemeinsam mit Partnern aus Hochschule und Industrie neue Kunststoffe mit bestimmten Eigenschaften sowie entsprechende Herstellverfahren entwickeln. Im Visier hat das Projekthaus-Team neben Kratzfestigkeit vor allem

Funktionen wie Barrierewirkung gegen Chemikalien oder Gase und Feuchtigkeit, Leitfähigkeit und UV-Beständigkeit auf Basis anorganischer Nanopartikel. Letztere haben als Füllstoffe gegenüber organischen UV-Stabilisatoren den Vorteil, dass sie nicht „ausblühen“ oder bei der Verarbeitung die Umwelt belasten. Die nächste Herausforderung wird darin bestehen, Kombinationen dieser Eigenschaften in hauchdünnen Kunststofffolien zu verwirklichen, Voraussetzung beispielsweise für den Einsatz als Dekorfolien, die als Oberflächenveredelung die Gebrauchseigenschaften etwa von Skiern maßgeblich beeinflussen.

Denkbare Einsatzgebiete sind auch Leuchtdioden für Beleuchtungsanwendungen oder die Photovoltaik. Es forschen derzeit drei Degussa-Projekthäuser auf den Gebieten Biotechnologie, Katalyse und Funktionale Polymere. Das Projekthaus „Nanomaterialien“ war zum Jahreswechsel 2002/2003 erfolgreich abgeschlossen und in das interne Start-up Degussa Advanced Nanomaterials überführt worden. In einem Dreijahresrhythmus legt der Konzern mit der Beendigung eines Projekthauses gleichzeitig ein neues Projekthaus auf.

### 125 Jahre SGS

## Neues Labor in Hamburg

**Am 3. September 2003 gab es für die SGS Gruppe Deutschland gleich zwei Anlässe zum Feiern: den 125. Geburtstag und die Eröffnung des neuen Laborgebäudes in Hamburg-Bergedorf.**

Bernhard Paul, Chief Operating Officer Central Europe: „Aus dem 1978 ursprünglich für die Kontrolle

von internationalen Getreidetransporten gegründeten traditionellen Dienstleistungsunternehmen des Handels hat sich die SGS heute zu einem fortschrittlichen Dienstleister entwickelt, der Kunden aller Branchen unterstützt. Wir freuen uns darauf, unseren Kunden auch weiterhin innovative Lösungen zur Risikominimierung zu bieten und

Ihnen mit Hilfe unserer Dienstleistungen einen Mehrwert zu verschaffen.“ Ende Juni 2002 wurde der Grundstein für den Neubau mit einer Nutzfläche von rund 4000 Quadratmetern gelegt, im November 2002 das Richtfest gefeiert. Das moderne Gebäude wird der neue Arbeitsplatz für insgesamt 90 Mitarbeiter sein. Auf drei Etagen werden mikrobiologische und chemische Untersuchungen für die Lebensmittel- und Pharmaindustrie, aber auch petrochemische Untersuchungen, wie

beispielsweise Rohölanalysen, durchgeführt. Die SGS Société Générale de Surveillance S.A. (Genf) ist das nach eigenen Angaben führende Unternehmen auf dem Gebiet der Warenkontrolle, Prüfung, Laboranalytik und Zertifizierung. Mit einem globalen Netzwerk bestehend aus mehr als 850 Niederlassungen und über 30 000 Mitarbeitern ist die SGS in mehr als 140 Ländern tätig. In Deutschland ist das Unternehmen mit fast 1000 Mitarbeitern an 15 Standorten präsent.

## Bayer CropScience Erfolgreicher Start

**Der Kauf von Aventis Crop Science Anfang Juni 2002 war die größte Akquisition des Bayer-Konzerns in seiner 140-jährigen Geschichte. Mit rund 20 000 Mitarbeitern weltweit sowie Produkten und Dienstleistungen in über 120 Ländern gehört Bayer CropScience zur Spitzengruppe der Branche.**

In der Zeitspanne von 2001 bis 2005 plant das Unternehmen die Markteinführung von 14 neuen Wirkstoffen. Der zusätzliche Umsatz durch neue Produkte soll bis zum Jahr 2006 mehr als 800 Millionen Euro betragen. Bei einem angenommenen langfristigen Wachstum des Weltmarktes für Pflanzenschutzprodukte von etwa zwei Prozent pro Jahr plant das Unternehmen eine Umsatzsteigerung um vier Prozent. Dr. Jochen Wulff, Vorstandsvorsitzender der Bayer CropScience AG, bemerkte jetzt in Monheim, dass das Unternehmen schon heute Marktführer in den Bereichen Pflanzenschutz und Environmental Science sei.

Zum Bereich Environmental Science gehören Problemlösungen zur Schädlingsbekämpfung und Pflanzenschutzprodukte im nicht-landwirtschaftlichen Bereich wie Hygiene und Garten. Mit einem

Budget von über 700 Millionen Euro pro Jahr für Forschung und Entwicklung investiert Bayer CropScience in innovative Lösungen für die Landwirtschaft. Wulff erwartet von der Agrarreform der Europäischen Union langfristig eine Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Landwirtschaft. Durch die EU-Osterweiterung sieht er für das Pflanzenschutzgeschäft in Osteuropa mittelfristig einen Wachstumsmarkt aufgrund steigender landwirtschaftlicher Produktivität. Kritisch beurteilte der Vorstandsvorsitzende die immer komplexer werdende Produktzulassung.

Die größten Wachstumschancen sieht Bayer CropScience in der Pflanzenbiotechnologie. Der Geschäftsbereich BioScience werde durch neue Methoden in der Landwirtschaft und den neuen Verfahren auf dem Gebiet der Pflanzenbiotechnologie mittelfristig profitieren. Das Unternehmen wird langfristig etwa 650 Millionen Euro jährlich in Forschung und Entwicklung investieren, ein F&E-Budget, das zu den höchsten der Branche zählt. Für das Jahr 2004 sind Investitionen in Höhe von über 200 Millionen Euro für Modernisierung und Neubauten geplant.

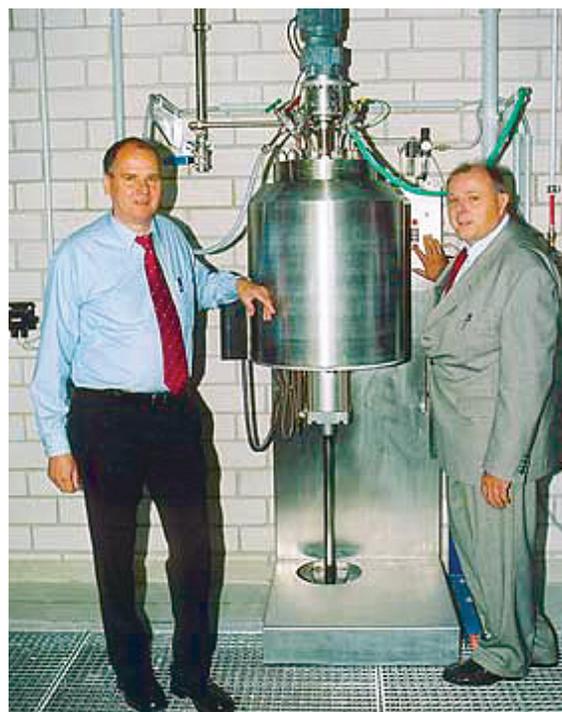
## Technik in Halberstadt Filter aus Nanokeramik

**Rund 6,5 Millionen Euro investiert die ItN Nanovation GmbH in einen neuen Produktionsstandort in Halberstadt.**

Das Land Sachsen-Anhalt, der Bund und die Europäische Union fördern das Projekt zu 50 Prozent. Das Unternehmen aus Saarbrücken produziert im Kerngeschäft Nano-Teilchen, mit denen unter anderem keramische Filter beschichtet werden, die bei der Aufbereitung von Trinkwasser und Abwässern einsetzbar sind. In der 1750 Quadratmeter großen Produktionshalle und im 200 Quadratmeter großen Bürotrakt werden 25 vorwiegend technisch ausgebildete Mitarbeiter, darunter drei Auszubildende, arbeiten. Die Jahresproduktion wird bei etwa 20 Tonnen liegen.

Darüber hinaus werden die winzigen Partikel auch zur Veredelung von Oberflächen eingesetzt, beispielsweise in Backöfen und bei der Brandschutzbeschichtung.

Romeo Volz (rechts), Geschäftsführer in den Bereichen Personal, Organisation und Produktion, zeigt zusammen mit Werksleiter Harald Rohde (links) das Herz der Produktionsanlage: Der so genannte Autoklav, ein Reaktor, in dem die Nano-Teilchen produziert werden (Foto: Levermann).



**DIE BASF AG** bestellte mit Wirkung zum 7. August 2003 **Ralf Sikorski** zum neuen Mitglied des Aufsichtsrats. Er tritt an die Stelle von Gerhard Zibell, der zum 31. Juli 2003 aus dem Aufsichtsrat ausgeschieden ist. Ralf Sikorski wurde 1961 in Kelkheim bei Frankfurt geboren. Nach seiner Ausbildung zum Elektroanlagen-Installateur und Energieanlagen-Elektroniker trat er 1981 in das Bergwerk Osterfeld ein. Seit 1988 hat er verschiedene Funktionen innerhalb der Industriegewerkschaften Bergbau, Energie (IG BE) und Bergbau, Chemie, Energie (IG BCE) inne und ist seit 1997 stellvertretender Landesbezirksleiter der IG BCE Hessen/Thüringen. Am 1. September 2003 übernimmt er die Leitung der IG BCE-Verwaltungsstelle Ludwigshafen.

### HELLMA GMBH & Co. KG

Am 1. April 2003 hat **Dipl.-Ing. (FH) Lutz Mayer** die Technische Leitung in Müllheim übernommen. Nach seinem Studium der Physikalischen Technik an der FH Lübeck hat Lutz Mayer einige Jahre Erfahrungen bei verschiedenen Photometer- und Glasherstellern sammeln können. Mit seinem Eintritt 1999 in den Familienbetrieb Hellma wurde die Weiterführung des Unternehmens in der dritten Generation eingeleitet. Außerdem wird **Dipl.-Ing. Holm Kändler** am 1. September 2003 den Bereich Entwicklung bei Hellma GmbH & Co. KG übernehmen. Er tritt damit an die Stelle von Dr. Eckart Delingat, der am 30. November 2003 in den Ruhestand gehen wird. Holm Kändler ist seit Januar 2001 bei Hellma und betreut als Leiter R&D den Bereich faseroptische Systeme. Zukünftig wird sich sein Verantwortungsbereich auf die gesamte Produkt-Palette erstrecken, die Küvetten und faseroptische Systeme für jede Anwendung und für alle auf dem Markt befindlichen Mess- und Analysengeräte umfasst.



Holm Kändler und dessen Vorgänger Dr. Eckart Delingat sowie der neue technische Leiter Lutz Mayer (v.l.n.r)

## EHRUNGEN

*Die GDCh vergibt auf ihrer diesjährigen Jahrestagung vom 6. – 11. Oktober in München verschiedene Preise.*

**Professor Dr. Tobin J. Marks** von der Northwestern University of Evanston, Illinois, USA, erhält ebenfalls in München eine mit 50 000 Euro am höchsten dotierte deutsche Auszeichnung im Bereich der Chemie, den **Karl-Ziegler-Preis der GDCh**. Ausgezeichnet werden seine präparativen Arbeiten und mechanistischen Studien zu neuen Katalysatorsystemen der d- und f-Elemente sowie seine Arbeiten über neue Cokatalysatoren.

Für seine überaus erfolgreichen Untersuchungen über den Ablauf chemischer Vorgänge auf molekularer Ebene und die kontinuierliche Fortentwicklung der Massenspektrometrie erhält **Professor Dr. Drs. h.c. mult. Helmut Schwarz**, Institut für Chemie der Technischen Universität Berlin, den mit 25 000 Euro und einer Goldmedaille dotierten **Otto-Hahn-Preis für Chemie und Physik**.

Die Professoren **Michael Karas** (Frankfurt) und **Franz Hillenkamp** (Münster) lieferten entscheidende Beiträge zur Entwicklung der massenspektrometrischen Analyse für biologische Makromoleküle. Die GDCh würdigt nun ihre Leistung durch die Vergabe des **Fresenius-Preises**. Die von Hillenkamp und Karas entwickelte „Matrix-assistierte Laser-Desorptions-Ionisations-Massenspektrometrie“ (MALDI-MS) ist heute weltweit ein Standardverfahren der Bioanalytik.

Zum dritten Mal vergibt die GDCh auf ihrer Haupttagung jetzt den **Arfvedson-Schlenk-Preis**, der von der Chemetall GmbH gestiftet wird, und zwar an den in Kanada arbeitenden **Professor Dr. Victor Snieckus**. Snieckus ist ein präparativer Chemiker, der durch seine fundamentalen Beiträge zur Synthese lithiumorganischer Verbindungen beeindruckte. Sein Hauptinteresse gilt der ortho-Metallierung von Aromaten und Heterocyclen.

Der diesjährige **Georg-Manecke-Preis** der gleichnamigen, bei der GDCh eingerichteten Stiftung geht an **Dr. Jörg Christian Tiller**, derzeit tätig am Freiburger Materialforschungszentrum. Er arbeitet an Aufbau und Struktur bioaktiver Polymere mit dem Ziel, antimikrobielle Oberflächen herzustellen.

Zwei Chemiker mit besonders herausragenden wissenschaftlichen Leistungen erhalten in diesem Jahr die mit je 6000 Euro dotierten **Stipendien der GDCh**, **PD Dr. Stefan Mecking** (36), Freiburg, und **Dr. Ingo Schnell** (31), Mainz. Mecking zeigte, dass mit neuartigen Katalysatorsystemen auf Basis von Übergangsmetallen die Umsetzung einfacher olefinischer Monomere in Wasser möglich ist. Schnell hat einen grossen Anteil an der Entwicklung neuer hochauflösender NMR (NuclearMagneticResonance)-Verfahren und ihrer Anwendung zur Untersuchung komplexer supramolekularer Systeme.

Die Logik speziell der menschlichen Lungenzellen zu entschlüsseln und damit die Entwicklung wirksamer Arzneimittel zur inhalativen Anwendung zu unterstützen, das ist das Ziel von **Dr. Carsten Ehrhardt**, Pharmazeut an der Saar- Uni. Für seinen Beitrag zum „Experimental Biology 2003“ Meeting in San Diego, USA, wurde Ehrhardt von der American Physiological Society mit dem „**Recognition Award for Meritorious Research by a Young Investigator**“ ausgezeichnet.

Der **Communicator-Preis** geht in diesem Jahr an **Professor Wolf Singer**. Der Direktor des Frankfurter Max-Planck-Instituts für Hirnforschung wird mit 50 000 Euro für herausragende Leistungen in der Vermittlung seiner wissenschaftlichen Arbeit in die Öffentlichkeit ausgezeichnet. Der Preis wird gemeinsam vom Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft und der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) am 16. September im Rahmen der Auftaktveranstaltung

zum diesjährigen Wissenschaftssommer in Mainz verliehen. Der Neurophysiologe und Träger zahlreicher Auszeichnungen und Preise beschäftigt sich mit den Grundlagen der Hirnentwicklung, insbesondere mit der Entwicklung, Struktur und funktionellen Organisation der Grosshirnrinde sowie den neuronalen Grundlagen der Wahrnehmung. Neben der Vermittlung von Forschungsergebnissen setzt sich Wolf Singer auch für die verbesserte Kommunikation zwischen Wissenschaft und Schule ein.

Für seine herausragenden Leistungen und die Erforschung thermophysikalischer Eigenschaften fluider Stoffe erhielt **Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wagner** (Fakultät für Maschinenbau der RUB) während des „15th Symposium on Thermophysical Properties“ im Juni in den USA den **Touloukian Award 2003** der American Society of Mechanical Engineers (ASME), eine besondere Auszeichnung, die nur alle drei Jahre verliehen wird. Wagner ist der erste deutsche Thermodynamiker, der diesen Preis erhalten hat. An seinem Lehrstuhl wurden neue experimentelle Methoden entwickelt, Apparaturen zur Messung aufgebaut und umfassende Messungen durchgeführt, um sehr genaue Zustandsgleichungen von Stoffen berechnen zu können.



**Prof. Dr. Klaus H. Ploog**, Direktor des Paul-Drude-Instituts für Festkörperelektronik, hat den diesjährigen **Welker-Preis** erhalten.

Ploog bekam die Auszeichnung während der Eröffnungssitzung des 30. Internationalen Symposiums über Verbindungshalbleiter (ISCS 2003, San Diego). Das internationale Preiskomitee würdigte in seiner Laudatio die herausragenden Leistungen von K. H. Ploog auf dem Gebiet der III-V-Halbleiter.

## Jugend für Informatik Bildungssoftware

Zum 22. Mal können Jugendliche ihre Fähigkeiten beim Bundeswettbewerb Informatik unter Beweis stellen. Alle nötigen Informationen zur Teilnahme gibt es an Schulen, im Web oder auf Mail-Anfrage [bwinf@bwinf.de](mailto:bwinf@bwinf.de). Einsendeschluss ist der **17. November 2003**. In etwa einem Jahr wird feststehen, wer als Bundessieger zu den besten Junginformatikern Deutschlands gehört und damit eine Förderung durch die Studienstiftung erhält. Die jüngeren Teilnehmer erhalten zudem die Chance, sich für das Team zu qualifizieren, das Deutschland bei der Informatikolympiade 2005 in Polen vertreten wird. Den Bundeswettbewerb Informatik hat 1980 die Gesellschaft für Informatik ins Leben gerufen. Ziel ist es, Interesse an der Informatik zu wecken und zu intensiver Beschäftigung mit ihren Inhalten und Methoden sowie den Perspektiven ihrer Anwendung anzuregen.

Das Institut für Bildung in der Informationsgesellschaft (IBI), die Stiftung Lesen und die Zeitschrift Bild der Wissenschaft haben den Deutschen Bildungssoftware-Preis „digita 2004“ neu ausgeschrieben. Bis zum **9. Oktober 2003** können sich interessierte Anbieter von Lernprogrammen für Vorschulkinder bis hin zu Erwachsenen bewerben. Die Veranstalter des Preises wollen die inhaltlich und formal wertvollste Bildungssoftware im deutschsprachigen Raum auszeichnen. Ausschlaggebend sind inhaltliche Aspekte. Wie bei vielen Wettbewerben üblich, müssen Bewerber ein „Startgeld“ entrichten, hier Bearbeitungsgebühr genannt: 130 Euro. Unter den verschiedenen Wettbewerbskategorien wie Berufliche Bildung, privates Lernen, oder Nachschlagewerke gibt es auch den Förderpreis, der privaten, nicht-kommerziellen Bewerbern vorbehalten ist; dafür ist eine Gebühr von 60 Euro fällig.

## Länger frisch preiswürdig Experiment gegen Krebs

Der mit 10000 Euro dotierte Innovationspreis 2003 des Cofresco Institutes wurde der Arbeit von Dr. Sebti Issam (Herstellung effizienter antimikrobieller Folien mit Chitosan- und/oder Nisin-Beschichtung bei Kunststoffbeuteln und Cellophanfolien) zuerkannt. Jetzt ruft das Cofresco Institut zum Wettbewerb um die Innovationspreise 2004 auf. Das Forschungsthema lautet: „Neue Ideen oder Lösungen, die dem Verbraucher dabei helfen, Nahrungsmittel zu Hause länger frisch zu halten“. Alle eingereichten Konzepte müssen das europäische Lebensmittelgesetz erfüllen. Die Bewerbungsunterlagen müssen bis zum **31. März 2004** an die folgende Adresse geschickt werden: Cofresco Institute, Innovationspreise 2004, Melittastr.17, D-32427 Minden (siehe auch [www.cofrescoinstitute.com](http://www.cofrescoinstitute.com)).

Der Stiftungsvorstand des Deutschen Krebsforschungszentrums schreibt in diesem Jahr wieder bundesweit den mit 10000 Euro dotierten Förderpreis der Walther und Christine Richtzenhain-Stiftung aus. Der Preis wird für eine wegweisende Arbeit auf dem Gebiet der experimentellen Krebsforschung vergeben. Im Auswahlverfahren werden wissenschaftliche Arbeiten berücksichtigt, die in den Jahren 2002 und 2003 veröffentlicht oder zur Veröffentlichung angenommen wurden. Das Alter der Bewerber sollte 40 Jahre nicht überschreiten. Bewerbungen bitte bis zum **31. Dezember 2003** an folgende Adresse: An den Vorsitzenden des Stiftungsvorstandes des Deutschen Krebsforschungszentrums, Postfach 10 19 49, 69009 Heidelberg (siehe auch [www.dkfz.de/presse/pminhalt.htm](http://www.dkfz.de/presse/pminhalt.htm)).

# Intelligentes Gas-Multisensorsystem

Faouzi Derbel, Theodor Doll, Ignaz Eisele, Andreas Köster, Axel Lehmann, Hans-Rolf Tränkler

Für die Sicherheitsüberwachung von Arbeitsumgebungen wie auch die Qualitätskontrolle von Produkten wünscht man sich zuverlässige und dennoch alltagstaugliche und kostengünstige Geräte. Gassensoren (Übersicht in CLB 1/2002) stellen eine Lösungsmöglichkeit dar, insbesondere, wenn verschiedene von ihnen in Arrays zusammengefasst werden und die unscharfen Messwerte der einzelnen Sensoren beispielsweise mit Fuzzy Logic-Algorithmen oder künstlichen neuronalen Netzen ausgewertet und somit in ihrer Aussagekraft optimiert werden. Es besteht allerdings teilweise noch Entwicklungsbedarf (siehe CLB 4/2002: Flüchtige Substanzen aus Leder). In dem Forschungsprojekt „Intelligentes Gas-Multisensorsystem“ (IGM) des „Instituts für Technik intelligenter Systeme e.V.“ (ITIS) an der Universität der Bundeswehr München wurde ein Multisensormodul zur Messung verschiedener Gaskonzentrationen auf der Basis nichtselektiver Chemosensoren entwickelt. Im Vordergrund stand sowohl die physikalisch-chemische Modellierung der Sensoren als auch eine auf Gassensoren angepasste Signalverarbeitung, welche als Grundlage für eine intelligente Auswertungssoftware dienen. Diese unterstützt eine Vielzahl von Sensor-Modellen (beispielsweise Kennlinienfunktionen, „look-up-table“, neuronale Netze) und berücksichtigt Querempfindlichkeiten sowie redundante Sensordaten, um im Hinblick auf ein gegebenes Anwendungsszenario die Sensordaten auszuwerten. Im Folgenden werden Aspekte dieses Projektes skizziert [1].



Derbel



Doll



Eisele



Köster



Lehmann



Tränkler

## Die Autoren

**Dr.-Ing. Faouzi Derbel** hat an der TU-München Elektrotechnik studiert und auf dem Gebiet der Brandfrüherkennung an der Universität der Bundeswehr München promoviert. Er ist seit 2000 bei Siemens Building Technologies als Produktmanager und Systems Engineer für Wireless Kommunikation in Gefahrenmeldeanlagen tätig. **Prof. Dr. Theodor Doll** leitet an der TU Ilmenau an der Fakultät für Elektrotechnik das Fachgebiet Festkörperelektronik. **Prof. Dr. Ignaz Eisele** repräsentiert den Lehrstuhl für Mikrosystemtechnik der Fakultät für Elektrotechnik an der Universität der Bundeswehr München. Er ist zudem Senator dieser Universität. **Dipl.-Inf. Andreas Köster** ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Assistent der Geschäftsleitung des Instituts für Technik Intelligenter Systeme (ITIS) e.V. an der Universität der Bundeswehr München. Sein Forschungsschwerpunkt liegt in der Repräsentation und Verarbeitung unsicherer und unscharfer Information. Der Informatiker **Prof. Dr. Axel Lehmann** ist seit 1987 als Universitätsprofessor an der Fakultät für Informatik der Universität der Bundeswehr München auf dem Gebiet der Modellierung und Simulation innovativer Rechnerstrukturen tätig und 2.Vorsitzender des An-Instituts für Intelligente Systeme (ITIS e.V.). **Prof. Dr.-Ing. Hans-Rolf Tränkler** ist seit 1980 Leiter des Instituts für Mess- und Automatisierungstechnik an der Universität der Bundeswehr München. Seine Arbeitsschwerpunkte liegen auf den Gebieten Sensorik, Sensorsignalverarbeitung und Heimautomatisierung.

## Gassensoren und deren Modellierung

Typisch für viele Sensoren und insbesondere auch Gassensoren sind Nichtlinearitäten, Abhängigkeiten von Einflussgrößen wie der Temperatur, dem Luftdruck u.a. und Abhängigkeiten von zusätzlich zur eigentlich zu messenden Größe auf den Sensor einwirkenden Messgrößen, die Querempfindlichkeiten (Abbildung 1).

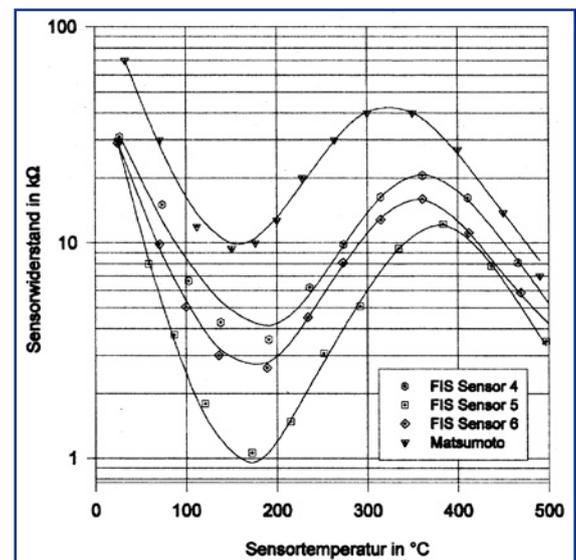
Zur Korrektur der dadurch verursachten, meist erheblichen Messfehler müssen formal-mathematische oder physikalisch-chemische Modelle herangezogen werden, die die genannten Abweichungen vom idealen Verhalten hinreichend genau beschreiben.

Die Parameter dieser Modelle müssen mit oft großem Aufwand durch Kalibrierung und Anpassung der Modelle an die Kalibrierdaten bestimmt werden. Für die Bestimmung jedes Parameterwertes muss mindestens ein Messwert unter genau definierten Bedingungen erfasst werden; bei Querempfindlichkeiten steigt der Aufwand damit annähernd nach einem Potenzgesetz.

Günstig bei formal-mathematischen Modellen ist, dass sie ohne größere Vorkenntnisse über die Funktionsprinzipien der Sensoren gebildet werden können.

Physikalisch-chemische Modelle von Sensoren haben demgegenüber meist den Vorteil, dass die

Abbildung 1: Temperaturabhängigkeiten des Widerstandes von HL-Gassensoren in feuchter Umgebungsluft.



Zahl der zu bestimmenden Parameter und damit der Kalibrierungsaufwand wesentlich geringer ist.

Die Bedeutung der Parameter physikalisch-chemischer Modelle ist meist interpretierbar, so dass in der Regel begründete Vorhersagen über deren Abhängigkeit von der Technologie der Sensorherstellung und ihre zeitliche Stabilität getroffen werden können.

Bei der zur Korrektur von Messfehlern notwendigen Modellierung des Sensorverhaltens ist von Fall zu Fall zu entscheiden, welche Art von Modell entwickelt werden soll. In der Regel wird bei Neuentwicklungen mit formal-mathematischen Modellen begonnen, deren einfachste Formen die Interpolation in einer „look-up-table“ oder künstliche neuronale Netze (ANN für „artificial neural net“) sind. Mit zunehmender Kenntnis des Sensorverhaltens können die Modelle dann in Richtung auf die physikalisch-chemische Beschreibung der beobachteten Zusammenhänge weiterentwickelt werden.

### HSGSFET Ozonsensor

Ozon ist wegen seiner physiologischen Relevanz eine wichtige zu messende Komponente. Da der MAK-Wert in diesem Fall sehr niedrig ist ( $240 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 100 \text{ppb}$ ) benötigen die entsprechenden Gassensoren neben einer hohen Sensitivität auch eine gute Selektivität um Störreaktionen anderer oxidierender Gase zu vermeiden. Im Gegensatz zu  $\text{In}_2\text{O}_3$  basierten Leitfähigkeitssensoren, die eine hohe Arbeitstemperatur benötigen [2], haben die auf der Messung von Austrittsarbeit basierenden Feldeffekttransistoren den Vorteil, dass sie bei Raumtemperatur funktionieren.

Eine mit einer Kelvinsonde durchgeführte Austrittsarbeitsmessung konnte zeigen, dass Kaliumjodid eine passende sensitive Schicht für die Ozonmessung im ppb-Bereich bei Raumtemperatur ist [3]. Die Verwendung solcher Schichten in einem designoptimierten FET führt zu einem Low-Power-Ozonsensor im ppb-Bereich [4].

Abbildung 2 zeigt einen Querschnitt des Hybriden Suspended Gate FET (HSGFET), wie er im Rahmen des Projektes für die Ozonmessungen benutzt wurde.

Entscheidend für die Funktion des Sensors ist die Kanalregion zwischen Drain und Source 2 (S2), der eigentliche HSGFET. Der darüber liegende abgesenkte Gatebereich neben dem vertikalen Gaseinlass ist vom Kanal des Transistors durch einen Luftspalt von etwa  $0,3 \mu\text{m}$  Höhe getrennt. Eine Änderung der Austrittsarbeitendifferenz  $D_f$  zwischen der sensitiven Schicht unterhalb des Gates und der Referenzschicht, für die  $70 \text{ nm Si}_3\text{N}_4$  verwendet wird, beeinflusst den Drain-Source-Strom IDS. Um Ozon zu detektieren, wird das mikromechanisch hergestellte Gate mit einer  $1 \mu\text{m}$  dicken KI Schicht bedampft und anschließend auf einen Chip montiert.

Um  $D_f$  zu messen wird der HSGFET im Feedback-Mode betrieben. Dabei hält eine Kompensationsschaltung IDS konstant, indem sie die Austrittsarbeitänderung durch Nachregeln der Gatespannung  $U_G$  kompensiert.  $D_f$  kann demnach als Gatespannungsänderung gemessen werden:

$$\Delta U_G = \Delta \phi / e$$

### Auswertungs- und Überwachungssoftware im IGM

Um der komplexen Modellierung chemischer Sensoren gerecht zu werden, wurde eine Auswertungs- und Überwachungssoftware im IGM Projekt entwickelt, die an die verschiedenen Sensormodelle angepasst werden kann. Die Aufgaben, die die für das Multigassensoren-system entwickelte Software zu erfüllen hat, lassen sich in fünf Bereiche aufteilen:

1. Interaktion mit dem Bediener, Ein- und Ausgabe.
2. Ausführung der Messroutinen der Sensoren.
3. Verarbeitung der Sensorsignale und Berechnung der Gaskonzentrationen unter Einbeziehung verschiedener Auswertungskonzepte.
4. Plausibilitätskontrolle der Auswertungsergebnisse unter Verwendung von Wissen über das Messszenario und die Sensoren.
5. Koordinierung dieser Aufgaben, Echtzeitsteuerung der Hard- und Software.

Da es notwendig war, die Entwicklung der Software auf mehrere Projektpartner zu verteilen und sich die oben genannten Aufgabenbereiche gut voneinander abgrenzen lassen, wurde für die Software ein modulares Konzept gewählt (Abbildung 3 (nächste Seite)).

Ein Signalauswertungsverfahren wurde speziell für das IGM von den Instituten für Technische Informatik und Physik der Universität der Bundeswehr München für das IGM-System entworfen. Dieses Verfahren verwendet wie die analytischen Verfahren Funktionalitäten, die Gaskonzentrationen aus

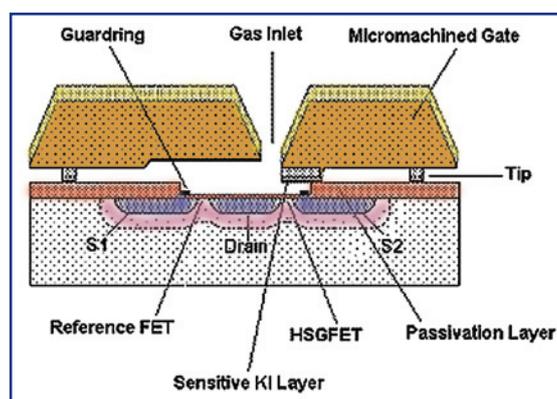


Abbildung 2: Querschnitt durch den HSGFET.

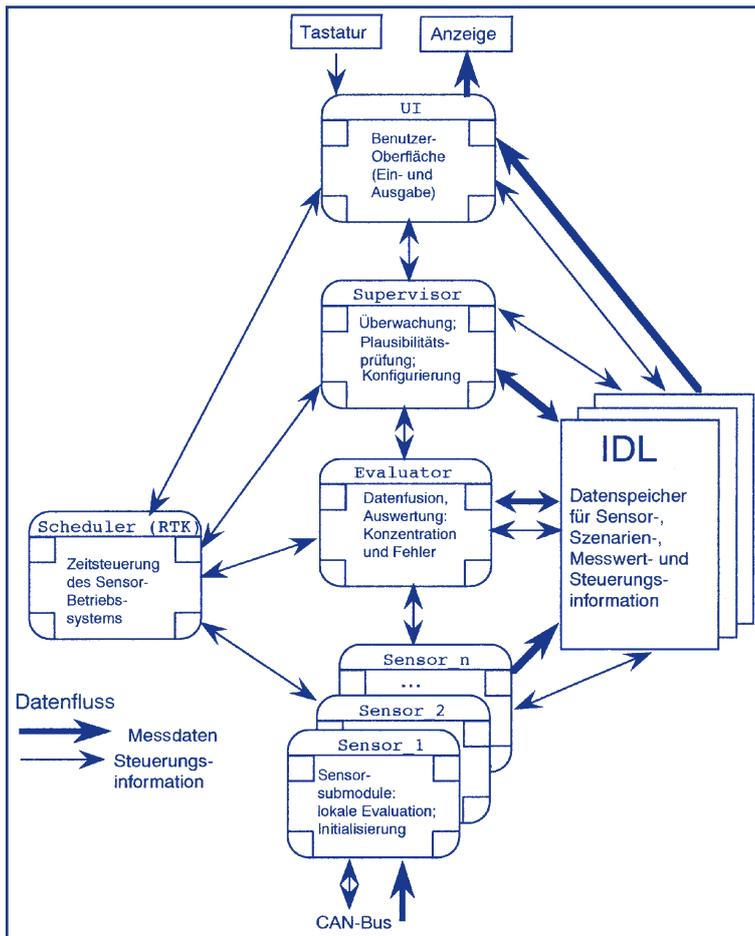
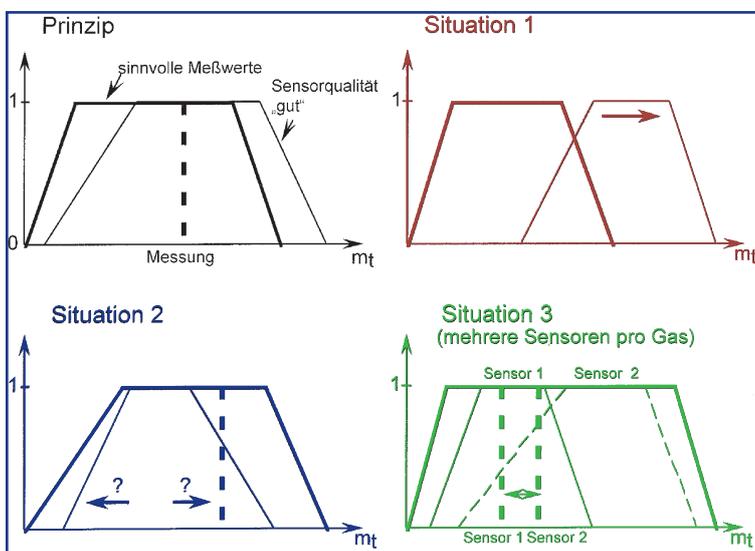


Abbildung 3: Modulare Struktur der Software.

den Signalen eines Sensor-Arrays berechnen. Das Berechnungsschema ist aber modular aufgebaut, das heißt für jeden beteiligten Sensor gibt es eine Funktion, die das Sensorsignal dieses Sensors als Eingabe und die Gaskonzentration desjenigen Gases, auf das der Sensor hauptempfindlich ist, als Ausgabe hat. Hat der Sensor bekannte Querempfindlichkeiten, so

Abbildung 4: Plausibilitätskontrolle.



sind diese in der Funktion in Abhängigkeit von der Konzentration des jeweiligen „Quergases“ integriert. Man setzt die Konzentrationen der anderen Gase also für die Berechnung des „Hauptgases“ als bekannt voraus. Dies ist möglich, wenn man das Verfahren iterativ durchführt, das heißt man nimmt für jeden Berechnungsschritt die im vorhergehenden Schritt errechnete Konzentration der Quergase. Nach wenigen Berechnungsschritten lässt sich damit die Konzentration aller beteiligten Gase mit hinreichender Genauigkeit ermitteln.

Sind mehrere Sensoren vorhanden, die auf das gleiche Gas hauptempfindlich sind, so wird in der Komponente zur Plausibilitätsüberprüfung die Datenfusion vorgenommen. Die einfachste Methode hierfür ist die Berechnung eines nach den von der Plausibilitätskontrolle ermittelten Zuverlässigkeiten gewichteter Mittelwert aus den von der Auswertungsroutine ermittelten einzelnen Gaskonzentrationen.

Kann für ein „Quergas“ eines Sensors keine Konzentration ermittelt werden, weil kein für dieses Gas hauptempfindlicher Sensor im Array vorhanden ist, so wird der jeweilige Querempfindlichkeitsterm in der Auswertungsroutine „ausgeschaltet“, indem die Gewichtung den Wert 0 annimmt.

### Fuzzy Logic bietet sich an

In der Überwachungskomponente des IGM wird Unschärfe und Unzuverlässigkeit des Systems in der Qualitätsbewertung der von den Sensoren gelieferten bzw. von der Auswertungskomponente berechneten Messwerten realisiert. Diese Messwerte werden in Relation zu den aus dem jeweiligen Messszenario entnommenen Bereichen sinnvoller Gaskonzentrationen und zu aus einer Sensorendatenbank stammenden Bereichen vom jeweiligen Sensor im betriebsfähigen Zustand zu erwartenden Signalen gesetzt. Diese Bereiche haben naturgemäß keine scharfe Abgrenzung, so dass eine simple Bereichskontrolle nicht ausreicht. Hier bietet sich die Verwendung von Fuzzy Logic an.

In der IGM-Plausibilitätskontrolle wird dieses Konzept dazu benutzt, die Bereiche zu erwartender Messwerte zu modellieren: Sie werden als fuzzy Intervalle definiert. Der Grad der Mitgliedschaft des gemessenen Wertes im aktuellen fuzzy Plausibilitätsintervall ist ein Maß für die Zuverlässigkeit des Wertes. Im „Kernbereich“ des jeweiligen Intervalls ist dieser Wert 1 (das heißt „dieses Ergebnis liegt vollständig im erwarteten Bereich“), um an den Randbereichen stetig bis auf den Wert 0 (zu interpretieren als „dieses Ergebnis ist vollständig unplausibel“) abzusinken. Der jeweils ermittelte Qualitätswert kann dann dazu verwendet werden, das mit ihm verknüpfte Ergebnis in der Weiterverarbeitung entsprechend seiner Zuverlässigkeit zu gewichten. Hierbei ist auch zu berücksichtigen, dass die Qua-

lität des Sensors beziehungsweise der gemessenen und errechneten Werte nicht statisch ist, sondern einer zeitlichen Dynamik unterliegt.

Die Aufgabe der IGM-Plausibilitätskontrolle ist es, die Verlässlichkeit der Messwerte und den Qualitätszustand der am System beteiligten Sensoren aufgrund der Sensorsignale, der von der Auswertungskomponente errechneten Gaskonzentrationen sowie unter Verwendung von in speziellen Datenstrukturen abgelegtem „Expertenwissen“ über die Sensoren und über das jeweilige Messszenario zu bewerten.

In Abbildung 4 sind das Prinzip und die verschiedenen Situationen der IGM-Plausibilitätskontrolle dargestellt. In Beziehung gesetzt und analysiert werden für jedes Gas das Plausibilitäts- und das Sensorqualitätsintervall und der Messwert (beziehungsweise die vom Evaluator errechnete Konzentration). Diese Kontrolle kann an verschiedenen Punkten des Verarbeitungsprozesses stattfinden:

1. nach der Evaluation: An dieser Stelle kann die Kontrolle überprüfen, ob die Sensorsignale in den Bereichen liegen, die die Auswertungsroutine erwartet, um plausible Ergebnisse zu liefern;
2. nach der Datenfusion: Hier kann die Plausibilitätskontrolle einen Hinweis darauf liefern, dass einer von mehreren Sensoren, die auf das gleiche Gas hauptempfindlich sind, unzulängliche Ergebnisse liefert;
3. nach der Situationserkennung: Unplausible Ergebnisse an dieser Stelle können Anhaltspunkte für eine Fehlersituation eines oder mehrerer Sensoren liefern;
4. nach der Tendenzanalyse: Treten unplausible Ergebnisse nach der Bereinigung von dynamischen Einflüssen (wie Drift auf), so ist das ein Indiz für einen bisher unbekanntem weiteren Einfluss dieser Art auf die Sensorsignale.

## Anwendungsbeispiele

Kennzeichnend für die bodennahe Ozonmessung im Freien ist die geringe zu erwartende Ozonkonzentration in der Luft. Daher bedarf es zum Aufstellen von detaillierten Messszenarien breite Erfahrungen in der speziellen Applikation oder umfangreiche Recherchen. Entsprechend der Fragestellung „Was wird erwartet?“ bieten Wahrscheinlichkeitsaussagen eine tragfähige Struktur zur Szenario-Formulierung. Diese können zusammen mit einem Modell sodann in Plausibilitätsintervalle umgesetzt werden. In Abbildung 5 ist für die Anwendung „Ozonmessung im Freien“ ein Szenario dargestellt, wie es im IGM eingesetzt wird: Ausgegangen wird von einem modellhaft einfachen zeitlichen Tagesverlauf der Ozonkonzentration [5], gekennzeichnet durch Zeitpunkt und Höhe der Maximal- und Minimalkonzentration und der Breite des Peaks.

Weiterhin können im Szenario auch transiente Vorgänge abgelegt sein, wie etwa Kurvenverläufe zu „Ozonwolken“ im freien Feld oder charakteristische Einbrüche bei hohen Konzentrationsniveaus bei kurzen Kohlenwasserstoff-Emissionen im Messbereich (Dieselfahrzeug).

Da im photochemischen Smog die NO<sub>x</sub>- und O<sub>3</sub>-Konzentrationen miteinander (invers) verknüpft erscheinen, können über verkoppelte Szenarien auch Plausibilitätsaussagen zur Funktion mehrerer Sensoren getroffen werden, die wie Metalloxidsensoren üblicherweise bei diesen beiden Gasen erhebliche Querempfindlichkeiten aufweisen.

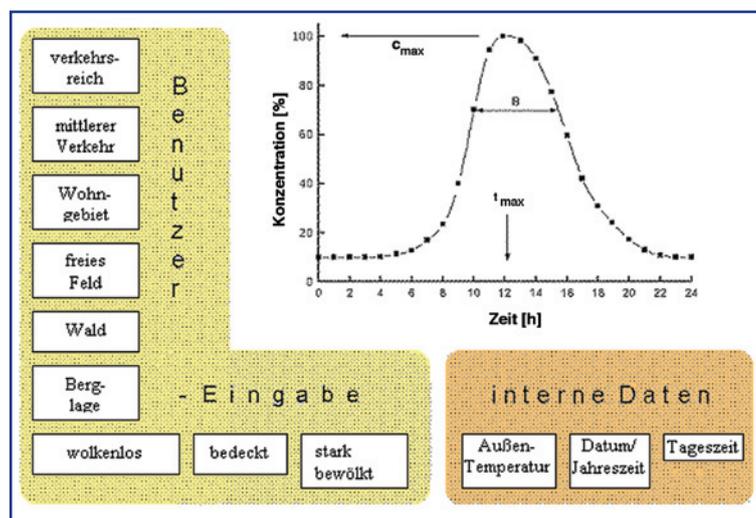
Eine weitere interessante Anwendung für chemische Gassensoren ist die Brandfrüherkennung: Bei jedem Brand findet eine stoffliche und energetische Umsetzung der verbrannten Substanzen statt. Die stoffliche Umsetzung ist durch die erzeugten Produkte gekennzeichnet, die einerseits als Asche verbleiben und andererseits flüchtig sind (Gase, Rußpartikel). Aufgrund der unvollständigen Kenntnis der chemischen Vorgänge bei einem Brand kommen signalorientierte Algorithmen nicht zum Einsatz. Stattdessen werden zustandsorientierte Algorithmen für die Klassifikation von Mustervektoren in Form von Merkmalen verwendet.

## Neuronale Netze als Klassifikatoren

Die Merkmalsextraktion ermöglicht einerseits die Erkennung der Zusammenhänge zwischen den Sensorsignalen und oft auch eine Datenreduktion durch Verringerung der Dimension des Mustervektors.

Zusammenhänge zwischen den Sensorsignalen können in einer Netzdarstellung veranschaulicht werden. In dieser Darstellung wird ein mehrachsiges Koordinatensystem im zweidimensionalen Raum projiziert. Die auf jeder Achse aufgetragenen Punkte werden zu jedem gewählten Zeitpunkt miteinander verbunden.

Abbildung 5: Szenario-Modellierung für die Ozonmessung im Freien.



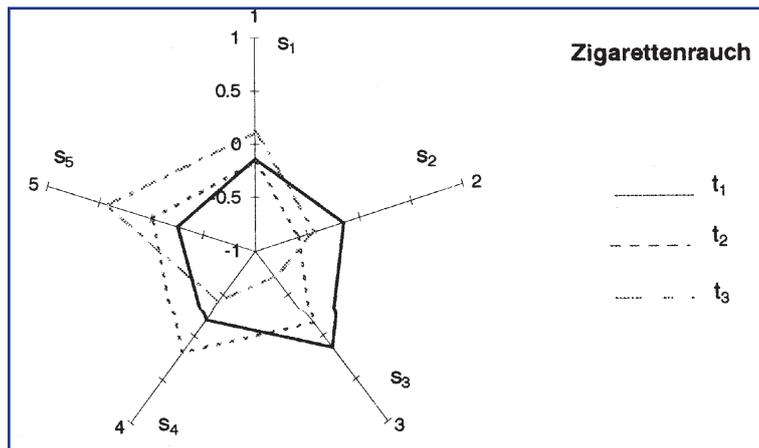


Abbildung 6:  
Netzdarstellung  
von Mustern beim  
Zigarettenrauch-  
versuch.

Abbildung 6 zeigt beispielsweise eine Netzdarstellung von gewonnenen Mustern beim Zigarettenrauchversuch über einen Zeitraum von 180 Sekunden.

Für die Klassifikation der extrahierten Muster können verschiedene Methoden eingesetzt werden. Diese Methoden sollen anhand von gelernten Referenzmustern in der Lage sein, unbekannte Muster im On-Line-Betrieb zu klassifizieren.

Neuronale Netze gehören zu den Klassifikatoren mit Lernfähigkeit und guter Trennbarkeit zwischen den gewünschten Klassen. Das bekannteste Lernverfahren ist der Backpropagation-Algorithmus, der auf der Minimierung der Summe der quadratischen Abweichungen mit Hilfe des Gradientenabstiegsverfahrens beruht [6].

Durch die nicht-bijektive Abbildung der Muster in der Lernphase und durch die eingebaute Rückkopplung des Netzes wird eine gute Stabilität der Entscheidung (Brand, Nicht-Brand, Störereignis) erreicht. Unter nicht-bijektiver Abbildung ist hier gemeint, dass im Brandfall ab einem vom Beobachter bestimmten Zeitpunkt alle Muster auf die selben Ausgangssignale abgebildet werden. Demzufolge ändern sich die Ausgangssignale des Netzes nur, wenn sich die abgebildete Situation stabil über mehrere Zeitpunkte geändert hat.

Außerdem wurden die Signale der Ausgangsneuronen in der Trainingsphase so ausgewählt, dass möglichst keine Überlappungen zwischen den Klassenbereichen Brand und Nicht-Brand bzw. Störereignis entstehen können. Außerdem soll der „Abstand“ zwischen den Mustern für Brand und Störereignis im Ausgangsraum möglichst groß sein. Gleichzeitig muss der Abstand zwischen Nicht-Brand und Störereignis im selben Raum möglichst klein sein, um Störereignisse wirksam unterdrücken zu können.

Das Netz wurde alle sechs Sekunden mit Mustern der Durchführung von Testbränden (TF1, TF2, TF3, TF4), einem Zigarettenrauchversuch, einem Diskonebelversuch, einem Autoabgasversuch und einem Kabelbrandversuch getestet. Das Netz war in der Lage, verschiedene nicht trainierte Brände zu

erkennen. Dieses Ergebnis zeigt, dass brandspezifische Muster extrahiert werden können. Außerdem hat das Netz die meisten Störereignisse richtig klassifiziert.

## Ausblick und Danksagung

Über die hier skizzierten Teilprojekte hinaus umfasste das IGM-Projekt die detaillierte Modellierung weiterer Gassensoren (Amperometrische CO-Sensoren, mikrostrukturierte Halbleiter-Gassensoren) und kapazitiver Feuchtesensoren, Algorithmen für die Signalverarbeitung und Sensor-Anpassschaltungen. Zum Abschluss des Projekts wurde ein lauffähiges IGM-Modul realisiert, geeignete Kalibriermaßnahmen entwickelt und zu den hier genannten Anwendungsbeispielen eine Reihe weiterer Szenarien (beispielsweise Einsatz für die intelligente Haustechnik) untersucht. Der Abschlussbericht ist im Geronimo Verlag, Rosenheim erschienen [1].

An dieser Stelle sei der Bayerischen Forschungsförderung für die Förderung des Projekts (Az. 88/93) und den beteiligten Instituten gedankt. An dem von der ITIS abgewickelten interdisziplinären Projekt waren die Institute der Universität der Bundeswehr - Institut für Physik, Prof. Dr. Ignaz Eisele, Institut für Mess- und Automatisierungstechnik, Prof. Dr. Hans-Rolf Tränkler, Institut für Technische Informatik, Prof. Dr. Axel Lehmann - sowie das Fraunhofer-Institut für Festkörpertechnologie, Dr. H.-E. Endres beteiligt. Als industrielle Partner nahmen die Firma Daimler Benz Aerospace AG, München, die Firma INDATEC GmbH, Bernau, das Ingenieurbüro Rauscher, Warngau und die Firma Seika Mikrosystemtechnik GmbH, Kempten an dem Projekt teil.

## Literatur

- [1] T. Doll, I. Eisele, H.-R. Tränkler (Hrsg.): Intelligentes Gas-Multisensorsystem. Geronimo-Verlag, Rosenheim, 1998
- [2] T. Takada, K. Suzuki and M. Nakane: Highly sensitive ozone sensor, 4th ICMS, Tokyo, 1992, pp. 470-473
- [3] T. Doll, J. Lechner, I. Eisele, K. Schierbaum, W. Göpel: Ozone detection in the ppb range with work function sensors operating at room temperature, Sensors and Actuators B 34 (1996), 506-510
- [4] A. Fuchs, T. Doll, M. Bögner, I. Eisele: Design and Fabrication of HSGFET Gas Sensors, Proc. Micro System Technologies 96, 409-414
- [5] G. Baumbach: Luftreinhaltung, Springer Verlag 1993
- [6] F. Derbel: Smart-Sensor-System zur Brandfrüherkennung, Pflaum Verlag 2002

# Algorithmen (auch) nach der Biologie



**Rolf Kickuth**

Unschärfe Logik, künstliche neuronale Netze, genetische Algorithmen, künstliches Leben – bei denjenigen, die zum ersten Mal davon erfahren, wecken diese Ausdrücke oft gleichermaßen Erstaunen, Unverständnis und daher eventuell auch Ablehnung. Es handelt sich um mathematische Algorithmen und Computersimulationen, mit denen Vorgänge aus der „lebendigen Welt“ für Computer verarbeitbar wie auch simulierbar gemacht werden. Zudem dienen sie dazu, für Funktionen der lebendigen Welt – und dazu zählt mittlerweile auch das Sozialverhalten – überhaupt erst Erklärungen zu finden. Ganz nebenbei optimieren Computer mit entsprechenden Programmierungen mittlerweile chemische Prozesse, erlauben Messwertauswertungen, die – wie der vorhergehende Artikel zeigt – zu treffsicheren analytischen Ergebnissen führen. Dieser Artikel stellt die Methoden vor, die sich hinter o.g. Begriffen verbergen und die dem Gebiet der künstlichen Intelligenz zuzurechnen sind. Ebenso werden Anwendungen sowie Verbindung zur Chemie, Biologie und Bioinformatik aufgezeigt.

Ein Beispiel, das besonders gut die enge Verzahnung der Erforschung natürlicher Lebensvorgänge mit Simulationen in Computern zeigt, veröffentlichten Mitte September Max-Planck-Forscher vom Institut für Neurobiologie in Martinsried. Es ist ihnen gelungen, im Computermodell Details jener Nervenkontakte aufzuklären, die zwischen drei verschiedenen Typen von Nervenzellen im Sehzentrum der Schmeißfliege bestehen. Die Neurobiologen konnten zeigen, dass Nervenzellen zum Erkennen von bewegten Objekten vor einem Hintergrund Methoden einsetzen, die man auch aus der digitalen Bildbearbeitung kennt. Zunächst analysierten sie dazu mit Farbstofftechniken, die Rückschlüsse auf die Aktivität von Nervenzellen erlauben, das Zusammenwirken realer Nervenzellverbände. Eine Computersimulation solcher Verbände führte zu der

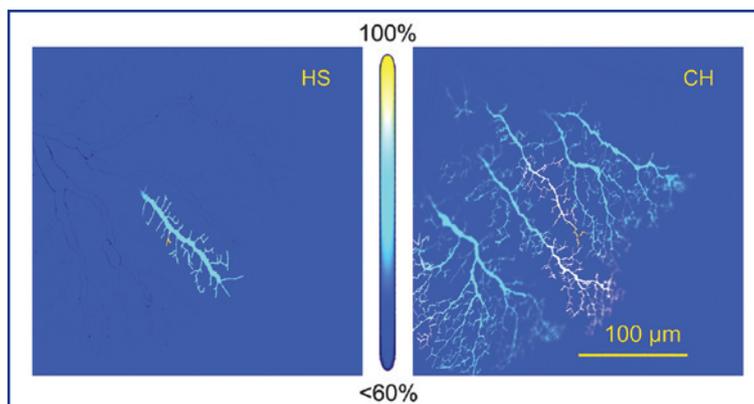
Entdeckung neuartiger Kommunikationswege zwischen Nervenzellen: dendritischen elektrischen Synapsen, unmittelbare Verknüpfungen der Zellverästelungen. Bei elektrischen Synapsen erfolgt die Übertragung über spezielle Ionenkanäle direkt von Zelle zu Zelle über eine Plasmabrücke. Die Zellen müssen dazu ganz dicht in Kontakt kommen. Die elektrische synaptische Übertragung ermöglicht rasche, bidirektionale Kommunikation miteinander verbundener Nervenzellen. Rasche Verhaltensreaktionen – etwa bei der Tarnung der Meeresschnecke *Aplysia* mit Tinte oder die Schwanzschlagreaktion beim Goldfisch – werden über elektrische Synapsen geleitet. Elektrische Synapsen sind weit verbreitet, aber nicht so häufig vertreten wie chemische Synapsen. Ihre Wichtigkeit wird erst gerade in letzter Zeit stärker betont. Sie spielen offenbar während der Entwicklung eine wichtige Rolle, ebenso in oszillierenden Systemen. Sie kommen übrigens auch in der Netzhaut vor.

Im Sehsystem im Gehirn der Schmeißfliege befinden sich sechzig Nervenzellen, die auf die Bewegungsreize aus verschiedenen Richtungen reagieren, indem sie die Signale von pixelartig angeordneten Bewegungsdetektorzellen aufsummieren. Hermann Cuntz beschäftigt sich im Rahmen seiner Doktorarbeit mit der Kommunikation zwischen zwei Nervenzelltypen, die auf horizontale Bewegungsreize reagieren, die HS- und die CH-Zellen (HS: engl. Horizontal System; CH: engl. Centrifugal Horizontal). Gemeinsam mit seinen Betreuern Jürgen Haag und Alexander Borst hat Cuntz die Nervenzellen im Computermodell nachgebaut, um die Reizleitung und -übertragung zu simulieren und mit Messungen an realen Nervenzellen vergleichen zu können. Die Wissenschaftler simulierten u.a. die lineare Weiterleitung des elektrischen Signals und stellten fest, dass die Signalantwort bei den CH-Zellen stets breiter und unschärfer war, als die gesendeten

Abbildung 1: Spannungsverteilung in HS- und CH-Zellen im Sehzentrum der Schmeißfliege. Links: Eine lokale Reizung der HS-Zelle führt zu einer räumlich eng begrenzten Aktivitätsverteilung. Rechts: In einer mit der HS im dendritischen Netzwerk verbundenen CH-Zelle breitet sich dagegen das Signal sehr viel weiter aus (Abb.: Max-Planck-Institut für Neurobiologie).

**Der Autor:**

Rolf Kickuth ist Verleger der CLB. Schon während seines Chemiestudiums war er etwa für *FAZ*, *Bild der Wissenschaft* und *Chemische Rundschau* wissenschaftsjournalistisch tätig. Später war er u.a. Herausgeber der *AXON* für Anwendungen von Methoden der künstlichen Intelligenz wie auch Chefredakteur des *Informatik Spektrum*, der Zeitschrift der Gesellschaft für Informatik.



Signale. Simulierte man in den HS-Zellen einen lokalen Aktivitätspeak, war die dadurch induzierte Aktivitätsverteilung in dem Dendrit der CH-Zelle deutlich breiter: Die Weiterleitung führte also zu einem unschärferen Bild (Abbildung 1). Diese dendritischen Netzwerke führen also Operationen aus, die man von der Bildbearbeitung am Computer her kennt. Die Fliege sieht bewegte Objekte vor einem sich ebenfalls ändernden Hintergrund besonders gut, weil die Signale des Hintergrundes in den dendritischen Netzwerken wie mit einem Unschärfefilter in Bildbearbeitungsprogrammen etwas unschärfer gemacht, die Konturen des sich bewegenden Objektes jedoch wie mit einem „Unschärfe maskieren“-Filter in der Bildbearbeitung besonders herausgestellt werden – wie weitere Versuche zeigten. Diese einfache und effektive Signalverarbeitung führt dazu, dass die Schweißfliege zwischen der Umgebung, die im Fluge an ihr vorbeizieht, und einem sich in dieser Umgebung bewegendem Objekt unterscheiden kann.

### Artificial Life: Forschungsschnittstelle von Biologie, Informatik, Robotik, Soziologie

Abbildung 2: Jordan Pollack (Mitte) und ECAL-2003-Tagungsleiter Wolfgang Banzhaf (links) diskutierten Mitte September in Räumen der Zeche Zollern in Dortmund (Industriemuseum) den Wert der Coevolution für eine kontinuierliche Entwicklung komplexer Systeme (Foto: rk).

Die gerade beschriebene Forschung spiegelt ein Zusammenspiel zwischen (Neuro-)Biologie und Computerwissenschaft wider. Informatiker versuchen aber auch, Prozesse der Evolution, ja sogar des Sozialverhaltens in Computerprogrammen abzubilden. Sie haben es sich zur Aufgabe gemacht, Lebendiges zu simulieren, Programmstrukturen mit Eigenschaften, wie man sie sonst nur in der lebendigen Welt findet, im Computer erschaffen. Der Begriff „Artificial Life“, kurz Alife oder AL entstand aus diesen Überlegungen, und zwar durch den Computerwissenschaftler Chris Langton im Jahre 1987.

AL steht für Möglichkeiten, mit überschaubaren Regeln und Programmen Erscheinungen meist auf Bildschirmen zu produzieren, die irgend etwas „Lebendiges“ an sich haben. Sie sollen dazu beitragen, Fragen

zu beantworten wie: Was ist Leben? Wie kommt es zu Selbstorganisationen und Replikationen? Wie funktioniert die Evolution? Welche Rolle spielt die Coevolution? Was für Mechanismen verstecken sich hinter der Gesellschaftsbildung? Über diese und ähnliche Themen diskutierten Mitte September die „ALifer“ auf der 7th European Conference on Artificial Life (ECAL-2003) in Dortmund. Ein kleiner Programmauszug zeigt die Themenvielfalt des Gebiets: „Origin and Synthesis of Life; Chemical self-replicating systems; Elements of brain-computer hybrids (von MPG-Forscher Peter Fromherz, dessen Arbeit die CLB in Ausgabe 02-2003, Seiten 59-60 vorstellte); Requirements for getting a robot to grow up; Evolving aggregation behaviours in a swarm of robots; How to program artificial chemistries; Evolution of fault-tolerant self-replicating structures“.

Schon diese kleine Themenauswahl weist auf die Interdisziplinarität hin, die in der AL-Forschung steckt. Biologen, Soziologen, Philosophen, Verhaltensforscher, Physiker, Chemiker, Mediziner und natürlich Informatiker arbeiten an dem Gebiet. Wenn auch manche dieser Themen abstrakt klingen, so schielen die Forscher doch immer wieder auf den Menschen. Politikwissenschaftler zum Beispiel programmierten ein Modell politischen Lebens mit zwei unterschiedlichen Welten. Ergebnis: Eine Welt mit gleichverteilten Machtverhältnissen und gleichermaßen gewichteten Wunschvorstellungen der Entscheidungsträger tendiert zu Chaos. Führt man jedoch Eliten in die Simulation ein, bilden sich recht stabile Wählergruppen, und das Chaos vermindert sich.

Wie etliche Versuche mit Gruppen von Einzelwesen im Computer zeigen, entwickelt sich ein kooperatives Verhalten unter ihnen. Kooperation scheint ein positives Feed-Back-Merkmal auch im Sinne der genetischen Fitness zu sein. Bemerkenswerterweise erwies sich in Simulationen von Robotkämpfen, dass nicht der Stärkste der Beste ist, sondern derjenige, der sich am besten den Mitwesen und äußeren Gegebenheiten anpasst.

Bekannt wurde diese Strategie als „Tit for Tat“ (wie du mir, so ich dir). Sie gilt als besonders effektiv bei dem Gefangenendilemma, ein von Soziologen viel untersuchtes Spiel. Zwei Gefangene haben dabei untereinander die Wahl zwischen Kooperation oder Betrug, um sich Vorteile zu verschaffen. Tit for Tat bedeutet hier, zunächst zu kooperieren, und dann zu kooperieren oder zu betrügen, je nachdem, wie der andere reagiert – Auge um Auge... Mittlerweile zeigten amerikanische Wissenschaftler, dass evolutionäre Algorithmen (s.u.) diese Strategie von sich aus entwickeln und verbessern.

Eine der wichtigsten Fragen von AL ist die nach Emergenz, des Auftauchens von Komplexität aus dem Zusammenspiel einfacher Bausteine. Auf der ECAL in Dortmund begab sich Jordan Pollack von der Brandeis-Universität (Massachusetts, USA) auf der Suche nach dem Prinzip des Fortschritts. Wenn man dieses in AL finde, könne man es auch auf die Soziologie, Ökonomie, Kunst und auf das Lehr- und Lernverhalten ausweiten. Mit Untersuchungen von genetischen Algorithmen (s.u.), bei denen die Fitness von Individuen absolut



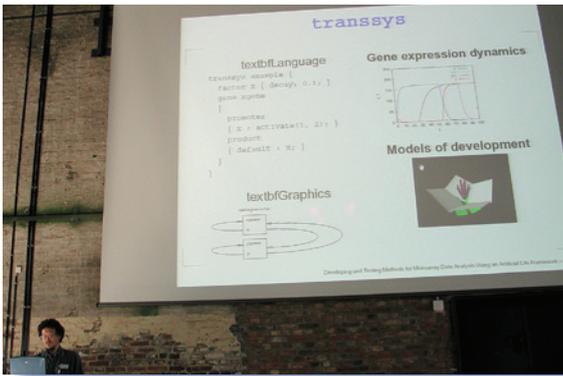


Abbildung 3: Jan Kim (Uni Kiel) entwickelt Methoden der AL-Forschung für die Analyse von Daten aus Biochips (Foto: rk).

bewertet werden, und Algorithmen der Coevolution, die eine relative Bewertung konkurrierender Elemente durchführen, kam er zu dem Schluss: Coevolution etlicher Individuen kann unter geeigneten Bedingungen einen Prozess kontinuierlichen Fortschritts darstellen, notwendig für die Entwicklung komplexer Strukturen (Abbildung 2).

### Algorithmen der Evolution

Ein wichtiges Werkzeug der Alife-Forscher sind genetische Algorithmen (GA) oder – noch allgemeiner – Evolutionsalgorithmen. Die Komplexität vieler technischer Probleme, für die es keine herkömmliche Berechnungsmethoden gibt, hat deshalb bei Mathematikern und Informatikern, aber auch bei Ingenieuren und Naturwissenschaftlern das Interesse für Verfahren der Evolution geweckt. Die hohe Rechengeschwindigkeit der Computer ermöglicht es ihnen seit einigen Jahren, mit genetischen Algorithmen zu arbeiten. Ein GA findet Antworten auf gestellte Aufgaben, indem eine Vielzahl von Lösungen dieser Aufgabe rückgekoppelt, bewertet und neu berechnet werden.

Die Lösungen eines GA werden – in Analogie zum natürlichen Vorbild durch „Chromosome“ repräsentiert, die ihrerseits aus Genen zusammengesetzt sind. In der Natur sind in den Chromosomen die Eigenschaften der Lebewesen verschlüsselt, etwa die Farbe der Flügel von Schmetterlingen. Damit löst jede Art ihre spezifischen Überlebensaufgaben. Ändert sich die Problemstellung, weil etwa eine Vogelart alle gelbflügeligen Schmetterlinge sofort erkennt und zur Lieblingsspeise erkürt, droht in diesem Beispiel die Schmetterlingsart auszusterben, es sei denn, sie ändert die Farbe ihrer Flügel. Solch eine Änderung kann bei Paarungen passieren, wenn zufällig andersfarbige Liebespartner gefunden werden, oder eine unprogrammgemäße Änderung des genetischen Codes sorgt für eine positive Änderung des Erscheinungsbildes. Genau so arbeiten GAs: Ihre Problemlösungen (Chromosome) werden durch Reproduktion (die ja auch eine Selektion der beteiligten Chromosome bedeutet) und Mutation optimiert. Die Wissenschaftler fügen zu diesen Methoden noch eine spezielle Art der Kreuzung von GA-Chromosomen, das Crossover.

Beim Crossover schneidet man ein ausgewähltes Chromosomenpaar an jeweils gleicher Stelle auseinander und fügt die Teile über Kreuz wieder zusammen. Damit entstehen zwei neue Individuen. Reproduktion bedeutet, daß die Gensätze eines Mutter- und eines Vaterchromosoms kombiniert werden. Mutation schließlich bedeutet, daß ein sehr kleiner Teil des Chromosoms durch Zufall verändert wird. In der Natur geschieht so etwas zum Beispiel durch die Einwirkung starker Strahlung auf die DNA, dem Molekül, das in Chromosome unterteilt die Information über die Erbanlagen enthält. Die Bewertung, ob ein GA-Chromosom eine gute Lösung für ein Problem darstellt, erfolgt durch Kostenfunktionen. Ihr Wert ist bei den technischen Optimierungsproblemen bekannt.

Die Chromosomen der GAs bestehen selbstverständlich nicht aus Atomen oder Molekülgruppen, sondern einfach aus Zahlenfolgen. Erste Versuche mit Genetischen Algorithmen gehen in die 60er Jahre zurück, und zwar zu Forschern in den USA und in Deutschland. Unterschiede lagen vor allen Dingen in der Art der verwendeten Optimierungsmittel, der Operatoren. Während man in Deutschland eine Evolutionsstrategie aufbaute, die sich nur auf einfache Vererbung (Selektion) und Mutation stützte, führte man in den USA frühzeitig die Crossover-Operation ein. Mit ihrer Hilfe steigerte sich die Geschwindigkeit der GAs, zu guten Lösungen zu kommen, erheblich. Allerdings hat die Anwendung von



### Wie genetische Algorithmen funktionieren

Ein (äußerst einfaches) Beispiel: Ein GA soll die Quadratwurzel aus 16 ziehen. Eine Lösung besteht dann etwa aus der Zahlenfolge 0101, der Dualdarstellung der dezimalen Zahl 5. Eine sinnvolle Kostenfunktion erfordert, solch eine Lösung, von denen der GA eine Vielzahl entwirft, mit denen er eine ganze Bevölkerung, eine Population erschafft, zu quadrieren. Das Chromosom, die Zahlengruppe, die danach am ehesten den Wert 16 ergibt, ist das Beste. Die Fachleute sagen, es hat die beste Fitness. 0101 hat zum Beispiel die Fitness -9, weil das Quadrat von 5 um 9 von dem Aufgabenwert 16 abweicht; das Chromosom 1000 (Dezimalwert 8) wäre mit der Fitness -48 noch schlechter, hingegen wäre 0011 (3) mit der Fitness -7 besser.

Durch Reproduktion mit den Chromosomen 0101 (5) und 0011 (3) käme man zu dem Chromosom 0111 (7). Dazu schreibt man in dem Kindchromosom einfach an jeder Stelle eine 1, an der mindestens ein Elternchromosom eine 1 hat. Mit einer Fitness von  $16 - (7 \times 7) = -33$  hätte das Kind, eine Lösung einer neuen Generation von Chromosomen, eine schlechtere Fitness als jeder Elternteil. Ein Crossover der letzten Hälfte des Elternteils 0101 mit der ersten Hälfte des Elternteils 0011 würde hingegen eine sehr gute Fitness haben: Die Zahlenfolge 0100 (4) entspricht der gesuchten Lösung. Eine Mutation wäre das einfache Verändern einer Ziffer, etwa von 0101 in 0100, was auch (wie hier) zur richtigen Lösung führen kann.

Ein anderes Beispiel soll zeigen, welche Bedeutung die Kostenfunktion hat. Angenommen, die Post will fünf Städte untereinander verkabeln und dazu zwischen ihnen zwei Schaltstationen einrichten. Wo müssen diese stehen, damit die Kabel die kürzeste Länge haben? Ein GA kann helfen: Seine Chromosome werden dabei durch Wertepaare repräsentiert, die den Koordinaten der Lage von den beiden Schaltstationen entsprechen. Die Kostenfunktion besteht einfach in der Länge der zu verlegenden Kabel.

Crossover-Operatoren eine Voraussetzung: In einer bestimmten Generation einer Population von Lösungen, von Chromosomen, müssen bereits Teillösungen in diesen Chromosomen zu finden sein.

### Künstliche neuronale Netze: Von der Vision zum Werkzeug

AAAEEMMMMLLLIIIIHHHH... So hörte sich der Beginn einer Reihe von Lese-Experimenten an, die Terry Sejnowsky 1986 und 1987 an der John Hopkins Universität in Baltimore (USA) durchführte. Der Singsang tönte aus einem Lautsprecher, der an einem VAX 11/780-Computer angeschlossen war. Zwölf Stunden später hörte man einen englischen Text aus dem Lautsprecher, in nahezu menschlicher Intonierung. Diese Trainingszeit hatte einem speziellen Programm, NETalk, genügt, um geschriebenen englischen Text aussprechen zu lernen, und zwar anhand von Lautschriftbeispielen: NETalk war ein künstliches neuronales Netzwerk.

Das Programm simulierte auf einem „normalen“ Rechner mit einem Prozessor ein Konstrukt, das Ähnlichkeiten mit dem Gehirn aufwies: Viele programmierte Prozessorelemente, Neuronen, waren umfangreich untereinander verbunden. Bei NETalk waren dies 309 Neuronen, untereinander verknüpft durch 18320 „synaptische“ Verbindungen. Heute lief NETalk nur Sekundenbruchteile bis zum Lernerfolg. Spekulationen über die aus solchen Versuchen abgeleitete Leistungsfähigkeit von künstlichen neuronalen Netzen (KNN) nährten eine Zeit lang ihre Mystifizierung. Tatsächlich liegen die Anfänge ihrer Erforschung in einer Zeit, die durch Technikeuphorie gekennzeichnet war.

Die ersten Impulse kamen aus der Hirnforschung. 1949 formulierte der kanadische Neurophysiologe Donald O. Hebb eine erste Lernregel: Das Gehirn lerne, indem Verbindungen zwischen Nervenzellen (Neuronen), die gleichzeitig aktiv sind, verstärkt werden. Zuerst an der Meeresnacktschnecke *Aplysia* konnte man mittlerweile nachweisen, dass sich Verbindungen zwischen ihren Neuronen verstärkten, als sie lernte, verabscheutes Futter mit Lichtblitzen zu assoziieren. Verallgemeinert ist man heute der Ansicht, dass das Wissen nicht in den Neuronen selbst verborgen ist. Vielmehr sind das Gedächtnis und andere Gehirnleistungen wohl als Funktionen zu sehen, die ihre Grundlage in der guten oder schlechten Reizleitung der Verbindungen zwischen den Neuronen haben. Insbesondere die Synapsen spielen

dort eine große Rolle; an diesen Schnittstellen zwischen den „Gehirnkabeln“, Dendriten und Axonen, und den Neuronen werden elektrische Nervenimpulse in chemische Aktivitäten umgewandelt und beeinflussen dann die Nervenzellen, regen sie an oder hemmen auch deren Aktivität. Man symbolisiert Synapsen in künstlichen neuronalen Netzwerken durch Gewichte.

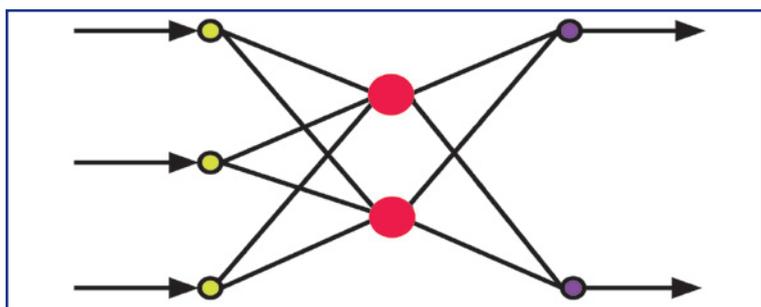
Neun Jahre nach Hebb's Postulat baute dann der amerikanische Psychologe Frank Rosenblatt das Perceptron, ein einfaches künstliches neuronales Netzwerk. Es konnte schon Muster klassifizieren, war lernfähig und fehlertolerant und konnte „Erfahrungen“ verallgemeinern, also generalisieren. All das waren Eigenschaften, die man zuvor nur dem Gehirn zuschrieb, all das sind Eigenschaften, die nun auch künstliche neuronale Netze aufweisen und die sie so begehrt machen. Das Perceptron bestand aus einem Raster mit 400 Photozellen, die mit 512 neuronensimulierenden Schaltkreisen verbunden waren. Eine Hebb-ähnliche Lernregel veränderte die Verbindungen zwischen ihnen, und die „Netzhaut“ lernte, Buchstaben zu erkennen. 1969 wurde der KNN-Forschung jedoch ein Tiefschlag versetzt. In ihrem Buch „Perceptrons“ wiesen Marvin Minsky und Seymour Papert vom Massachusetts Institut of Technology (MIT) nach, daß das Perceptron bei bestimmten Klassifikationen versagen muß. Daraufhin zogen sich die Geldgeber der KNN-Forschung zurück, sie kochte mehr als zehn Jahre auf Sparflamme.

Einige hartnäckige Forscher ließen dann jedoch den Neurocomputer-Phoenix aus der Asche seines früheren Ansehens neu entstehen. Zum einen hatte sich herausgestellt, daß die im Buch beschriebenen Einschränkungen nur für spezielle, sehr einfache Netzwerke ohne „verdeckte Schicht“ gelten; zum anderen ermöglichte die Geschwindigkeitssteigerung konventioneller Computer, immer bessere Simulationen von KNNs zu konstruieren und zu prüfen. Und die Konnektionisten, so eine Bezeichnung derjenigen, die sich mit neuronalen Netzen befassen, schufen neue Netze.

Aus dem Perceptron wurde Adaline, ein Netz mit einer Eingabe- und einer Ausgabeschicht von Neuronen. Bei vielen Typen neuronaler Netze sind die einzelnen Prozessorelemente nämlich schichtartig angeordnet. Dabei sind alle Neuronen einer Schicht mit allen Neuronen der nächsten Schicht verbunden. Bei dem zweischichtigen Adaline-Netz (von: adaptive linear elements) führte die Ausgabeschicht ein Fehlersignal zur Eingabeschicht zurück. Diese Delta-Lernregel – mit einer Differenzbildung als Rechenelement – verbesserte die Lernfähigkeit des Netzes; die synaptischen Gewichte werden schnell so variiert, dass sie die vorgegebenen Muster repräsentieren.

Einen Schritt weiter ging Madaline, das durch zusätzliche Neuronen (multiple Adaline) zwischen Ein- und Ausgabe die von Minsky und Papert beschriebenen logischen Grenzen einfacher Netze überwand (Abbildung 4). Als dann 1985 David E. Rumelhart, G. Hinton und R. Williams madaline-artigen Netzwerken beibrachten, Fehler beim Training durch alle Schichten des Netz-

Abbildung 4:  
Prinzip von  
Feedforward-  
Neuronetzen mit  
Zwischenneuro-  
nenschicht (Abb.  
4+5: rk).



werkes rückzurechnen und zu verringern, stand ersten Anwendungen der künstlichen neuronalen Netze nichts mehr im Wege. Auch heute bilden diese Backpropagation-Netzwerke mit ihrer generalisierten Delta-Lernregel, deren prinzipieller Mechanismus schon 1974 von Paul Werbos beschrieben wurde, die Grundlage für die meisten KNN-Anwendungen.

### Von Spinglas, Computer und Gehirn Modelle aus der Magnetphysik

Für Anwendungen der KNN ist ihre Architektur, die Anzahl und Verknüpfung ihrer Neuronen, entscheidend. Perceptron, Adaline, Madaline, Backpropagation – sie alle sind Feedforward-Netze. In ihnen fließt die Information zwischen den Schichten der Prozessorelemente ohne direkte Rückkopplung von den Eingangsneuronen zu den Ausgangsneuronen. Die Konnektionisten entwickelten jedoch auch Netzwerke, in denen die einzelnen Neuronen alle miteinander verbunden waren (Abbildung 5).

In ihnen lassen sich Ausgangsinformationen von Prozessorelementen in die Eingänge zurückkoppeln; der Schichtbegriff spielt hier also keine Rolle. John Hopfield, dessen Name heute eine ganze Klasse solcher Feedback-Netze bezeichnet, erkannte ihre Ähnlichkeit mit atomaren Strukturen bestimmter Materialien. Der Physiker vom California Institute of Technology (CalTech) beschrieb 1982 das Verhalten der Feedback-Neuralnetze mit Algorithmen, die zur Ermittlung energetischer Zustände in Spingläsern dienen. Das sind Substanzen, bei denen etliche Atome keinen Magnetismus aufweisen, andere aber magnetisch sind, wobei ihre Pole in unterschiedliche Richtungen weisen können. Man sagt, ihre magnetischen Spins sind ungeordnet. Allerdings beeinflusst ein magnetisches Atom seine Nachbarn, sucht diese in (oder gegen) seine eigene Magnetisierung auszurichten, und die Spins dieser Nachbaratome wechselwirken mit anderen und auch untereinander. Genau solch eine Wechselwirkung passiert aber auch in künstlichen neuronalen Netzen mit Rückkopplungen. Nebenbei: Soziologen versuchen, das Verhalten menschlicher Gesellschaften mit ähnlichen Algorithmen zu beschreiben.

Der Vorteil, den Hopfield so der KNN-Forschung bereitstellte: Wie bei den Spingläsern lassen sich für diese rückgekoppelten Netze Energiefunktionen bestimmen. Muster, die Hopfield-Netze gelernt haben, oder Lösungen, die sie finden, gleichen Minima solcher Funktionen. Hopfield-Netze dienen der Mustervervollständigung. Bildlich gesprochen sucht ein neuronales Netz bei der Wanderung durch eine energetische Gebirgslandschaft Täler auf, fühlt die Anziehungskraft von „Attraktoren“ – ein Ausdruck, den man aus der Chaosforschung kennt. Ganz allgemein sagt man von neuronalen Netzen, sie arbeiten mit Hill-climbing-Algorithmen. Dieses Bild zeigt aber auch eine der Problematiken auf, die sich bei der Arbeit mit KNN ergeben: Wer garantiert, dass das tiefste Tal, die beste Lösung erreicht wird? Tatsächlich suchen sich KNN oft nur ein nahes, aber relativ flaches Tal aus; die globale Lösung finden sie dann nicht mehr. Einen

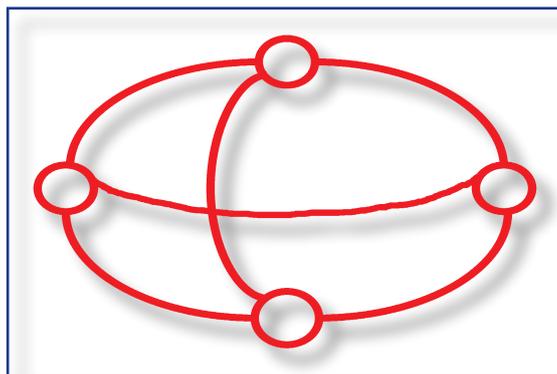


Abbildung 5:  
Prinzip von  
Hopfield-Netzen.

Ausweg suchen die Forscher wiederum in der Physik: Man kann sehr geordnete Kristalle mit niedriger innerer Energie aus einer Schmelze erhalten, wenn man diese sehr langsam abkühlt. Etwas Vergleichbares versucht man mit den Neuralnetzen durch "Simulated Annealing". Bei dieser Methode sind auch Zustandsänderungen der Netze erlaubt, die von einem Minimum wegführen. Das geschieht im Verlauf des Lösungsprozesses allerdings mit immer geringerer Wahrscheinlichkeit.

Mit Hopfield-Netzen lassen sich sehr gut Computermodelle mit assoziativem Gedächtnis aufbauen. Auch die Anzahl der maximal in solchen Netzen speicherbaren Informationen lässt sich berechnen; sie ist direkt mit der Anzahl der Neuronen gekoppelt. Eine Weiterentwicklung der Hopfield-Netze ist die Boltzmann-Maschine. Alle Neuronen sind miteinander verbunden. Im Unterschied zu Hopfield gibt es aber Ähnlichkeiten zu mehrschichtigen Netzen: Einige Neuronen nehmen Informationen von außen auf (ähnlich einer Inputschicht), und andere geben Informationen aus (ähnlich Outputschicht).

### Überwachtes und selbstorganisiertes Lernen

Allgemein gilt: Bei den künstlichen Neuronetzen gibt es etliche Modelle; es lässt sich eine Vielzahl von Parametern ändern. Das macht ihren Einsatz für spezifische Anwendungen so schwierig; es ist eine genaue Abstimmung nötig. Wissenschaftler und Techniker können Feedforward- oder Feedback-Netze entwerfen, die Lernregeln variieren, die Input-, Transfer- sowie die Outputfunktionen der Prozessorelemente verändern. Damit wird beispielsweise festgelegt, ob ein Neuron alle Eingangssignale einfach aufsummiert (Input), ob ein Schwellwert zu überwinden ist, damit das Neuron Impulse weitergibt (Transfer), oder ob nur das Neuron einer Schicht mit dem höchsten Output Impulse weitergeben darf (Output), gemäß der Lösung: der Gewinner bekommt alles.

Eine wichtige Unterscheidung von KNNs besteht darin, wie sie lernen. Die bislang am häufigsten in Anwendungen eingesetzten KNNs, die Backpropagation-Netze, arbeiten nach der Methode des überwachten Lernens (supervised learning). Dabei gibt ein externer Lehrer dem Netz zu jeder Eingabe die korrekte Ausgabe oder die Differenz der tatsächlichen zur korrekten Ausgabe an. Anhand dieser Differenz wird dann das Netz über die Lernregel modifiziert. Diese Technik setzt allerdings vo-

raus, daß Trainingsdaten existieren, die aus Paaren von Ein- und Ausgabedaten bestehen. Als weitere Lernvariante gibt es das „bestärkende Lernen“ (reinforcement learning). Im Gegensatz zum überwachten Lernen wird dem Netz hier lediglich mitgeteilt, ob seine Ausgabe korrekt oder inkorrekt war. Das Netz erfährt nicht den exakten Wert des Unterschiedes.

Es gibt aber sogar künstliche Neuronetze, die selbstständig lernen (unüberwachtes Lernen, unsupervised learning). Hierbei gibt es überhaupt keinen externen Lehrer, daher heißt dieses Lernparadigma auch self-organized learning. Das Netz versucht ohne Beeinflussung von außen die präsentierten Daten in Ähnlichkeitsklassen aufzuteilen. Etliche Netzwerktypen, die so etwas leisten, hat der Finne Teuvo Kohonen entworfen, insbesondere die „selbstorganisierenden Karten“ (self organizing maps, SOM, aufbauend auf Arbeiten des Bochumer Wissenschaftlers Christoph von der Malsburg). Eine SOM hat die Eigenschaft, eine beliebig große Anzahl von Datenobjekten, beispielsweise Kunden einer Bank, nach ihrer gesamthaften Ähnlichkeit zu ordnen. Die Datenobjekte können eine beliebige Anzahl von Attributen (etwa Alter, Umsatz, Vertragsdauer) enthalten. Die einzelnen Datenobjekte mit den verschiedenen Attributen werden auf einer Fläche (Map) solange verschoben, bis die insgesamt ähnlichsten Datenobjekte nebeneinander liegen.

### Stabilität vs. Plastizität

Natürlich lässt sich auch die Art und Weise der „Verdrahtung“ von künstlichen neuronalen Netzen verändern. Stephen Grossberg und Gail Carpenter von der Boston Universität haben zum Beispiel ein Feedback-Neuralnetz konstruiert, dessen synaptische Gewichte in einer Richtung anders sind als in der Gegenrichtung. In diesen Netzen bilden sich Resonanzen als stabilisierende Elemente aus, man nennt sie deshalb ART-Netze (Adaptive Resonance Theory).

ART-Netze sind selbstorganisierend und lernen unüberwacht. Ein Ziel insbesondere der ART-Netze ist es, eine Lösung des Konflikts zwischen Stabilität und Plastizität von künstlichen neuronalen Netzen zu finden: Sie sollen gelernte Muster behalten, trotzdem Neues leicht lernen und damit die alte Information nicht überschreiben – wie es ja natürliche Gehirne auch können. Andere künstliche Netzwerke können selbstständig lernen, sind also nicht auf ein Training angewiesen. Einige sind in der Lage, ihre eigene Struktur zu verändern und sich den verschiedenen Aufgaben anzupassen; auch das ist der Natur abgeschaut: Bei Neugeborenen gibt es zunächst zu viele Verbindungen zwischen den Neuronen im Gehirn, die bei zunehmender Erfahrung der Babies dann gekappt werden.

### Unscharfe Logik

„Unscharfe Logik“ scheint ein Widerspruch in sich zu sein. Wie kann Logik unscharf sein? Leicht entsteht der Eindruck, „Fuzzy“ nehme es mit der Mathematik nicht so genau – ungerechtfertigter Weise. Weniger plakativ,

aber zutreffender ist der Begriff „erweiterte Logik“: Vor fast 30 Jahren entwickelte Lofti A. Zadeh, Informatikprofessor in Berkeley, die Theorie der unscharfen Mengen (Fuzzy Logic Set). Diese erweitert die klassische Logik, indem sie Aussagen wie „ziemlich wahr“ oder „ein bißchen falsch“ mathematisch definiert.

Die quantitativen Begriffe des menschlichen Denkens sind unscharf. Eigenschaftswörter wie zum Beispiel groß, klein, dick, dünn lassen keine Aussage darüber zu, wieviele Zentimeter genau die Körpergröße oder der Bauchumfang einer Person beträgt. Eine exakte Zuordnung existiert nicht. Die Einordnung in Klassen hängt von den Umständen, also einer Vielzahl von Einflußgrößen ab. Man wäre schlecht beraten, wollte man die unscharfen Begriffe in scharfe Grenzen zwingen. Klassifizierungen wie „Hans wiegt 91 Kilogramm, also ist Hans dick, dagegen wiegt Petra nur 89 Kilogramm, also ist Petra dünn“ haben nur wenig Aussagekraft.

Fuzzy Logic ermöglicht die logische Verknüpfung unscharfer Begriffe, indem sie die scharfe Unterscheidung von wahr und falsch aufgibt. Anstelle der Booleschen Variablen wahr (1) und falsch (0) treten Wahrheitswerte, die von 0,0 bis 1,0 jeden beliebigen Zahlenwert annehmen können. Für das oben genannte Beispiel bedeutet dies, dass man die Gewichtsskala in Bereiche wie dünn – mittel – dick aufteilt. Je nachdem ob das gemessene Gewicht in der Mitte oder am Rand eines Bereiches liegt, wird den linguistischen Variablen dünn, mittel und dick ein Wahrheitswert zwischen 0,0 und 1,0 zugeordnet. Da sich die Bereiche überschneiden, kann ein bestimmtes Gewicht „noch mittel“ (mittel = 0,6) und gleichzeitig „ein bißchen dick“ (dick = 0,3) sein. Auf diese Weise gelingt es, exakte Messgrößen mit den unscharfen Begriffen des menschlichen Denkens zu verknüpfen. Fuzzy Logic übersetzt sprachliche Begriffe so, dass sie mit einem Computer verarbeitet werden können. Ihr unscharfer Charakter bleibt dabei erhalten.

Fuzzy Logic kann beispielsweise bei der Steuerung von verfahrenstechnischen Prozessen angewendet werden. Man stelle sich vor, die Brennstoffzufuhr in einer Heizkammer soll als Funktion von Druck und Temperatur in der Kammer geregelt werden. Dabei sei die Regel zu beachten: „bei sehr hoher Temperatur und Druck über dem Normalwert ist die Brennstoffzufuhr zu drosseln.“ Als Bestandteil eines Computerprogramms zur automatischen Steuerung kann diese Regel so formuliert werden: „Wenn (Temperatur größer 500 Grad Celsius) und (Druck größer 40 bar) dann (Brennstoffzufuhr drosseln)“. Diese Form der Steuerung wird bei einer Temperatur von 800 Grad und einem Druck von 39,5 bar die Brennstoffzufuhr unverändert lassen. Dagegen führt eine Temperatur von 501 Grad C und ein Druck von 40,5 bar zu einer Drosselung.

Ein erfahrener Anlagenfahrer wird sicher anders entscheiden. Eine relativ einfache Lösung des Problems kann mit Fuzzy Logic erreicht werden. Die Begriffe „sehr hoch“ und „über dem Normalwert“ sind unscharf. Folglich beschreibt man Temperatur und Druck durch linguistische Variablen. Anstelle einer Klassifizierung wie

(Temperatur sehr hoch) = wahr treten Wahrheitswerte wie (Temperatur niedrig) = 0,0, (Temperatur hoch) = 0,2 und (Temperatur sehr hoch) = 0,8.

Um Entscheidungen im Sinne von wenn..., dann... treffen zu können, müssen Vorschriften zur Verknüpfung der Wahrheitswerte definiert sein. Diese bezeichnet man als Operatoren. Die klassische (Boolesche) Logik kennt beispielsweise den Operator „und“. Dieser verknüpft zwei Bedingungen, denen jeweils der Wert „wahr“ oder „falsch“ zukommt. Das Ergebnis der Verknüpfung ist „wahr“, wenn beide Bedingungen „wahr“, also gleichzeitig erfüllt sind.

Die Definition von Operatoren zur Verknüpfung von Wahrheitswerten ist Inhalt der Theorie der Unschärfer Mengen. Auch hier gilt es, Operatoren zu definieren, die jedoch dem unscharfen Charakter des sprachlichen „und“ bzw. „oder“ Rechnung tragen. Das Fuzzy-Und gilt nun zum Beispiel dann als erfüllt, wenn zwei zu verknüpfende Aussagen Minimalwerte erfüllen. Hierin kommt zum Ausdruck, daß das sprachliche Und Komponenten einer Oder-Entscheidung enthält. Wenn jemand von einem tollen Haus spricht, sollte es groß sein und schön liegen. Ein Gebirgs- oder Seeblick kann da über eine schlechte Zufahrt oder den weiten Weg in die Stadt hinwegtrösten. Bei dem „Schön“ sind also bestimmte Minimalansprüche inbegriffen. Wie man erkennt, repräsentiert Fuzzy Logic mehr Information als die normale Logic. Deshalb kann sie auch nur durch gesteigerten Rechenaufwand verwirklicht werden.

### Kombinationen, Anwendungen, Ausblick

Trotz vieler ungelöster Fragen künstlichen neuronalen Netzen, Evolutionsalgorithmen, künstlichem Leben: Es gibt bereits eine Vielzahl von Anwendungen, die teils verschiedene Methoden miteinander kombinieren.

KNNs etwa lösen Aufgaben, für die konventionelle Computer kaum geeignet sind: Sie können Ähnlichkeiten entdecken, sind zudem fehlertolerant, weisen zum Teil Selbstorganisation auf. So nimmt man sie zur Prognose von Aktienkursen, wertet Herzrhythmen aus, untersucht biologisches Gewebe auf Krebszellen, konstruiert militärische Zielortungssysteme, lässt Neuronetze Handschriften lesen oder Sprache entschlüsseln, baut assoziative Speicher, Filter, die Rauschen in Signalleitungen unterdrücken, oder zieht die KNNs zur Datenkompression heran. Künstliche Neuronetze können beliebige nichtlineare Beziehungen zwischen erklärenden Variablen nachbilden (etwa Interaktion der Variablen „Werbeaufwand“ und „relativer Produktnutzen“ im Marketing). KNNs können prognostizieren und optimieren. Tagtäglich im Einsatz sind einige der hier aufgeführten Methoden in adaptiven Reglern der Prozesstechnik; Optimierungen in der chemischen Industrie bedienen sich KNNs et al. Man hat auch bereits eine künstliche Retina entwickelt, die optischen Täuschungen unterliegt wie die natürliche Netzhaut. Ebenso vermindert man den Programmieraufwand für komplexe Problemlösungen, bei denen man keinen Lö-

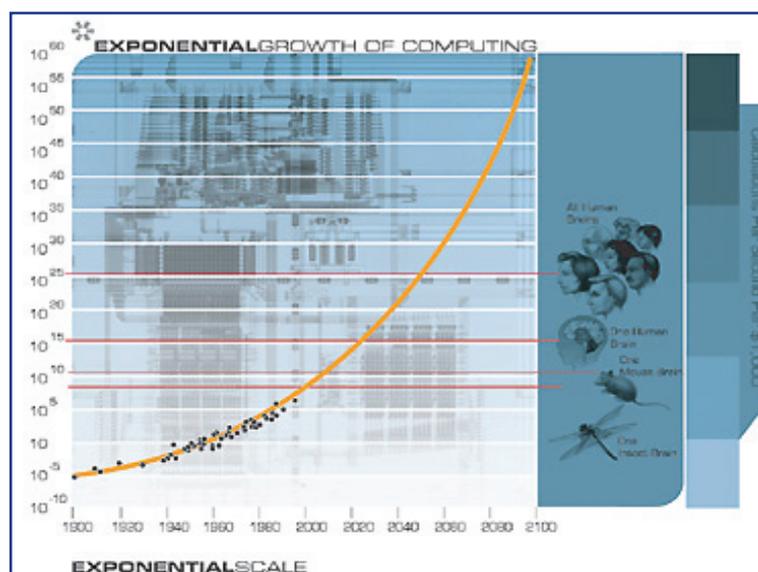
sungsalgorithmus vorliegen hat; und es gibt künstliche Nasen aus einem System von einfachen Sensoren (siehe Artikel in dieser CLB).

Diese Relevanz der KNN-Forschung für die Biologie setzt sich fort in dem Versuch, über künstliche neuronale Netzwerke die Funktionen des Gehirns verstehen zu lernen. Und die Philosophen haben bald genug Diskussionsstoff: Kann Bewußtsein auch in Systemen entstehen, die nicht aus biologischem Material bestehen? Können diese Systeme eines Tages die geistigen Leistungen des Menschen übertreffen? Hier ist auch der Berührungspunkt zu den AL-Forschungen – und nicht nur hier gibt es Verbindungen zwischen den in diesem Artikel angesprochenen Methoden.

So entwickeln die Wissenschaftler genetische Algorithmen, die optimale künstliche neuronale Netze für bestimmte Aufgaben ausfindig machen sollen. Die KNNs wiederum arbeiten mit Angaben, die ihnen Fuzzy Logic vermittelt. Und all das lässt sich einbinden in Expertensysteme, dem weiteren großen Gebiet der künstlichen Intelligenz. Dabei handelt es sich um Systeme, die Wissen und Erfahrung von Menschen allgemein verfügbar machen, die auch aus Fallbeispielen lernen können. Auch das Auffinden relevanter Daten aus großen Datenbeständen (data mining) bzw. das Erstellen neuer Wissensbasen (knowledge retrieval) bedient sich hier aufgeführten Methoden – wichtig etwa in der Bioinformatik zum Durchforsten von Gen- und Proteinbezogenen Datenbeständen. Bei all ihren Problemen: Betrachtet man ihr Zusammenwirken, dazu die schnelle Entwicklung der Computerhardware (Geschwindigkeits- und Speicherzuwachs, Parallelisierung), scheint sich ein unerschöpfliches Potenzial zu eröffnen. Die reale Weiterentwicklung dürfte teilweise den Skeptikern der künstlichen Intelligenz, aber auch den Enthusiasten Recht geben. Zu letzteren zählt Ray Kurzweil, bekannt durch Sprachsynthese- und Analyseprogramme. Er nimmt an, dass die Leistungsfähigkeit von Computern mit partiell neuronaler Struktur etwa um 2030 herum die menschlicher Gehirne erreicht (Abbildung 6).



Abbildung 6: Enthusiastische Sicht der Entwicklung der Computerleistung in Rechenzyklen pro Sekunde für jeweils 1000 Dollar teure Rechner (Abb.: Ray Kurzweil).



## Beste verfügbare Technik in der Chemie

**Wolfgang Hasenpusch**

Die Europäische IVU-Richtlinie veröffentlichte 1996 ein weitreichendes Programm, das besonders für die chemische Industrie existenzielle Bedeutung hat. Genehmigungs- und verfahrenstechnische Fachleute aus ganz Europa haben nach den Vorgaben dieser Richtlinie zur „Integrierten Vermeidung von Umweltschäden“ für 33 Branchen die „Besten verfügbaren Techniken“ diskutiert und in den einige hundert Seiten starken BREF-Dokumenten zu Papier gebracht. Mindestens zehn von ihnen betreffen die chemische Industrie direkt. Mit dieser branchenspezifischen besten verfügbaren Technik müssen sich ab November 1999 alle Neuanlagen oder wesentlichen Änderungen messen lassen, acht Jahre später auch alle Altanlagen. Entsprechende Überprüfungen des Genehmigungsbestandes sind vorgesehen und werden bereits ausgearbeitet.

### Die IPPC-Direktive, ein Meisterwerk für Nachhaltigkeit

Die europäische Richtlinie 96/61 EG „Integrated Pollution Prevention and Control“ (IPPC), vom Umweltbundesamt übersetzt zu „Integrierte Vermeidung und Verminderung von Umweltverschmutzung“ (IVU) [1], sollte von Anfang an ein Meilenstein auf dem Wege zur Nachhaltigkeit sein: die Richtlinie der Europäischen Gemeinschaft [2] beschreibt das eingangs mit 29 Ziel-Thesen. Dabei betont sie die vorsorglichen Kontrollen, den sorgsam Umgang mit Ressourcen sowie die Vermeidung und Verminderung von Emissionen insgesamt, unter integrierter Berücksichtigung von Abgasen, Abwasser und Abfällen.

Lange Zeit waren Genehmigungsbehörden damit einverstanden, wenn staubhaltige Abgase zwar in Wäschern gereinigt wurden, die dabei entstehenden Schlämme jedoch mit einer noch höheren Umwelt-

belastung deponiert werden und beispielsweise das Grundwasser belasten. Die Pfade in die Umwelt will die Richtlinie insgesamt betrachtet wissen. Das setzt auch bei den Genehmigungsbehörden eine erhöhte Kommunikation zwischen den Ämtern für Gewässerschutz, Emissionsschutz, Bodenschutz und Abfallwirtschaft voraus.

Den Ziel-Thesen folgen 23 Artikel. Sie beginnen im Artikel 2 mit den Definitionen. Darunter befindet sich auch die Definition von „Bester verfügbarer Technik“ (BVT), im Original „Best Available Techniques“: die effektivsten Methoden und Verfahren, um Emissionen insgesamt zu vermeiden oder auf ein praktikables Maß zu reduzieren.

Dieser neue Ausdruck unterscheidet sich von dem bekannten, ebenfalls unbestimmten Rechtsbegriff „Stand der Technik“ dadurch, dass er

- betriebswirtschaftliche und örtliche Gegebenheiten berücksichtigt,
- die technischen Besonderheiten der Anlagen einbezieht und
- branchenspezifisch in den BREF-Dokumenten beschrieben wird.

Die Grundpflichten der Anlagenbetreiber formuliert Artikel 3:

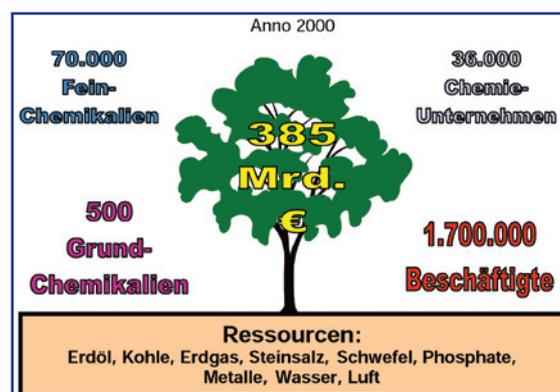
- Anwendung der besten verfügbaren Technik,
- keine wesentlichen Emissionen zu verursachen,
- Abfälle im Sinne der Abfallrichtlinien vermeiden,
- effiziente Energiewirtschaft einrichten,
- Vorkehrungen zur Unfallvermeidung und Folgenminderung treffen,
- Vorkehrungen für Emissions-Risiken und Rückführung in den regelkonformen Betrieb der Anlagen treffen.

#### Der Autor:

Prof. Dr. Wolfgang Hasenpusch, beschäftigt in der Chemischen Industrie als Referent für Sicherheit und Umwelt, hält darüber hinaus eine Honorar-Professur an der Universität Siegen in Industrieller Anorganischer Chemie mit den Schwerpunkten Innovationsmanagement, Recycling und Bionik. Das weite Spektrum an bearbeiteten Themen resultiert aus der vielfachen Dozenten-Tätigkeit am Deutschen Institut für Betriebswirtschaft, den Schulen der Berufsgenossenschaft Chemie sowie Universitäten. Seit 1999 gehört auch die Mitarbeit in verschiedenen Arbeitsgruppen zur Erstellung von BREFs zu seinen Aufgaben.



Abbildung 1: Daten der chemischen Industrie in Europa



# CLB – Memory

Die CLB-Beilage für Ausbildung in Chemie, Labortechnik,

Chemietechnik, Biologie und Biotechnik

September 2003

## Moderne Ionenanalytik (Teil 7): Maßanalyse

### Komplexierungs- und Redox titrationen

**Zu den Mechanismen, die man sich für maßanalytische Bestimmungen zu Nutze macht, gehören auch Komplexbildungs- und Redoxreaktionen. Dabei sind besonders die Karl-Fischer-Titration und Titrations mit EDTA-Lösung in heutigen Analytik-Labors weit verbreitet.**

Die erste Komplexbildungstiteration führte Liebig 1851 durch, indem er Cyanid mit Silbernitratlösung titrierte: Versetzt man eine schwach alkalische Alkalimetallcyanidlsung tropfenweise mit Silbernitratlösung, beobachtet man an der Eintropfstelle einen weißen Niederschlag. Beim Umschütteln löst sich das gebildete Silbercyanid sofort wieder auf, da es mit überschüssigem Cyanid einen löslichen Komplex bildet:  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  Dicyanoargentat I. Sind im Verlauf der Titration praktisch sämtliche Cyanidionen gebunden worden, erzeugt der erste überschüssige Tropfen Silbernitratlösung eine bleibende Trübung von Silbercyanid und die Titration ist beendet.

Ab 1945 entwickelte Schwarzenbach Titrationsverfahren für Metallionen mit Aminopolycarbonsäuren als Komplexbildnern (Abbildung 1). Heute kann man mit Hilfe dieser Komplexe die meisten Kationen sowie einige Anionen titrimetrisch bestimmen. Durch geeignete Wahl von Komplexbildner und Indikator, von pH-Wert und Art der Titration sowie durch Zusatz von Hilfskomplexbildnern kann man selektive Bestimmungen durchführen. Da-

durch lassen sich oft umständliche Trennungen vermeiden und die Analysen in kürzerer Zeit durchführen.

Als Komplexe bezeichnet man aus einzelnen Ionen oder Molekülen zusammengesetzte Teilchen (Ionen oder Moleküle). Die Ladung eines Komplexes ergibt sich als Summe der Ladungen seiner Bestandteile. Komplexe Teilchen sind auch in Lösung stabil und dissoziieren nur wenig in ihre Einzelbestandteile. Den Mittelpunkt eines Komplexes bildet das Zentralatom oder Zentralion. Regelmäßig verteilt um das Zentralteil liegen die Liganden. Den Zusammenhalt zwischen Zentralteil und Ligand bewirken koordinative Bindungen. Die Anzahl dieser Bindungen ent-

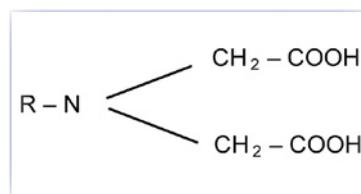


Abbildung 1: Aminopolycarbonsäuren, die die hier gezeichnete Gruppierung enthalten, bilden mit Metallionen stabile wasserlösliche Komplexe und wurden von Schwarzenbach Komplexone genannt. Damit legte er die Grundlage zur Komplexometrie.

spricht der Koordinationszahl. Die Koordinationszahl des Zentralteilchens gibt an, wieviel einzähnige Liganden gebunden sind. Unter Zhnigkeit versteht man die Zahl der möglichen oder tatsächlich betätigten Koordinationsstellen des Liganden. Komplexe mit mehrzhnigen Liganden heissen Chelate. Für die Stabilität von Komplexen sind thermodynamische und kinetische Faktoren bestimmend. Ein Mas für die thermodynamische Stabilität ist die Komplexbildungskonstante  $K_b$ , respektive die Dissoziationskonstante

$$K = \frac{1}{K_b}$$

Die Stabilität der Metallkomplexe ist durch die folgende vereinfachende Gleichung (hier mit EDTA, Ethylendiamintetraessigsäure als Ligand, Abbildung 2) definiert:

$$K_b = \frac{[\text{MeEDTA}]}{[\text{Me}^{2+}] \cdot [\text{EDTA}^4]}$$

Je grösser  $K$  ist, desto stabiler ist der Komplex (Tabelle 1).

Tabelle 1: Ausgewählte Komplexbildungskonstanten  $K_b$  für zwei Titriermittel (EDTA = Ethylendiamintetraessigsäure, NTA = Nitrilotriessigsäure). EDTA bildet stärkere Komplexe als NTA. Der Ligand hat mehr „Zähne“. Dreifach positiv geladene Metallionen bilden stärkere Komplexe als zweifach positiv geladene Metallionen (Daten: Metrohm).

Metallion	$K_b$ EDTA	$K_b$ NTA
Al(III)	16,1	–
Ba(II)	7,8	4,8
Bi(III)	27,9	–
Ca(II)	10,7	6,4
Cd(II)	16,5	9,8
Co(II)	16,3	10,4
Cu(II)	18,8	13,0
Fe(II)	14,3	8,8
Fe(III)	25,1	15,9
Hg(II)	21,8	–
Mg(II)	8,7	5,4
Mn(II)	13,8	7,4
Ni(II)	18,6	6,5
Pb(II)	18,0	11,4
Zn(II)	16,5	10,7

Die Kurven von Komplexbildungstitrationen verlaufen analog denen von Säuren und Basen beziehungsweise den Redox-titrationen als logarithmische Funktion der Titration. Dabei sind die Sprunggebiete um so ausgeprägter, je größer die Komplexbildungskonstante  $K_b$  ist und je höher die Konzentrationen von Titrand und Analyt sind.

Da EDTA mit allen Metallionen 1:1 Komplexe bildet (deren „Wertigkeit“ spielt dabei keine Rolle), wird das Titriermittel gewöhnlich in einer Konzentration von  $c = 0,1 \text{ mol/L}$  angesetzt. EDTA ist in Wasser praktisch unlöslich, sie wird meist als das gut lösliche Dihydrat des Dinatriumsalzes eingesetzt. Wichtig ist die Wahl des geeigneten pH-Bereichs, bei dem titriert wird. Die direkte Titration ist möglich, wenn die Komplexbildung rasch und vollständig verläuft. Andernfalls wird die indirekte Titration angewendet: Man gibt einen Überschuss EDTA zu, erwärmt eventuell und titriert mit  $\text{Mg(II)}$  oder  $\text{Zn(II)}$  zurück. Die getrennte Bestimmung von Gemischen verschiedener Metallionen nebeneinander in derselben Lösung ist in der Regel mit einer Titration nicht möglich. Es muss zum Beispiel bei verschiedenen pH-Werten, durch Umkomplexierung oder durch Zusatz von Maskierungsmitteln respektive durch Verwendung eines selektiveren Komplexbildners titriert werden. Man titriert fast immer in gepufferten Lösungen, da bei der Komplexbildung Protonen freigesetzt werden und die

Indikator	geeignet für:	Farbumschlag*
Brenzkatechinviolett	Bi, Cd, Co, In, Mn, Ni, Zn	blau - gelb
Dithizon	Zn	rot - grünviolett
Eriochromschwarz T	Ca, Cd, Hg, Mg, Pb, Zn	rot - blau
Murexid	Co, Cu, Ni	gelb - violett
Phthaleinpurpur	Ba, Ca, Sr	purpur - farblos
Tiron	Fe(III)	blau - gelb
Xylenorange	Al, Bi, La, Sc, Th, Zr	rot - gelb

Tabelle 2: Auswahl an Farbindikatoren für komplexometrische/chelometrische Titrationen. Sie bilden mit dem zu bestimmenden Metallion einen Farbkomplex der sich schlagartig ändert, wenn alle Metallionen durch das Titriermittel (um)komplexiert respektive abtitriert sind (Daten: Metrohm).

\* Metall – EDTA Überschuss

Komplexbildungskonstante pH-abhängig ist.

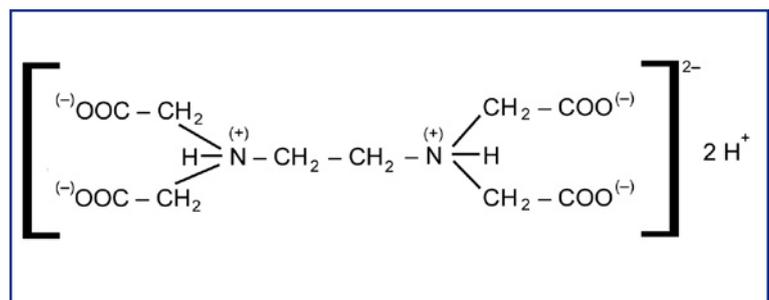
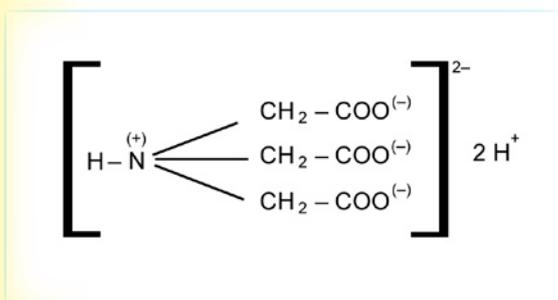
Zur Endpunkterkennung einer chelatometrischen Titration – beispielsweise mit EDTA-Lösung – verwendet man Indikatoren, die auf die Metallkonzentration mit einer Farbänderung reagieren. Solche Metallindikatoren sind zum Beispiel Eriochromschwarz T und Murexid (Tabelle 2). Diese Indikatoren bilden mit den Metallionen ebenfalls Chelatkomplexe, die eine andere Farbe aufweisen als die freien Indikatoren. Der Farbumschlag am Äquivalenzpunkt erfolgt durch den Zerfall des Metall-Indikator-Komplexes und das Auftreten der Farbe des freien Indikators. Die Stabilität des Metall-Indikator-Komplexes muss dabei geringer sein, als die des Metall-EDTA-Komplexes. Sie muss aber groß genug sein, um einen scharfen Farbumschlag zu gewährleisten. Näheres ist auch bei Jander Jahr „Maßanalyse“ nachzulesen.

### Redox-titrationen

Es gibt eine große Anzahl von Oxidations- und Reduktionstitrationen, die man im Allgemeinen nach dem Titriermittel benennt: Die Permanganometrie beispielsweise verwendet die selbstindizierende Kaliumpermanganatlösung und dient vor allem zur Bestimmung der Kationen des Eisens und des Mangans. Aber auch Uran und Calcium lassen sich so bestimmen. Schließlich kann man unter Verwendung von Hilfsreaktionen auch die Anionen Phosphat, Oxalat, Nitrit und Peroxodisulfat quantifizieren. Als Neutralstoffe können Wasserstoffperoxid und Hydroxylamin analysiert werden.

Ein zweiter sehr vielfältiger Bereich ist die Iodometrische Titration: Mit Hilfe einer Iodlösung als Titrand, einer Stärkelösung als Indikator und einer Natriumthio-sulfatlösung für Rücktitrationen lassen sich unter anderem Sulfide, Sulfite, Hydrazin, Arsen und

Abbildung 2: NTA und EDTA sind Beispiele für mehrzählige Liganden. NTA (links) hat vier zur Koordination befähigte Atome: Ein Stickstoff- und drei Sauerstoffatome der drei einbindigen Sauerstoff-Atome der Carboxylgruppen. EDTA (rechts) hat sechs koordinativ wirkende Atome: Zwei Stickstoff- und vier einbindige Sauerstoffatome der Carboxylgruppen.



Antimon, Chlorat und Bromat bestimmen. Zur Herstellung einer wässrigen Iodlösung verwendet man im Allgemeinen das wasserlösliche Kalium-Triiodid  $KI_3$ .

Den Endpunkt iodometrischer Titrations zeigt das Auftreten oder Verschwinden von Iod an. Lösungen, die außer Iod auch Kaliumiodid enthalten sind durch das tiefbraune komplexe Triiodidion  $I_3^-$  gefärbt. Auch in starker Verdünnung – bis zu etwa  $10^{-5}$  Mol pro Liter – erscheinen solche Lösungen noch gelb. Zur besseren Erkennung des Iod setzt man trotzdem noch etwas Stärkelösung hinzu. Stärke bildet mit Iod eine tiefblaue Verbindung, anhand derer sich noch Iodkonzentrationen von  $10^{-5}$  Mol pro Liter leicht erkennen lassen.

Eine Iodlösung ist auch Grundlage der wohl wichtigsten Redox-titration, die in nicht-wässrigem Lösungsmittel stattfindet: Die Karl-Fischer-Titration dient der Gehalts-Bestimmung von Wasser in verschiedensten Stoffen wie Lebensmitteln, organischen Lösungsmitteln und Arzneimitteln.

Weitere Redox-titrationen sind Dichromatometrische, Cerimetrische, Ferrimetrische und Bromatometrische Bestimmungen.

Notwendig für eine Redox-titration ist stets eine Redoxreaktion, die nach heutiger Definition auf der Übertragung von Elektronen beruht. Unter Oxidation ist die Abgabe von Elektronen, unter Reduktion die Aufnahme von Elektronen zu verstehen. Kommt ein Stoff in zwei Formen vor, die sich lediglich in der Anzahl ihrer Elektronen unterscheiden, bilden diese beiden Formen ein korrespondierendes Redoxpaar wie etwa  $Fe^{2+}$  und  $Fe^{3+}$ . Auch die Paare  $Mn^{2+} / Mn$  oder  $MnO_4^- / Mn^{2+}$  bilden jeweils ein solches Redoxsystem. An jeder Redoxreaktion müssen stets zwei korrespondierende Redoxpaare teilnehmen.

Zur Indikation von Redox-Titrationen verwendet man neben Farbreaktionen Edelmetallelektroden. Meist bestehen sie aus Platin, seltener werden Goldelektroden eingesetzt. Es empfiehlt

sich, kombinierte Elektroden zu benutzen. Gemessen wird das Redoxpotential (siehe CLB 07/2003, Seite M52).

Das Elektrodenpotential stellt auch hier – wie bei der anderen Donator-Akzeptor-Reaktion, der Säure-Base Reaktion – eine logarithmische Funktion der Konzentration dar. Dadurch erhält die (potentiometrische) Kurve ein ähnliches Aussehen, wie eine (Säure-Base) Neutralisationskurve. Die Höhe des Potentialsprungs wird von der Potentialdifferenz der beiden Redoxsysteme und ihrer Konzentration in der Lösung bestimmt. Je weiter die Redoxpotentiale von Probe und Titriermittel auseinander liegen und je höher deren Konzentration ist, desto größer und steiler wird der Potentialsprung.

Im Kurvenwendepunkt (beim Endpunkt) liegt ein Redox-Gleichgewicht vor, während vor und nach dem Endpunkt die eine oder andere Komponente überwiegt. Bei kombinierten Pt-Elektroden verläuft die Kurve nach „plus“, wenn das Titriermittel oxidiert und nach „minus“, wenn das Titriermittel reduziert. Viele Reduktionsmittel sind sauerstoffempfindlich. Das heisst, sie werden durch Sauerstoff aus der Luft oxidiert und entziehen sich der Bestimmung (Unterbefunde). Hier empfiehlt beispielsweise Metrohm, die Titrations unter Inertgas ( $N_2$  oder  $CO_2$ ) durchzuführen. Auch Rücktitrationen können vorgenommen werden, sind allerdings aufwändiger: Sie kosten mehr Zeit und es sind zwei Titerstellungen notwendig.

### Die Karl-Fischer-Titration

Wie bereits erwähnt sind Maßanalysen nicht nur in wässrigen Medien möglich. In einem Lösungsmittel wie Methanol kann man zum Beispiel Wasserspuren nachweisen. Allerdings muss man in einem möglichst abgeschlossenen System arbeiten, damit kein Wasser beispielsweise über die Luftfeuchtigkeit eindringen kann. Eine für Karl-Fischer-Titrationen verwendete Maßlösung enthält

sowohl das Oxidationsmittel Iod ( $I_2$ ) als auch das Reduktionsmittel Schwefeldioxid ( $SO_2$ ). Erst in Gegenwart von Wasser ( $H_2O$ ) erfolgt die Reaktion zu Schwefelsäure ( $H_2SO_4$ ) und Iodsäure (HI). Ist alles in der zu untersuchenden Substanz vorhandene Wasser verbraucht, ist der Endpunkt der Titration erreicht. Die Anzeige erfolgt im Allgemeinen elektrochemisch. Die klassische Technik zur Indikation von Redoxreaktionen – die stromlose Spannungsmessung an einer Edelmetallelektrode – hat sich für Karl-Fischer-Titrationen als wenig brauchbar erwiesen. Man verwendet hier eine bipotentiometrische Indikation: Zwei Platindrähte ragen als polarisierbare Elektroden in die Messlösung. Ein konstanter Strom polarisiert das Elektrodenpaar. Zur Indikation dient der Spannungsabfall am Endpunkt, der durch das Redopaar  $I_2/I^-$  möglich wird. Der Endpunkt gilt als erreicht, wenn ein bestimmtes Potential eine bestimmte Zeit (zum Beispiel 20 Sekunden) gehalten wird. Diese „Endpunktverzögerung“ ist typisch für Karl-Fischer-Titrationen, die eine relativ langsame Gleichgewichtseinstellung haben. Karl-Fischer-Titratoren wie zum Beispiel der KF-Titrator von Metrohm bieten die Möglichkeit diese Zeit je nach Bedarf individuell einzustellen. So kann man je nach untersuchter Matrix die Titration anpassen. Die Vielfalt der analysierbaren Stoffe zeigt ein Blick in die Liste der Application Bulletins von Metrohm (Tabelle 3).

Tabelle 3:  
Auswahl an Substanzen, die man mit Hilfe der Karl-Fischer-Titration auf Wasser untersuchen kann (Quelle: Metrohm).

Lösungsmittel	Lebensmittel	Kosmetika	Techn. Produkte
Aceton	Butter	Tagescreme	Frostschutzmittel
Benzol	Kondensmilch	Gesichtslotion	Fettsäuren
Chloroform	Malz	Haar-tonikum	Gelatine
Ethanol	Margarine	Handcreme	Heizöl
Glycerin	Pasta	Flüssigseife	Motoröl
Phenol	Reis	Zahnpasta	Holzstaub

## Multimedia- und Internet-Recht für Schüler

# Internet-Comics bringen den Durchblick

**Das Projekt remus („Rechtsfragen von Multimedia und Internet in Schule und Hochschule“) ergänzt sein Informationssystem um unterhaltsame online-Bildergeschichten für Kinder und Jugendliche.**

Darf ich meine neue Lern-Software kopieren und an meine Klassenkameraden weitergeben? Und wie sieht's aus mit Musik-CDs? Kann ich Bilder meines Lieblingsstars auf meine Homepage setzen? Diese und andere rechtliche Fragen zu Multimedia und Internet stehen im Mittelpunkt der Comics, mit dem das Informationssystem remus sein Angebot speziell für Schüler erweitert.

Pünktlich zum Schulbeginn am 1. September 2003 werden verschiedene Bildergeschichten rund um die Familie Ledroit und ihre „urheberrechtlichen Katastrophen“ online gehen, um auf verständliche und unterhaltsame Weise auf rechtliche Probleme hinzuweisen und Antworten zu geben. Über zusätzliche Links zu remus-Texten und anderen Informationsquellen

können sich die Jugendlichen weitergehend darüber informieren, was der Gesetzgeber erlaubt, wie er sie schützt und wovon sie lieber die Finger lassen sollten.

Die Comics mit den Ledroits finden sich unter der Adresse <http://remus.jura.uni-sb.de/comics/>. Hier findet sich unter anderem dieser aufschlussreiche Reim: *Am Telefon hört Mama dann, dass man Musik kopieren kann: „Für Freunde und für Verwandte ist erlaubt das Selbstgebrannte.“*

Remus ist ein Projekt des Instituts für Rechtsinformatik unter der Leitung von Professor Maximilian Herberger an der Universität des Saarlandes. Seit Projektbeginn 2001 wurde ein umfangreicher Informationspool erarbeitet, in dem Ratsuchende schnell und aktuell Informationen zu Rechtsfragen von Multimedia und Internet in der Bildung finden. Seit Februar



„Die CDs müssen weg“, Papa spricht, „doch in die Tonne gehören sie nicht. Man kann sie sammeln und mit etwas Glück, nimmt sie dein PC-Händler wieder zurück.“ (Zeichnung: Anna Goecke, Reim: Sonja Hampel)

2002 stehen rechtliche Probleme speziell von Schulen im Mittelpunkt des Projekts. Gefördert wird remus vom Deutschen Bildungsserver und vom Ministerium für Bildung, Kultur und Wissenschaft des Saarlandes.

## Elfklässler an der Uni Bonn

# Die beste Chemie-Klausur

Frank Luerweg

**Im Sommersemester drückten 125 Schülerinnen und Schüler an der Universität Bonn die Studienbank. Gut zwei Drittel von ihnen schlossen ihre Teilnahme am „Fördern, Fordern, Forschen“-Programm (FFF) sogar mit mindestens einem Schein ab. Sie erzielten teilweise hervorragende Ergebnisse.**

Arne Dresen aus der Jahrgangsstufe 11 des Aloisiuskollegs Bonn schrieb die beste Klausur in Organischer Chemie. Sebastian Hensel, Jahrgangsstufe 11 des St. Ursula-Gymnasiums in Brühl, lieferte die zweitbeste Klausur in Analysis 2 ab. Denis Klevers, der in diesem Jahr am Antoniuskolleg in Neunkirchen sein Abitur machte,

schrieb die zweitbeste Klausur in Experimentalphysik 2.

„Es ist schon bewundernswert, mit welchem Engagement die Teilnehmer ans Werk gehen“, sagt FFF-Koordinator Dr. Karl Leschinger; „und das alles neben ihrem Pensum, das sie zusätzlich noch für die Schule zu erledigen haben.“

Im kommenden Wintersemester geht FFF bereits in die fünfte Runde. Schüler und Schülerinnen können dann wieder Grundvorlesungen, Seminare und Übungen der Fächer Physik/Astronomie, Mathematik, Chemie, Informatik, Geowissenschaften, Jura und Volkswirtschaftslehre besuchen. Weitere Informationen, unter anderem zu den Anmeldeformalitäten, sind auf der Webseite [www.fff.uni-bonn.de](http://www.fff.uni-bonn.de) zu finden.



„Holst du dir etwas umsonst, paß auf, dass du nicht mehr bekommst. Denn manchmal hat, was da gecracked, Viren oder Dialer im Gepäck!“ (Zeichnung: Anna Goecke, Reim: Marc Brede, Sonja Hampel)

**Lösungen zu Seite M72: 1 a; 2 b; 3 b, d, f; 4 b; 5 a, c; 6 a, b, c, d, e; 7 c; 8 b, e, f; 9 a, c.**

## Statistik: Hochschulen in Deutschland

# Mehr Studierende, weniger Naturwissenschaftler

**N**ach Mitteilung des Statistischen Bundesamtes haben im Jahr 2002 in Deutschland insgesamt 208 600 Prüfungsteilnehmer ein Hochschulstudium erfolgreich abgeschlossen. Diese Zahl blieb im Vergleich zum Vorjahr nahezu unverändert. Entsprechend einer Umfrage der HIS Hochschul-Informationssystem GmbH Hannover steigt die Studierfreudigkeit nach kontinuierlichem Rückgang in den 90er Jahren allerdings wieder an.

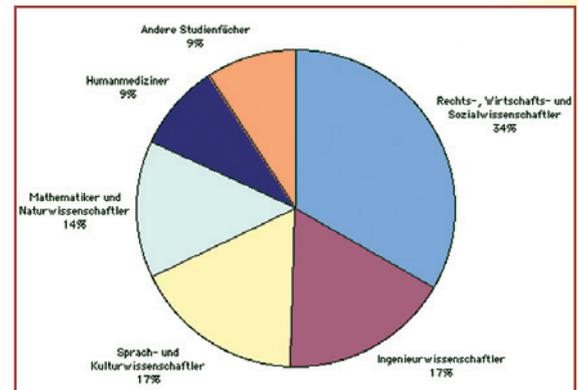
69 Prozent der studienberechtigten Schulabgänger 2002 streben nach der Umfrage im Dezember 2002 einen Abschluss an Universitäten oder Fachhochschulen an. Berücksichtigt man zudem diejenigen, die eine Ausbildung an Verwaltungsfachhochschulen und an Berufsakademien gewählt haben, liegt die Studierquote bei drei Vierteln aller Studienberechtigten. Der Wiederanstieg der Studierneigung ist am stärksten bei Studienberechtigten mit Fachhochschulreife. Bei Lehramtsprüfungen ist nach vorherigem kontinuierlichem Absinken eine Trendwende eingetreten. Auch die mit einem Bachelor-Grad abschließenden Studiengänge finden – wenn auch noch auf sehr niedrigem Niveau – stärkeres Interesse. Wirtschaftswissenschaften sind nach wie vor die beliebteste Studienrichtung. Anders als bei den Natur- und Ingenieurwissenschaften sind die Kultur- und Sprachwissenschaften und Sozialwissenschaften/Sozialwesen durch stabile bis steigende Wahlanteile gekennzeichnet.

Laut Statistischem Bundesamt erwarb annähernd die Hälfte der Hochschulabsolventen 2002 ein Universitätsdiplom oder einen vergleichbaren akademischen Grad, knapp ein Drittel ein Fachhochschuldiplom. Elf Prozent Studierende haben ein Lehramtsstudium, elf Prozent ein Promoti-

onsstudium und zwei Prozent ein Bachelor- oder Masterstudium mit Erfolg beendet.

Die meisten Absolventen sind Rechts-, Wirtschafts- oder Sozialwissenschaftler. Die Zahl der bestandenen Abschlussprüfungen an Hochschulen hat sich 2002 im Vergleich zum Vorjahr insgesamt kaum verändert. Weniger Hochschulabsolventen gab es allerdings in einigen ingenieur- und naturwissenschaftlichen Studiengängen: Im Vergleich zum Jahr 2001 nahm die Zahl der Absolventen im Studienbereich Physik um 9,2 Prozent, in der Chemie um 5,9 Prozent und in der Elektrotechnik um 5,4 Prozent ab. Dagegen stieg die Zahl der erfolgreich abgelegten Hochschulprüfungen im Studienbereich Informatik erneut an.

93 Prozent der Hochschulabsolventen waren Deutsche. Diese waren bei Abschluss des Erststudiums im Durchschnitt 28,0 Jahre alt und haben im Mittel 6,0 Jahre studiert.



Die meisten Hochschulabsolventen sind Rechts-, Wirtschafts- oder Sozialwissenschaftler (Grafik: Bulmahn, Datenquelle: Statistisches Bundesamt).

### „Selbstführung“ – schnelle Verwirklichung persönlicher Ziele

Im Berufs- und privaten Alltag gilt es so manche psychische Barriere zu überwinden, um den steigenden Anforderungen an die eigene Person gerecht zu werden. Dabei tritt oft die Frage auf, wie man einem erfüllteren und zufriedenstellenderen (Arbeits-)Leben näher kommt.

Die Antwort darauf will die „Selbstführung“ geben, ein neues Forschungsgebiet, mit dem sich Prof. Dr. Günter F. Müller, Arbeits- und Organisationspsychologe an der Universität in Landau, beschäftigt. Selbstführung, metaphorisch auch als Anleitung und Entwicklung „innerer Mitarbeiter“ zu bezeichnen, ist die bewusste und gezielte Aktivierung, Steuerung und Stärkung psychischer Ressourcen und Potenziale der eigenen Person.

In einer Reihe aktueller Veröffentlichungen und empirischer Studien analysiert der Landauer Wissenschaftler, welche Rolle Selbstführung für lebenslanges Lernen, für eine Selbstverwirklichung im Arbeitsleben und für die Herausbildung unternehmerischer Berufsinteressen spielt. Darüber hinaus hat der Forscher einen Fragebogen zur Diagnose der Selbstführungskompetenz entwickelt und eine Begleitdokumentation für Trainingsveranstaltungen in diesem Bereich verfasst. Laut Müller ist Selbstführung ein breiteres Konzept als das verwandte und bereits länger bekannte Selbst- oder Zeitmanagement. Denn Selbstführung schließt immer auch das Streben nach Authentizität und ganzheitlicher Entwicklung der Person mit ein.

Kontakt für weitere Informationen zu diesem Thema unter [fmuller@uni-landau](mailto:fmuller@uni-landau). Über diese Adresse kann gegen eine Schutzgebühr von 10,- Euro auch die Trainingsdokumentation inklusive Selbstführungsfragebogen bestellt werden.

### Aus der Bildungslandschaft

- Die Tele-Akademie der Fachhochschule Furtwangen erweitert Ihr Angebot um Elemente des **Live-E-Learnings**, die zeitgleiche Interaktionen von Trainern und Lernenden ermöglichen. Als Werkzeuge dienen zum einen der virtuelle Seminarraum der netucate systems GmbH sowie im Rahmen einer Projektpartnerschaft die Neuentwicklung Vitero (Virtual Team Room) von Fraunhofer IAO in Stuttgart.
- Ab sofort liefert **www.studienwahl.de**, die Online-Schwester von „Studien- und Berufswahl 2003/2004“, alle aktuellen Informationen der Printversion und noch viel mehr: Eine wöchentlich aktualisierte Datenbank macht das gesamte Studienangebot aller Hochschulen in Deutschland verfügbar.
- Die Universitäten in Bayern, Thüringen, Baden-Württemberg und Bremen sind in den Naturwissenschaften führend. Das zeigt ein **Ländervergleich des CHE Centrum für Hochschulentwicklung**, in den vier ausgewählte Indikatoren aus dem CHE-Hochschulranking eingegangen sind. Die Fakultäten konnten auf den Feldern Gesamturteil der Studierenden, Reputation bei Wissenschaftlern des Fachgebiets, Studiendauer und Forschungsaktivität Punkte sammeln.
- Eine optimale Berufsbildung sichert Zukunftschancen. Bis zu dieser heute selbstverständlichen Feststellung führte ein langer Weg. Berufspädagogen der Universitäten von Dortmund arbeiten an einer umfassenden **Modernisierungsgeschichte der gewerblichen Lehrlingserziehung**. Band 2 soll im September erscheinen.
- Informationen zu Forschung und Bildung gibt es bei **internationale-kooperation.de** jetzt auch zur Türkei. Zusätzlich finden Sie Länderinformationen zu den G8-Ländern Frankreich, Großbritannien Italien, Japan, Kanada, Russland und USA, sowie zu Polen, Ungarn, Tschechien, Ukraine, Indien, Vietnam, Brasilien, Chile und Südafrika. Weitere Länder folgen kontinuierlich.
- Die Universität Göttingen richtet den **Aufbaustudiengang „Master of Arts in Education“** ein. Das viersemestrige Studium wendet sich an Absolventen mit Diplom-, Magister- oder Bachelorabschluss in einer Studienrichtung, die als Unterrichtsfach gelehrt wird.
- Die Universität Kaiserslautern führt ab sofort ihren neuen Namen **„Technische Universität Kaiserslautern“**.
- Der bislang bundesweit einmalige weiterbildende **Fernstudiengang „Umwelt & Bildung“** der Universität Rostock bietet die Verknüpfung von umweltbezogenem Fachwissen und pädagogischen Grundlagen der Erwachsenenbildung. Nach erfolgreichem Abschluss des berufsbegleitenden Studiums wird der akademische Grad „Master of Arts“ für Bildungsumweltmanagement verliehen.

## Auf dem „umgekehrten Weg“

### Ein Amerikaner in Witten

**V**iele Wissenschaftler absolvieren einen Teil ihrer Ausbildung im Ausland, um international Erfahrung zu gewinnen. Für deutsche Wissenschaftler führt der Weg zumeist nach England oder in die USA. Für Theodore Drell aus New Orleans verlief der Weg genau anders herum.

Für Drell stand früh im Leben fest, dass er Forscher werden wollte: „In diesem Beruf steht die Neugier im Mittelpunkt“, beschreibt er seine Motivation. Bevor er zum Studium in Deutschland zugelassen wurde, hatte er einige bürokratische Hürden zu nehmen. Eine Erfahrung, die wahrscheinlich auch jeder Deutsche in den USA macht, wie Drell anmerkt. Im Studium fand er überraschend viele Unterschiede zu seinen bisherigen Eindrücken aus den USA. „Das Studium ist insgesamt viel stärker verschult. Dadurch kommt man erst relativ spät dazu, selber zu forschen.“ Daher betätigte er sich neben seinem Biologiestudium in Bochum wissenschaftlich am Max-Planck-Institut in Dortmund.

Zur Zeit arbeitet er an der Universität Witten/Herdecke an



„Andere wollen Lokführer oder Feuerwehrmann werden, ich eben Forscher“, meint der Amerikaner Theodore Drell (Foto: Universität Witten/Herdecke).

seiner Promotion zum Thema Zellmigration. Die Vorteile, die Drell an dieser privaten Universität sieht, liegen darin, dass junge Wissenschaftler intensiv betreut werden aber gleichzeitig ein hohes Maß an Eigeninitiative gefordert wird. Die Forschung in Deutschland brauche sich laut Drell nicht zu verstecken. Er ist in den USA häufig auf Misstrauen gegenüber ausländischen Forschungsgruppen gestoßen. Europäische Wissenschaftler dagegen zeigten sich offener gegenüber neuen Ideen und Konzepten.

Weichmacher halten Kunststoffprodukte geschmeidig. Sie werden in so vielen Bereichen des täglichen Lebens verwendet, dass man von einem „ubiquitären“ Vorkommen spricht. Zu den am häufigsten verwendeten Weichmachern gehört Diethylhexylphthalat, kurz DEHP. Die Substanz gilt im Hinblick auf ihre Gesundheitsgefährlichkeit als „gut untersucht“. Trotz der schädlichen Wirkungen, die DEHP auslösen kann, werden weitergehende risikominimierende Maßnahmen nur für Kinder, nicht aber für erwachsene Verbraucher für erforderlich gehalten. Begründet wird dies damit, dass sich die geschätzte tägliche Aufnahmemenge an DEHP innerhalb der tolerierbaren Dosis bewegt. Dieser Einschätzung hat das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) jetzt widersprochen und stützt sich dabei auf neue Untersuchungsergebnisse der Universität Erlangen. Danach ist die tägliche DEHP-Aufnahme möglicherweise deutlich höher als bisher angenommen. Wichtige Quelle könnten Lebensmittel sein. Das BfR hat das Europäische Chemikalienbüro (ECB) auf die neuen Studienergebnisse hingewiesen und insbesondere im Hinblick auf die fortpflanzungsschädigende Wirkung von DEHP um Revision der Bewertung gebeten.

## Nachwachsende Rohstoffe Teil 7: Grüne Biomasse

# Bioraffinerien erzeugen Energie und Ethanol

**I**n Bioraffinieren kann man neben Energie auch Polymere, Lösungsmittel, Pharmaprodukte und Futtermittel erzeugen. Milchsäure spielt dabei eine wichtige Rolle als Zwischenprodukt. So könnte die Biomasse als nachwachsender Rohstoff zukünftig helfen, den Verbrauch fossiler Kraftstoffe wie Erdöl einzuschränken.

Die weltweit erste Großanlage zur Produktion von Polymeren aus Biomasse steht seit April 2002 in Nebraska, USA. Hier produziert Cargill-Dow etwa 140 000 Jahrestonnen eines Kunststoffes (PLA) für Verpackungen und Fasern. Das Unternehmen Cargill Inc., der größte Getreidehändler in den USA, und das Unternehmen Dow Chemical Company, das vor allem Polymerforschung betreibt, haben sich 1997 zusammengetan und Cargill Dow LLC gegründet.

### Mais in Nebraska

Grundlage für PLA ist Milchsäure, die man in der Raffinerie aus Mais gewinnt. Man mahlt den Mais und erzeugt aus der Maisstärke Glucose. Diese wandelt ein Fermenter in Milchsäure um. Die kondensierte

Säure verschmilzt man zu Polymilchsäure. Das nach erneutem Mahlen entstandene Granulat lässt sich auf herkömmlichen Maschinen zur Plastikverarbeitung einsetzen. Es kann auch versponnen werden. Durch seine glasklare Beschaffenheit eignet sich PLA vor allem für hochtransparente Verpackungen und Folien. Kunststoffe auf Milchsäurebasis setzt man auch im medizinischen Bereich bereits erfolgreich ein – zum Beispiel als vom Körper abbaubares Nahtmaterial. Wie man aus Stärke selber Kunststofffolie herstellen kann, zeigten wir in CLB 01/2003 auf Seite M6.

### Getreidestroh in Tulln

Bioraffinerien können nicht nur Mais verarbeiten. Am Interuniversitären Forschungsinstitut für Agrarbiotechnologie (IFA) in Tulln, Österreich, will man Getreidestroh zur Stromerzeugung nutzen. Stroh enthält hohe Anteile an anorganischen Verbindungen wie Kaliumchlorid oder Silikate. Diese Verbindungen machen eine Verfeuerung von Stroh bei hohen Temperaturen, wie sie für die Stromerzeugung notwendig wären, unmöglich. Die Folge wäre eine Korrosion und Ausbildung einer kristallinen Schicht am Wärmetauscher. Die IFA-Forscher versuchen, die im Stroh enthaltenen anorganischen Verbindungen vor der Verfeuerung zu eluieren. Das Abtrennen der Salze erfolgt bei etwa 150 Grad Celsius, wodurch man neben den Salzen auch Aldosen gewinnt. Die flüssige Phase will man als Rohstoff für die Fermentation einsetzen. Als Fermentationsprodukt wird neben Ethanol auch die bereits erwähnte Milchsäure untersucht. Die eigentliche Fermentation erfolgt bei 60-70 Grad Celsius mit thermophilen Bakterien. Den festen getrockneten Rückstand verfeuert man und erzeugt so Strom.



### Grünlandbiomasse in Wien, Schaffhausen und Karlsruhe

Man will auch Gras zur Produktion von Kraft- und Brennstoffen, für Kosmetik- und Pharmaprodukte, Nahrungs- und Futtermittel sowie Faserprodukte und Werkstoffe nutzen. Dieses Ziel hat das Projekt „Die Grüne Bioraffinerie Österreich – Nutzung von Grünlandbiomasse als nachwachsender Rohstoff“ von Joanneum Research in Zusammenarbeit mit dem Institut für Lebensmitteltechnologie an der Universität für Bodenkultur und dem Kornberg Institut für nachhaltige Regionalentwicklung und angewandte Forschung. In der „Grünen Bioraffinerie Österreich“ soll in Analogie zu einer Erdölraffinerie der Rohstoff „Grünlandbiomasse“ in einer einzigen Verarbeitungsanlage möglichst vollständig und ohne Anfall von Abfällen zu einer Vielzahl verkaufbarer Produktgruppen weiterverarbeitet werden. Die

Schlackeaustrag am Flugstrom-Druckvergaser zur Gewinnung von Synthesegas aus Biomasse bei Future Energy in Freiberg (Foto: Forschungszentrum Karlsruhe)

### Wichtige Begriffe

**Aldose:** Monosaccharid mit mindestens drei C-Atomen und endständiger Aldehydgruppe.

**Cellulose:** Polysaccharid, das als Bestandteil pflanzlicher Zellwände das mengenmäßig bedeutendste Biopolymer in der Natur ist.

**Grüne Biomasse:** Gesamtheit der lebenden, toten und zersetzten Pflanzen einschließlich der von ihnen produzierten organischen Substanz an einem Ort.

**PLA:** Poly Lactid Acid (Poly-Milchsäure), ein glasklarer Kunststoff.

**Schnellpyrolyse:** Zersetzung beim schnellen Erhitzen unter Luftausschluss.

Schlüsselprodukte dabei sind wiederum Milchsäure und Aminosäuren. Außerdem fallen auch hier Salze als Nebenprodukte an und sollen in Form von Dünger in den landwirtschaftlichen Produktionskreislauf rückgeführt werden.

In der Bioraffinerie im schweizerischen Schaffhausen stellte man aus Gras Ökostrom und Ökogas, Isolationsmaterial für die Baubranche und Proteinkonzentrate für Tierfutter her. Nach zwei Jahren hat man die Anlage allerdings wieder stillgelegt. Die Anlage war ökonomisch weit weniger erfolgreich als ökologisch.

Ein großer Kostenfaktor sind häufig lange Transportwege der Biomasse zur Raffinerie. Ein im Forschungszentrum Karlsruhe entwickeltes zweistufiges Verfahrenskonzept soll dieses Problem lösen. In dezentralen Anlagen will man zuerst die trockene und zerkleinerte Cellulose aus Holz oder Stroh durch Schnellpyrolyse verflüssigen.

Dabei entsteht ein pumpfähiger Rohteer-Koks-Slurry. Das Gemisch aus Pyrolyseöl und -koks hat eine zehnmal höhere Energiedichte als die ursprüngliche Biomasse. In Bahnkesselwagen kann der Slurry zu einer zentralen Großanlage transportiert werden. In dieser Großanlage wird dann in einem speziellen Flugstrom-Druckvergaser (siehe Abbildung Seite M71) aus dem Slurry ein Synthesegas erzeugt, das nach einer Aufbereitung mit industriellen Verfahren in Kraftstoffe und Chemikalien umgewandelt werden kann. Das größte verfahrenstechnische Problem war die Verarbeitung des Slurries zu einem teerfreien Synthesegas. In Europa gibt es nur eine Pilotanlage bei Future Energy in Freiberg, die den hochkonzentrierten und stark aschehaltigen Slurry bei hohem Druck in Synthesegas umwandelt. Dieser Vergaser ist mit einem speziellen Kühlschirm ausgerüstet und kann auch Brennstoffe mit

hohen Aschegehalten und wechselnden Ascheschmelzpunkten verarbeiten. Dies trifft besonders auf schnellwachsende landwirtschaftliche Restbiomasse wie Stroh zu. Mit einem bei Future Energy entwickelten Brenner ist es möglich, den feststoffhaltigen Slurry direkt mit Sauerstoff zu zerstäuben und umzusetzen. In weiteren Messkampagnen wird der Einfluss wichtiger Prozessparameter wie Temperatur, Durchsatz und Synthesegaszusammensetzung untersucht, um Fragen zur technologischen Umsetzung und Wirtschaftlichkeit im Detail zu beantworten. Über die Ermittlung optimaler Betriebsbedingungen im Vergaser hinaus wird unter anderem das Schlackenverhalten und die Schlackenverwertung als Düngemittel untersucht. Die Wärmerückgewinnung und die Erhöhung des Vergaserdrucks sind weitere Schwerpunkte der künftigen Forschung und Entwicklung. MB

## Fragen zu Grundlagen der Chemie

Mehrere richtige Antworten sind möglich.

- |   |   |  |
|---|---|--|
| <p><b>1</b> Welcher Name ist für das Salz <math>\text{H}_3\text{C}-\text{CH}(\text{OH})-\text{COO}^- \text{Na}^+</math> zutreffend?</p> <p>a Natriumlactat<br/>b Natriumformiat<br/>c Natriumacetat</p>   | <p><b>4</b> Wie nennt man die säurekatalysierte Umsetzung von Carbonsäuren mit Alkoholen?</p> <p>a Verseifung<br/>b Veresterung<br/>c Verbrennung</p>   | <p><b>7</b> Zwei Carbonsäuren können miteinander reagieren zu</p> <p>a einem Ether<br/>b einem Ester<br/>c einem Anhydrid<br/>d einer Fettsäure</p>  |
| <p><b>2</b> Welcher Name ist für das Salz <math>\text{H}-\text{COO}^- \text{NH}_4^+</math> zutreffend?</p> <p>a Ammoniumlactat<br/>b Ammoniumformiat<br/>c Ammoniumacetat</p>   | <p><b>5</b> Essigsäureisobutylester</p> <p>a hat fast den gleichen Siedepunkt wie Essigsäure<br/>b liegt als Dimeres vor<br/>c ist Bestandteil im Bananen-Aroma<br/>d dient der Herstellung von Barbituraten</p>                                | <p><b>8</b> Welche Verbindung ist ein cyclisches Anhydrid?</p> <p>a Essigsäureanhydrid<br/>b Maleinsäureanhydrid<br/>c Fumarsäureanhydrid<br/>d Benzoesäureanhydrid<br/>e Bernsteinsäureanhydrid<br/>f Phthalsäureanhydrid</p> |
| <p><b>3</b> Welche Aussage ist richtig?</p> <p>a Seifen sind Fettsäuren<br/>b Seifen setzen die Oberflächenspannung von Wasser herab<br/>c Hauptbestandteil von Kernseifen ist Kaliumstearat<br/>d Seifen entstehen durch Fettspaltung<br/>e Seifen enthalten mindestens 20 C-Atome<br/>f Der hydrophobe Molekülteil macht Seifen wasserlöslich</p> | <p><b>6</b> Salicylsäure</p> <p>a enthält eine phenolische Hydroxy-Gruppe<br/>b enthält eine Carboxy-Gruppe<br/>c reagiert mit Methanol zu Salicylsäuremethylester<br/>d reagiert mit Essigsäure zu Acetylsalicylsäure<br/>e ist kristallin</p> | <p><b>9</b> Was kann aus der Reaktion von einer Dicarbonsäure mit einem Diamin entstehen?</p> <p>a Polykondensat<br/>b Polyether<br/>c Polyamid<br/>d Polyester<br/>e Polyimid<br/>f Polycarbonat</p>                          |

Neben der besten verfügbaren Technik verlieren nationale Umweltstandards nicht an Bedeutung, wie Artikel 10 festlegt. Aufsichtsbehörden sind in Artikel 13 aufgerufen, gegebenenfalls Genehmigungen zu aktualisieren. Die Beteiligung der Öffentlichkeit wird ebenso zitiert wie das dreijährige Zusammentragen von Emissionsdaten durch die Mitgliedsstaaten der anwachsenden Europäischen Gemeinschaft.

Die Europäische Kommission hat schließlich einen internationalen Informationsaustausch zwischen Behörden und der Industrie zu organisieren, bei dem die erreichbaren Emissions-Grenzwerte mit den dazugehörigen besten verfügbaren Techniken in BREFs niederzulegen und der Öffentlichkeit zugänglich zu machen sind. Die Aktualität von erreichbaren Grenzwerten und der entsprechenden Technik und Fahrweise sind in dreijährigen Abständen zu überprüfen. Dieser, in Artikel 16 definierte Informationsaustausch schließt auch die Umweltverbände und Interessengruppen, die NGOs (non-governmental organisations) mit ein, die jedoch bisher recht wenig von ihrem Recht Gebrauch machten. Für die Koordination des recht umfangreichen Informationsaustausches verpflichtete die Europäische Kommission, Direktion Umwelt, das IPTS-Institut, das Institut für technische Zukunftsforschung im spanischen Sevilla.

Die chemische Industrie stellt zwar eine der Haupt-Zielbranchen dar, ist jedoch mit ihren vielen Stoffen und Verfahrensvarianten nicht in idealer Weise geeignet, sich zu BREF-Dokumenten verdichten zu lassen. Abbildung 1 verweist auf einige Daten der Europäischen Chemie-Industrie. Mit mindestens zehn der vermutlich 33 BREFs ist die chemische Industrie jedoch in der gesamten Breite von den BREFs betroffen, besonders aber die Bereiche

- Chlor-Alkali-Elektrolyse,
- Anorganische Großchemikalien: Säuren, Ammoniak und Dünger,
- Anorganische Großchemikalien: Feststoffe u.a.,
- Anorganische Feinchemikalien,
- Organische Großchemikalien,
- Organische Feinchemikalien,
- Polymere,
- Abwasser- und Abgasbehandlung,
- Abfallbehandlung
- Emissions-Überwachung.

Daneben sind die Produktionen der chemischen Industrie beispielsweise von „Kühlsystemen“, „Energie-Effizienz“, „Lagerhaltung“, „Raffinerien“, „Metallen“, „Zellstoffen“, „Keramik“, „Zement“, „Mining“, „Oberflächenbehandlung mit Lösungsmitteln“, u. a. ebenso direkt oder indirekt tangiert.

Referenz-Dokumente, die für alle Branchen Gültigkeit haben, werden auch „Horizontale BREFs“ genannt. Zu ihnen zählen Abwasser-, Abgas- und Abfallbehandlung sowie Kühlsysteme, Energie-Effizienz und Lagerhaltung. Ebenso gilt der horizontale BREF

„Medienübergreifende Reinigung und Kostenbetrachtung“ (Cross media and economics) zu den allgemein geltenden Dokumenten.

Eine vollständige Original-Liste bisher erschienener und geplanter BREFs, wie sie auch auf der EIPPCB-Homepage steht, wird im Anhang zitiert.

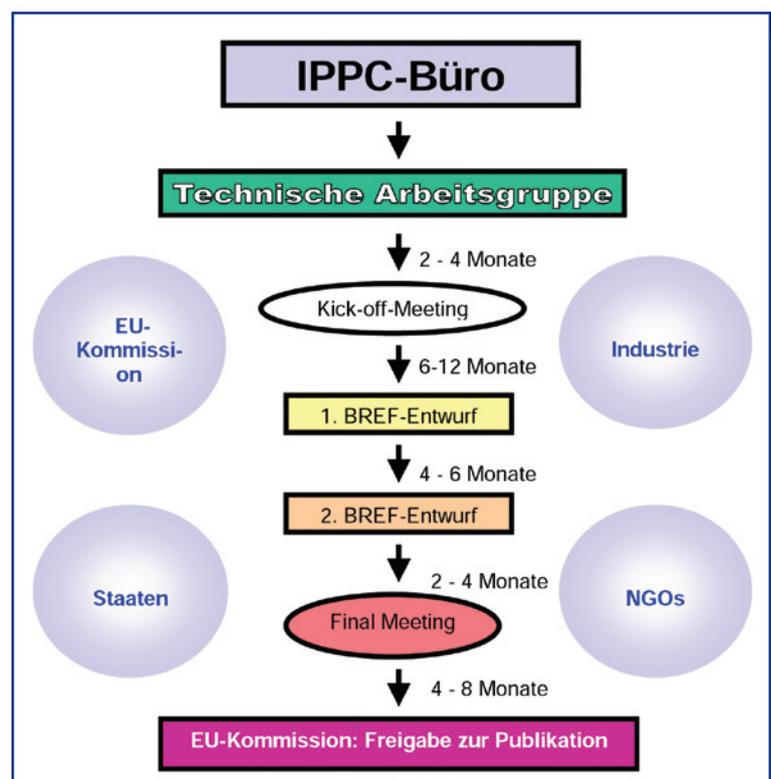
## Das Koordinations-Büro in Sevilla

Das IPTS-Institut (Institute for Prospective Technological Studies) ist in dem Europäischen World Trade Center untergebracht, einer rostigen Pyramide, Überbleibsel der Weltausstellung von 1992 am Guadalquivir-Fluß, der die malerische andalusische Hauptstadt Sevilla teilt.

Das IPTS-Institut, seinerseits Teil des Vereinigten Forschungszentrums der Europäischen Union (EU Joint Reserch Centre), beherbergt das Europäische IPPC-Büro. Das Büro organisiert unter Vorsitz von Don Litten, Chemotechniker aus Großbritannien, das Forum für Informationsaustausch (Information Exchange Forum, IEF) sowie eine Anzahl von Arbeitsgruppen, die innerhalb der 33 Industrie-Sektoren, die das IVU-Regelwerk vorgibt, den jeweiligen Stand der besten verfügbaren Technik diskutieren und schriftlich niederlegen. Für jeden dieser Sektoren rekrutiert das IPPC-Büro für ein bis zwei Jahre einen verantwortlichen Rapporteur, der die zahlreichen Diskussionsbeiträge, Eingaben und Ausarbeitungen der betroffenen Verbände, Protokolle der Arbeitsgruppen und Kommentare auf der international zugänglichen Netz-Plattform „eippcb.jrc.es“ zu einem Entwurf zusammenzufassen hat.



Abbildung 2: Entstehung eines BAT-Referenz-Dokuments, BREF



# Generelle BREF-Struktur

## Zusammenfassung, Hinweise, Rahmen

1. Generelle Informationen
2. Industrielle Prozesse
3. Derzeitige Emissionen, Ressourcen-Verbrauch
4. Technisch erreichbare Emissionswerte
5. Beste verfügbare Technik
6. Neue Methoden in der Entwicklung
7. Ergebnisse

## Anhänge



Abbildung 3:  
Inhalt der  
BVT-Referenz-  
Dokumente

Nach einem weiteren korrigierten Entwurf verabschiedet die Europäische Kommission das jeweilige Referenz-Dokument zur „besten verfügbaren Technik“ (BREF) und veröffentlicht es auch auf der Homepage des EIPPC-Büros. Einen detaillierten Eindruck über die Entstehung eines BREF-Dokuments zeigt Abbildung 2.

Wie auch in anderen Ländern präsentierte das Büro gemeinsam mit dem Umweltbundesamt, Berlin, die Umsetzung der IVU-Richtlinie und erste Erfahrungen in den Mitgliedsstaaten auf der Europäischen Konferenz am 6. und 7. April 2000 in Stuttgart unter dem Titel „Der Sevilla-Prozeß: Ein Antrieb für fortschreitenden Umweltschutz in der Industrie“ [3].

450 Delegierte aus 25 Staaten bekannten sich zu dem „Sevilla-Prozeß“, einem zentralen Element Europäischer Umwelt- und Sicherheitspolitik. Sie befürchteten jedoch, dass die hohen Standards, die in den BREFs festgehalten werden, in den einzelnen Staaten unterschiedliche Umsetzungen erfahren. Das „Deutsche Umweltministerium“ unterstrich die Erfahrungen mit klar definierten Emissionsgrenzwerten. Eine internationale Folge-Konferenz ist für das Jahr 2004 vorgesehen.

Einzelne Erfahrungen lagen jedoch schon 2000 vor. Auch über sie berichteten Vertreter der nationalen Umweltbehörden in Stuttgart.

## Bedeutung der BREFs für die Genehmigungen

Da die IPPC-Richtlinie bereits national bis Ende Oktober 1999 umzusetzen war, bekam sie für Neuanlagen und wesentliche Änderungen in den zitierten Branchen mit Umwelt-Gefährdungspotential unmittelbar ihre Anwendbarkeit. Allerdings mangelte es zu dieser Zeit noch an Referenz-Dokumenten.

Für diese BVT-Referenz-Dokumente hat sich eine vielfach analog verwendete Struktur etabliert, wie sie bereits weitgehend vom UBA 1997 [1] und im Handbuch des Europäischen Chemie-Verbandes CEFIC [4] 2003 zitiert wird (Abbildung 3):

In Großbritannien bereiteten sich die Behörden intensiv auf die neue Genehmigungs-Modalität vor, denn die von ihnen festgesetzten Emissions-Grenzwerte sollten jetzt zwar mit der besten verfügbaren Technik erreichbar sein, jedoch auch die technischen Gegebenheiten vor Ort, die geographische Lage sowie die lokalen Umweltbedingungen beachten. Daher liefen folgende Maßnahmen ab:

- Schulung der Genehmigungs-Beamten,
- Einbeziehen von Lärm, Energie, Rückbau und Unfallgeschehen,
- Trainings in Kosten-Nutzen-Rechnungen von BVT,
- Test-Genehmigungen in unterschiedlichen Industrie-Bereichen.

Bei dieser spezifischen Herangehensweise mit genehmigten Emissionsgrenzwerten erreichte man einen intensiveren Umweltschutz. Durch die zahlreichen Diskussionen erwiesen sich die BVT-Referenzdokumente über ihren Inhalt hinaus als sehr sensibilisierend für die lokalen Umweltbelange und Verbesserungen. Unter Großbritanniens Umweltbehörden herrscht Einigkeit darüber, dass die BREFs in ihrer aktualisierten Form eine hohe Bedeutung für die Emissionsüberwachung haben.

Nicht anders sehen es die niederländischen Behörden: BREFs sind hilfreiche Unterlagen, um ein hohes Maß an Umweltschutz zu erreichen. Sie sollten so weit wie möglich Anwendung und Umsetzung finden.

Österreichische Genehmigungsbehörden arbeiten der IPPC-Richtlinie zufolge verstärkt mit Konflikt-Matrizen: Sie bewerten grob den Einfluß der Emissionen und im Anhang der Richtlinie beschriebenen Handlungsfelder auf die lokalen Schutzziele, wie Arbeitsplätze, Grundwasser, Forste und Luftqualität. Die im Anhang 4 der IPPC-Richtlinie dargelegten Handlungsfelder sind in der Abbildung 4 aufgeführt. Sie ähneln den „Guten Management-Praktiken“ der Öko-Audit-Verordnung, (EG) Nr. 761/2001.

In Deutschland sollen die europaweit diskutierten Ergebnisse in den BREFs vornehmlich zur Schaffung neuer bundesweiter Umwelt- und Sicherheitsstandards dienen, wie Dr. Jürgen Landgrebe vom Umweltbundesamt 2000 in Stuttgart ausführte.

Dabei ist es bereits eine langerprobte Praxis bei größeren Anlageneinigungen in Deutschland, die Bevölkerung an dem Prozeß zu beteiligen. Grenzwerte basieren für Neuanlagen auf dem Stand der Technik in Sicherheit und Umweltschutz. Veraltete Anlagen sind diesem Niveau nach gewissen Übergangszeiten anzupassen oder stillzulegen. Emissionsgrenzwerte liegen in Deutschland für zahlreiche unterschiedliche Installationen im Bereich des Bundesimmissionsschutz- und Wasserhaushaltsgesetzes rechtlich fest.

Für einige Gesetze wird es Anpassungen und Ergänzungen geben müssen, hauptsächlich für das BImSchG sowie einige der dazugehörigen Verordnungen. Me-

dienübergreifende Aspekte werden eine verbesserte Genehmigungs-Koordination fordern.

Bisher beteiligte sich Deutschland wie kaum ein anderes Land der Europäischen Gemeinschaft an dem Sevilla-Prozeß und an der Erstellung der Referenz-Dokumente. So flossen die hohen Standards moderner Anlagen und Verfahrensweisen in die BREFs ein. Sie werden den Umweltschutz in Europa auch in Zukunft auf einem ausreichend hohen Niveau halten.

### Zusammenfassung

Die europäische Richtlinie zur integrierten Vermeidung von Umweltschäden von 1996 wurde drei Jahre später von den EG-Mitgliedsländern in ihren Rechtsvorschriften verankert. Das IPPC-Büro in Sevilla koordiniert bis 2005 voraussichtlich 33 Arbeitsgruppen zur Erstellung von BREFs der unterschiedlichsten Branchen mit hohem Emissions-Potenzial. Weitere Kooperationen laufen in den Verbänden, Forschungsstätten und Behörden ab. Nuklear-Anlagen bleiben von der Richtlinie unberührt. Die Chemie ist jedoch in ihrer gesamten Breite betroffen: durch die horizontalen BREFs allgemein und durch die vertikalen im Speziellen. Genehmigungsbehörden haben sich in den Ländern auf die neue und erweiterte Genehmigungs-Prozedur eingerichtet. Nach Abschluß der BREF-Publikationen werden sie auf die Betreiber von Altanlagen zugehen und abfragen, ob sie BREF-konform arbeiten. Denn im November 2007 müssen sämtliche BImSchG-Anlagen diesen Stand vorweisen und belegen können.

#### Literatur

- [1] Zierock, K.-H., „Die Umsetzung des Artikels 16 (2) der IVU-Richtlinie“, Umweltbundesamt, Berlin 7(1997)
- [2] N.N., Council Directive 96/61 EC, Official Journal of the European Communities, OJ, L 257/26, 10.10.1996
- [3] N.N., European Conference, „The Sevilla-Process: A driver for environmental performance in industry“, Stuttgart, 6.-7. April 2000, ISSN 0722-186X, (auch auf Web: „eippcb.jrc.es“)
- [4] Demoulin, J.-M., „IPPC Guidance Document“, Brüssel, Juni 2003

### Abgeschlossene und geplante BREFs

1. Pulp and Paper manufacture
2. Iron and Steel production
3. Cement and Lime production
4. Cooling Systems
5. Chlor-Alkali manufacture
6. Ferrous Metal processing
7. Non-Ferrous Metal processes
8. Glas manufacture
9. Tanning of hides and skins
10. Textile processing
11. Monitoring Systems
12. Refineries
13. Large Volume Organic Chemicals
14. Smitheries and Foundries
15. Intensive Livestock Farming
16. Emissions from storage of bulk or dangerous materials
17. Common waste water and waste gas treatment and management systems in the chemical sector
18. Economic and cross media issues under IPPC
19. Lange Combustion Plant
20. Large Volume Inorganic Chemicals – Ammonia, Acids & Fertilisers
21. Large Volume Inorganic Chemicals – Solid & Others
22. Slaughterhouses and Animal By-products
23. Food, Drink and Milk processes
24. Ceramics
25. Management of tailings and Waste-rock in Mining Activities
26. Surface treatment of metals
27. Surface treatment using solvents
28. Waste Incineration
29. Waste treatments
30. Speciality inorganic chemicals
31. Organic fine chemicals
32. Polymers
33. Energy Efficiency



## Beste Verfügbare Technik

in der Praxis:

1. Abfallvermeidung,
2. Stoffe mit geringem Gefahrenpotential,
3. Aufarbeitung und Recycling im Betrieb,
4. Orientieren an vorbildlichen Beispielen,
5. Techn. Fortschritt und Stand der Forschung beachten,
6. Art und Wirkung von Emissionen verfolgen,
7. Datenvergleiche von neuen und alten Anlagen,
8. Einführungszeit für BVT festhalten,
9. Ressourcenverbrauch und Energie-Effizienz,
10. Emissions- und Risiko-Vorsorge,
11. Unfall-Vermeidung,
12. Offizieller Informations-Austausch.

Abbildung 4:  
Handlungsfelder  
für „Beste Verfüg-  
bare Technik“

## Der finanzielle Erfolg blieb aus

**Georg Schwedt**

Backpulver heute ist allgemein mit dem Namen Dr. Oetker verbunden. Aber schon Jahrzehnte früher hatten Justus von Liebig wie auch sein amerikanischer Schüler Horsford sich mit der Herstellung eines Backtriebmittels beschäftigt.

### Liebigs amerikanischer Schüler Horsford

1844 studierte der Amerikaner Eben Norton Horsford (1818-1893; Abbildung 1) bei Liebig in Gießen. Er bekam von Liebig die Aufgabe, den Stickstoffgehalt pflanzlicher Lebens- und Futtermittel zu bestimmen. Kurz zuvor hatte Liebig in den Annalen der Chemie und der Pharmazie „Über eine neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs“ berichtet. Horsford erhielt 1847 die von Lord Rumford (1753-1814) gestiftete Professur für angewandte Gewerbewissenschaft in Harvard (1).

Rumford wurde als Benjamin Thompson in North Woburn (Massachusetts) geboren, floh während des Nordamerikanischen Unabhängigkeitskampfes (1776) nach England, wurde dort geadelt und trat 1784 in die Dienste des Kurfürsten Karl Theodor von Bayern (Graf von Rumford 1791). Rumford führte u.a. den Kartoffelanbau in Bayern ein und legte den Englischen Garten in München an. Auf seine Initiative ist die Armenspeisung mit der nach ihm benannten Rumford-Suppe (aus Graupen, Gerste, Hülsenfrüchten, Kartoffeln, Wasser und Gewürzen) zurückzuführen. 1799 veranlasste er die Gründung der Royal Institution of Great Britain in London – zur Förderung und Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse.

In dem von einem amerikanischen Unternehmer (Abbot Lawrence) gestifteten naturwissenschaftlichen Institut führte Horsford den Unterricht und die Laborübungen in Chemie nach dem Giessener Vorbild ein. 1856 ließ er sich ein Backpulver mit Hydrogenphosphaten und Natron (Natriumhydrogencarbonat) patentieren, gründete die Rumford Chemical Works in Providence, Rhode Islands und folgte auf diese Weise nicht nur seinem Lehrer



Abbildung 1:  
Porträt von  
Eben(ezer) Norton  
Horsford

Liebig, sondern regte diesen sogar dazu an, sich mit der Chemie des Mehles und Brotbackens zu beschäftigen.

Friedrich Wöhler teilte Liebig aus Göttingen am 6. Mai 1868 aus dem Brief einer gemeinsamen Bekannten, der Ehefrau des Prof. Joy aus New York, folgendes mit:

*„Was Sie von Hrn. V. Liebig`s Versuchen schreiben, Brod ohne Hefe zu backen, interessirt mich ungemeyn: nicht nur, weil es eine Frage ist, die bei der hiesigen Nahrungsnoth zum Wohl der Menschheit beiträgt, sondern auch aus dem kleinlichen Grunde, dass wir alles Brod, das in unserer Familie consumirt wird, selbst backen, worin meine Köchin besonders geschickt ist. Uebrigens hat sich Professor Horsford in Cambridge schon seit Jahren mit der Frage beschäftigt, den Gährungsprocess durch Hefe zu umgehen. Ein Fabrikant hier in New York verkauft das Mehl in Packeten von so und so viel Pfunden mit dem chemischen Präparat darin in solchen enormen Quantitäten, dass es, wie ich höre, dem Professor Horsford jährlich ein Vermögen einbringt.“*

### Liebig und seine Experimente zum Backpulver

Auch Liebig schlug vor, statt Hefe ein Backpulver zu verwenden und experimentierte über mehrere Monate mit Horsfords Backpulver. Angeregt wurde er dazu einerseits durch den wirtschaftlichen Erfolg seines Schülers, andererseits durch die Nachrichten



#### Der Autor

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

über eine Hungersnot in Ostpreußen (1868). Über seine Vorstellungen veröffentlichte Liebig auch zwei Beiträge in der Augsburger Allgemeinen Zeitung. Über acht Monate experimentierte Liebig selbst mit Horsfords Backpulver (Abbildung 3). Er stellte Mischungen aus sauren Calcium- und Magnesiumphosphaten zusammen mit Natriumhydrogencarbonat her und prüfte deren Wirkung auf den Backprozess – auf die Lockerung des Teiges und die Ausbildung von Poren im Ofen infolge der Bildung von Kohlenstoffdioxid. Liebig bevorzugte Vollkornbrot wegen seiner ernährungsphysiologischen Vollwertigkeit im Unterschied zum Weißbrot, das in den Kleinbürger- und auch Arbeiterkreisen zu seiner Zeit vor allem geschätzt wurde.

Diese Kreise wählten das feiner ausgemahlene Mehl der „Bessergestellten“ – auch weil es zu einem weicheren Stuhlgang beitrug. In der Augsburger Allgemeinen Zeitung (Nr. 6 und Nr. 11/1868) hatte Liebig jedoch dargelegt, das Mehl erheblich an Nährwert – nämlich an Mineralstoffen verliert –, wenn es feiner ausgemahlen wird. Liebig schlug auch vor, anstelle an Natriumhydrogencarbonat das entsprechende Kaliumsalz zu verwenden, da dem Weißmehl eher Kalium- als Natriumsalze fehlten. Schon 1864 hatte sich jedoch sein ehemaliger Schüler die Verwendung von Kaliumbi(hydrogen)-carbonat patentieren lassen. In Staßfurt waren damals riesige Kalilagerstätten entdeckt worden. Und Liebig empfahl, beim Mischen des Teiges das billigere Kaliumchlorid anstelle von Kochsalz einzusetzen.

In seinen populären Abendvorträgen in München ging Liebig auch auf das Backen von Semmeln ein. Er stellte das „selbst-gehende Mehl“ seines ehemaligen Schülers Horsford vor, das die Hausfrauen in Amerika sofort angenommen hätten. Sein Ziel war es, eine Herstellung von Brot in industriellem Maßstab durch dieses neue Backmittel zu erreichen.

Abbildung 2: Werbung für Liebig's Backpulver mit neuem Firmennamen



Abbildung 3: Liebig in seinem Münchner Labor

Drei oder vier Männer könnten mit nur einem Ofen und einer Knetmaschine täglich Hunderte von Brotlaiben backen.

### Über die Fabrikation von Liebig's Backpulver

Liebig veranlasste zwei seiner früheren Schüler, Ludwig Clamor Marquart (1804-1881) und Carl Zimmer, die in Bonn bzw. Mannheim chemische Fabriken gegründet hatten, Backpulver herzustellen, das mit dem Hinweis „Hergestellt nach den speziellen Richtlinien von Baron von Liebig“ 1869 auf den Markt kam. Im Unterschied zu den Erfolgen in den USA konnte sich Backpulver in Deutschland jedoch noch nicht durchsetzen. Der Kleinhandelspreis für Backpulver war höher als der für Hefe. Erst wenn das häusliche Brotbacken durch industrielle Bäckereien ersetzt würde, könnten auch wirtschaftliche Erfolge erzielt werden – so Liebig's Meinung. Im Gegensatz zu den Vereinigten Staaten von Amerika und auch England war der Absatz des Backpulvers in Deutschland gering. Die beiden Liebig-Schüler stellten die Produktion daher 1870 bzw. 1872 wieder ein – der finanzielle Erfolg auch für Liebig blieb aus (2).

In Hannover wurde 1869 Backpulver nach Justus von Liebig von der „Fabrik chemischer Produkte und Farbwaren Hartmann & Hauers“, Holzmarkt 4, im „Wochenblatt für Handel und Gewerbe“ für Bäcker angeboten: „Backpulver, welches beim Backen als Ersatz der Hefe oder des Sauerteiges dient, den Nährwert des Brotes beträchtlich vermehrt und stets unverändert aufbewahrt werden kann“.



Abbildung 4:  
Backpulver  
– von Dr. Oetkers  
Backin bis  
zum Weinstein  
Backpulver

1877 kam auch Backpulver für den Hausgebrauch auf den Markt. Albert Eduard Meine und Georg Heinrich Ferdinand Liebig (geb. 1848) ein Neffe des Chemikers, Sohn des jüngsten Bruders Georg Karl (1818-1870; Bürger und Apotheker in Darmstadt) gliederten ihrer 1872 gegründeten Drogerie eine Back- und Puddingpulverfabrik an. Anfang der 80er Jahre benannten sie ihre Firma aus Marketinggründen in „Liebigs Manufactory von Meine & Liebig“ um (Abbildung 2 (3)). Gegenüber der Marktkirche ist an einem Haus in Hannovers Altstadt noch heute der Name Liebig zu entdecken.

### Dr. Oetkers Backpulver

1891 gründete der Apothekenbesitzer August Adolph Oetker (1862-1918) in Bielefeld sein bis heute bestehendes Unternehmen. Oetker ging nach dem Abitur am Adolfinum in Bückeburg beim Apotheker Dr. Brackenbusch in Stadthagen in die Lehre, ging nach der Lehrzeit auf Wanderschaft und war u.a. in Hanau bei der Firma Heraeus tätig. Danach studierte er in Berlin Naturwissenschaften, legte dort sein pharmazeutisches Staatsexamen ab und promovierte 1888 in Freiburg zum Dr. phil. Er entwickelte in Bielefeld aufgrund eigener Versuche ein Backpulver,

das er Backin nannte – und das im Unterschied zu Liebigs Backpulver Stärke als Trennmittel enthielt. Oetker hatte 1891 die Aschoffsche Apotheke in Bielefeld erworben. In einem kleinen Raum hinter seiner Apotheke, die er „Geheimbutze“ nannte, entwickelte er innerhalb von zwei Jahren eine Mischung, welche die Grunderfordernisse Teiglockerung, Haltbarkeit und Geschmacksfreiheit erfüllt – er nannte sie „Backin“ (Abbildung 4). Es wurde von ihm in kleinen Mengen abgefüllt, womit die Hausfrau auch Kuchen aus etwa 500 g Mehl backen konnte. Für zehn Pfennige wurde es im ganzen Land verkauft. Seit 1986 wird wieder der ursprüngliche Schriftzug „Original Backin“ auf den Verpackungen verwendet (4).

### Backpulver heute

Backpulver besteht noch heute aus: *Säuerungsmittel Diphosphate, Backtriebmittel Natriumhydrogencarbonat und Weizenstärke*. Die Stärke dient als Trennmittel für die anderen Bestandteile, sie verhindert die vorzeitige Freisetzung von Kohlenstoffdioxid, bindet Feuchtigkeit und hat keine Bedeutung für den Vorgang der Teiglockerung. Backpulver sind sogenannte Triebmittel. Die Gasentwicklung (von Kohlenstoffdioxid) führt zur Ausbildung einer mehr oder weniger porigen Struktur der jeweiligen Backwaren (5, 6). Relativ neu sind *Weinstein Backpulver ohne Phosphat*. Sie enthalten als Zutat Kaliumtartrat (ein Hydrogentartrat) als Säuerungsmittel, als Backtriebmittel Natriumcarbonat und anstelle von Weizenstärke eine Maisstärke (aus kontrolliert-ökologischer Landwirtschaft - nach dem EG-Kontrollsystem DE-001-Öko-Kontrollstelle).

### Literatur

- (1) Georg Schwedt: Liebig und seine Schüler. Die neue Schule der Chemie, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg 2002
- (2) William H. Brock: Justus von Liebig. Eine Biographie des großen Wissenschaftlers und Europäers, Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden 1999
- (3) Ludwig Hoerner: Agenten, Bader und Copisten. Hannoversches Gewerbe-ABC 1800-1900, Reichold Verlag, Hannover 1995
- (4) Jörg Krichbaum: Made in Germany, dtv, München 1997
- (5) Georg Schwedt: Experimente mit Supermarktprodukten. Eine chemische Warenkunde, Wiley-VCH, Weinheim 2001
- (6) Reinhard Löbber, Dietlind Hanrieder, Ulrike Berges, Joachim Beck: Lebensmittel. Waren – Qualitäten – Trends, Verlag Europa-Lehrmittel, Haan-Gruiten 2000

## Frauen in der Wissenschaft Allen Widerständen zum Trotz

**W**issenschaftlerinnen, die weder auf Kinder noch auf Karriere verzichten wollen, stoßen immer noch an Grenzen. Geradlinig ist ihr Weg nach oben meist nicht. Auf dem Kongress „Women in Science“, veranstaltet vom Arbeitskreis Chancengleichheit der Gesellschaft Deutscher Chemiker, gaben einige von ihnen ihre Erfahrungen weiter.

Als die Chemikerin Eva-Maria Neher ihre Karriere in der Wissenschaft startete, sprach noch niemand von Chancengleichheit. „Damals hieß es Emanzipation“, erinnert sich Neher. Und die wollte sie nicht zu ihrem Thema machen. In der von Männern dominierten Arbeitswelt fühlte sie sich wohl und war sicher, dass ihr keiner Steine in den Weg legen würde. Die Probleme begannen mit der Familiengründung. Forschung, Lehre und Kindererziehung ließen sich nicht unter einen Hut bringen. Schließlich kündigte die junge Wissenschaftlerin ihr Beamtenverhältnis, doch die Unzufriedenheit blieb: „Die Familie wuchs, aber ersetzte mir nicht die Wissenschaft“, so Neher. Mit mittlerweile fünf Kindern war der Weg an die Hochschule verbaut.

Eva-Maria Neher's sechstes Kind heißt XLAB – und führte sie zurück ins Erwerbsleben. Unter dem Titel „Mein Weg war anders“ stellte sie ihren Werdegang auf dem Kongress „Women in Science“ vor, der Mitte September in Mainz stattfand.

Das Experimentallabor XLAB, angesiedelt auf dem Campus der Göttinger Universität, bietet Kurse in Natur- und Geowissenschaften, Mathe und Informatik an. Überwiegend Schüler, aber auch Lehrer und Studierende der ersten Semester präparieren hier Schweineherzen, führen elektrophysiologische Messungen an Nervenzellen durch oder konstruieren Fraktale.



Eva-Maria Neher's Laufbahn verlief nicht so kontinuierlich, wie sie sie einst geplant hatte: Ihr Wiedereinstieg begann mit Experimentalkursen in Biologie und Chemie an einer Privatschule, dann konzipierte sie eine Ausstellung für die EXPO 2000 zum Thema Pflanzenzüchtung. Schließlich entwickelte und realisierte sie XLAB, dessen Leiterin und Geschäftsführerin sie heute ist.

„Eine Möglichkeit, Führungsverantwortung und die Leitung fachlich anspruchsvoller Aufgaben zu übernehmen, ist die Selbstständigkeit“, meint Gisela Liebich, Inhaberin eines Labors für pharmazeutische Analytik und Mutter von drei Kindern. Auch ihr Beispiel zeigt, dass Frauen Familie und Beruf besser vereinbaren können, wenn sie alternative Karrierewege beschreiten. So umgehen sie die altbekannten Hürden (CLB, 12/2001, S. 453).

### Mentoring

Wer sich dennoch für eine Anstellung in der Wirtschaft oder an einer Hochschule entscheidet, sollte von den Erfahrungen anderer profitieren. Am Beispiel von KIM (Kompetenz im Management, [www.kim.nrw.de](http://www.kim.nrw.de)), einer Initiative des Landes Nordrhein-Westfalen,

erläuterte die Chemikerin Ilona Lange, Leiterin System Technologies bei Henkel, wie Mentoring funktioniert. Die Agentur KIM vermittelt Berufseinsteigerinnen eine Mentorin, mit der sie sich etwa einmal im Monat trifft und den nächsten Karriereschritt plant. Hier geht es sowohl um Grundsatzfragen – „Warum komme ich im Beruf nicht weiter?“ oder „Wohin soll ich mich im Betrieb entwickeln?“ – als auch um konkrete Tipps zum Umgang mit Kollegen oder zum Thema Gehaltserhöhung. Während der einjährigen Partnerschaft steht die Agentur mit Mentorin und Mentee in Kontakt, um Spannungen zu vermeiden und die Zusammenarbeit so konstruktiv wie möglich zu gestalten. „Manchmal empfindet die Mentee ihre Betreuerin als Übermutter, die alles besser weiß“, so Ilona Lange, was keine Basis für eine vertrauensvolle Zusammenarbeit sei. Dass Beraterin und Zögling aus verschiedenen Unternehmen stammen, sorgt – im Gegensatz zum internen Mentoring – für eine hierarchiefreie Atmosphäre.

### Frauenförderung „kein Sahnehäubchen“

Mit Mentoring-Programmen schaffen Frauen Strukturen und Netzwerke, die für Männer schon

„Ist die Zukunft der Forschung weiblich?“ lautete die Frage der Podiumsdiskussion. V.l.n.r.: Ingeborg Bachner (Boehringer Ingelheim Pharma), Gisela Liebich (Laboratorium Liebich), Ministerin Doris Ahnen, Moderatorin Anja Reschke, Joachim Treusch (Forschungszentrum Jülich) und der Mainzer Universitätspräsident Jörg Michaelis (Foto: Th. Hartmann).

## Proteine, Gene und Hormone

**Erstmals wurde an Mäusen nachgewiesen, dass die primäre T-Zell-Antwort auf im Blut zirkulierende Antigene ganz wesentlich im Knochenmark geprägt wird.** Wissenschaftler des Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ) spekulieren über die gezielte Nutzung von Killer- oder Gedächtniszellen zur Bekämpfung von Krebserkrankungen.

**Der bisher gebräuchliche, unbefriedigende BCG-Impfstoff gegen Tuberkulose** löst keinen programmierten Zelltod der Makrophagen aus. Somit entsteht keine Kreuzpräsentation der Erregervesikel mit nachfolgender CD8-T-Zell Aktivierung. Forscher des Berliner MPI für Infektionsbiologie messen dieser Entdeckung große Bedeutung für die zukünftige Impfstoffentwicklung bei.

**Das verantwortliche Gen der als X-chromosomales Dystonie-Parkinson-Syndrom (XDP)** bekannten Erkrankung bei männlichen Filipinos ist identifiziert. Wissenschaftler der Justus-Liebig-Universität Giessen sehen nun eine Möglichkeit der eindeutigen, prädiktiven Diagnostik, und auch eine wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung von kausalen Therapien.

**VacA, ein von Helicobacter pylori produziertes Zellgift,** kann sehr effizient T-Helferzellen und damit eine Reaktion des Immunsystems gegen Helicobacter blockieren. Forscher des Instituts für Hygiene und Medizinische Mikrobiologie der LMU München zeigten, dass darüberhinaus auch Wirtszell-Apoptose ausgelöst werden konnte.

**Micro-RNAs regulieren die Entwicklung einer Pflanze** durch den kontrollierten Abbau von wesentlich längeren Messenger-RNAs. Wissenschaftler des MPI für Entwicklungsbiologie in Tübingen und der Oregon State University zeigten an der Modellpflanze Arabidopsis thaliana, dass winzige Micro-RNAs die Struktur und Morphologie der Blätter kontrollieren. Die Befunde sind von großer Bedeutung für die Land- und Forstwirtschaft.

**Die Eiweiss-Aggregate in der Hirnrinde von Alzheimer-Erkrankten bestehen vorwiegend aus Abeta-Peptid.** Abeta ist ein Spaltprodukt von APP, einem größeren Vorläufer-Protein, das in nahezu allen Zelltypen des Organismus nachgewiesen wurde. Forscher der Universität Bonn und italienische Kollegen zeigten, dass sowohl APP als auch sein physiologisches Spaltprodukt sAPP (soluble) eine zentrale Rolle beim UV-Strahlungsschutz spielten. Das Abeta-Peptid könnte daher der krankheitsauslösende Rest eines ansonsten lebenswichtigen Proteins sein.

**Die Kristallstruktur von Furin,** einem Aktivator-Protein für Krankheiten wie Ebola, AIDS oder Anthrax haben Wissenschaftler des MPI für Biochemie in Martinsried gemeinsam mit amerikanischen und britischen Forschern aufgeklärt. Es gibt bereits Hemmstoffen, mit denen sich die Aktivierung von Proteinen durch Furin unterdrücken lässt.

lange existieren. Ob es Aufgabe der Politik ist, den Frauen mit Förderprogrammen und Gesetzen zur Chancengleichheit unter die Arme zu greifen, war eine Frage der Podiumsdiskussion. Joachim Treusch, Vorstandsvorsitzender des Forschungszentrums Jülich und nach eigenen Worten dessen Frauenbeauftragter, setzt eher auf ein Klima, in dem alle Beteiligte die Gleichberechtigung wollen als auf Gesetze, die sie verordnen – und den eigenen Bemühungen oft sogar im Weg stehen. So ärgert es ihn, dass er aus den eigenen Reihen eine Frauenbeauftragte abordnen und somit eine Wissenschaftlerin zwingen müsse, sich mit Frauen statt mit Forschungsfragen zu beschäftigen.

Kritisch äußerte sich das Podium auch zur Frauenförderung. Manch ambitionierte Wissenschaftlerin empfinde es als beleidigend, wenn ihr die Teilnahme an einem solchen Programm empfohlen würde. Und welche Frau wolle sich vorhalten lassen, nur dank spezieller Förderung den Weg nach oben geschafft zu haben? Dem hielt Doris Ahnen, Ministerin für Bildung, Frauen und Jugend des Landes Rheinland-Pfalz, entgegen, dass solche Programme keine „Sahnehäubchen“ seien, sondern dort ansetzten, wo Benachteiligungen herrschten.

### Beispiel Boehringer Ingelheim

Statt speziellen Preisen für Wissenschaftlerinnen wünschte sich eine Kongressteilnehmerin eine Belohnung für Männer im Erziehungsurlaub. Dass sie immer noch eine Rarität sind, musste auch Ingeborg Bachner, Leiterin der Personal- und Organisationsentwicklung bei Boehringer Ingelheim Pharma, in ihrem Vortrag zugeben: Bislang haben lediglich drei Männer des Unternehmens Elternzeit in Anspruch genommen, obwohl der Gesetzgeber ihnen schon seit 1986 das Recht auf eine Familienpause zugesteht. Auch Teilzeitarbeit ist immer noch Frauensache und damit Karrierebremse. Nur vier Prozent der Teilzeitbeschäftigten bei Boehringer sind Männer. Dabei

können auch Führungskräfte ihre Arbeitszeit reduzieren: 42 außertariflich Angestellte, unter ihnen 3 Männer, nutzen das Angebot (Altersteilzeit nicht berücksichtigt).

Boehringer rekrutiert geschlechtsneutral und fördert Frauen nicht in besonderem Maße, ist aber sehr wohl bemüht, dass die Angestellten Beruf und Familie vereinbaren können. Dazu gehören nicht nur flexible Arbeitszeiten ohne Kernzeiten oder die Möglichkeit zum Job-Sharing, die Mitarbeiter können auch Teilzeit- mit Telearbeit kombinieren. Wer während der Elternzeit nicht allzu sehr ins Abseits geraten möchte, kehrt gelegentlich als Aushilfe in die Firma zurück. Das erleichtert den Wiedereinstieg nach der Familienpause.

### Deutschland hat Nachholbedarf

Eva-Maria Neher und Gisela Liebich haben alternative Karrierewege eingeschlagen, um Familie und Beruf vereinbaren zu können. Andere Wissenschaftlerinnen verlassen Deutschland, weil sie im Ausland bessere Möglichkeiten der Kinderbetreuung finden und obendrein dort nicht als Rabenmütter gelten. Zwar bemerkte die Lebensmittelchemikerin Petra Mischnick in ihrer Eröffnungsrede, dass es noch kein Schlaraffenland der Gleichberechtigung gebe, aber: „Wir können viel von anderen Ländern lernen.“ Zum Beispiel von Schweden: Hier hat der Gesetzgeber Anreize geschaffen, die Männern den Erziehungsurlaub schmackhaft machen. Familien müssen mit steuerlichen Nachteilen rechnen, wenn nur die Frauen eine Auszeit nehmen. Außerdem können die Väter ihren Anteil an der Elternzeit nicht auf die Mütter übertragen. In Schweden fühlt sich jeder Erwachsene sowohl für die Erwerbs- als auch für die Familienarbeit zuständig. In Deutschland hingegen muss man sich erst noch von der traditionellen Rollenverteilung lösen. „Es reicht nicht, den Frauen die Türen zu öffnen“, so Petra Mischnick. „Wir müssen das Haus auch umbauen.“

*Dr. Uta Neubauer*

## Substanzbibliothek für Grundlagenforschung im Aufbau Überzeugungsarbeit bei Unternehmen leisten

**N**och ist von der „Screening Unit“ nicht viel zu sehen: Ein nüchtern eingerichteter Laborraum mit großen Kühlschränken und allerlei Gerätschaften, die in der Molekularbiologie benötigt werden, etwa Zentrifugen, Pipetten und ein „Thermomixer“. Diese Utensilien sind jedoch nur Nebensache, denn das eigentliche Herzstück des Projekts am Forschungsinstitut für Molekulare Pharmakologie in Berlin-Buch ist eine Bibliothek mit Substanzen. Und diese soll von zur Zeit 20 000 Molekülen auf ein mehrfaches dieser Zahl erweitert werden. Dr. Jens Peter von Kries, Forscher am FMP, erläutert den Hintergrund.

„Das, was wir machen wollen, ist in der deutschen Forschungsszene ein Novum“, sagt der hochgewachsene Wissenschaftler, „wir wollen mit Hilfe von Robotern Tausende von Substanzen reihenweise auf ihre biologische Wirkung hin testen“. 2000 bis 4000 Substanzen können bereits an einem Tag getestet werden. Von „Reihenuntersuchung“ (englisch: screening) leitet sich auch der Begriff „Screening Unit“ ab. In der Pharmaindustrie ist das schon längst üblich. Als Konkurrenz zur Industrie wollen sich die beteiligten Forscher vom FMP und vom benachbarten Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin (MDC) aber nicht sehen. Im Gegenteil: „Wir suchen die Zusammenarbeit mit der Industrie und Biotechnologie“, betont Prof. Hartmut Oschkinat. Er leitet am FMP die NMR-unterstützte Strukturfor-schung. Seine Abteilung untersucht die räumliche Struktur von Proteinen mithilfe der Kernspinresonanz- (NMR-)Spektroskopie.

Die jeweiligen Fragestellungen beim Screening unterscheiden sich in Industrie und akademischer Forschung zum Teil erheblich

voneinander. „Wir fahnden nach Wirkstoffen, die das Verständnis komplexer, biologischer Regulationsvorgänge ermöglichen“, sagt von Kries. Da diese kleinen Moleküle sehr spezifisch als molekulare Schalter einsetzbar sind, werden solche Substanzen selbst dann für die akademische Forschung interessant, wenn sie „nur“ molekulare Mechanismen klären und nicht zu Medikamenten weiterentwickelt werden können. Wenn von Kries seinen größten Wunsch äußert, dann versteht man auch, wieso die Kooperation mit Unternehmen gesucht wird. Die Betreiber der Screening Unit erhoffen sich nämlich von der Industrie die Erweiterung der Substanzbibliotheken, die für die erfolgreiche Arbeit im Labor benötigt wird. Oftmals verfügen forschende Arzneimittelhersteller über Bibliotheken mit Millionen von Substanzen.

Wieso aber sollte ein Pharmaunternehmen einen solch wertvollen Schatz hergeben oder teilen? „Auf dem Campus in Berlin-Buch könnten wir Projekte bearbeiten, die für Pharmafirmen wirtschaftlich zu wenig kalkulierbar sind“, sagt von Kries. Unternehmen schreckten

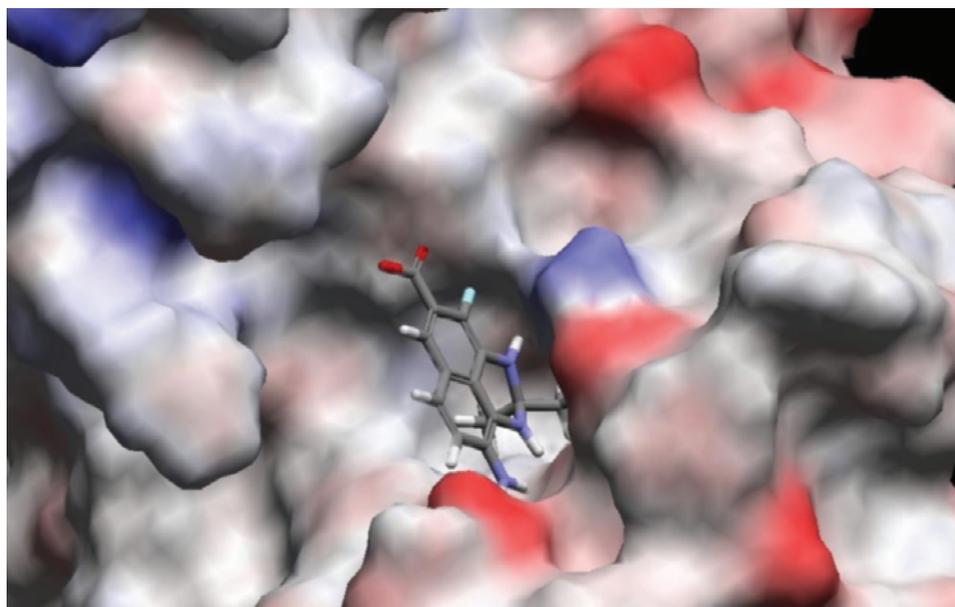
vor „High-Risk“-Projekten zurück. Das sind etwa Testreihen mit Substanzen, von denen man überhaupt nicht weiß, ob sie je in ein Arzneimittel umgesetzt werden können, die aber zugleich – im Falle eines Erfolgs – enorm vielversprechend sind.

Beispiel Alzheimer: Es gibt Erkenntnisse, wonach bestimmte Eiweißstoffe die Ursache dafür sind, dass im Gehirn schädliche Ablagerungen („amyloide Plaques“) gebildet werden. Und es gibt Hinweise auf Moleküle, die eben jene Eiweißstoffe daran hindern, die Plaques zu bilden.

Beispiel Immunsuppressiva: Solche Medikamente müssen Patienten nehmen, denen ein fremdes Organ eingepflanzt wurde. Die Wirkstoffe verhindern, dass der Körper das Spenderorgan abstößt. Doch die Unterdrückung des Abwehrsystems, also die Immunsuppression, hat unerwünschte Nebenwirkungen. Mithilfe von maßgeschneiderten Proteinen könnte es gelingen, die T-Zellen zu blockieren und überschießende Immunreaktionen zu verhindern.

Der Direktor des Forschungsinstituts für Molekulare Pharma-

Ein kleines Molekül dockt an eine Proteinoberfläche an. Die Computersimulation zeigt das Protein beta-Catenin (Abb.: FMP).



## Sensoren und Biochips

**Zur Vorsorge gegen Gebärmutterhalskrebs, der von humanen Papillom-Viren ausgelöst wird, gibt es nun einen Diagnose-Biochip.** Forscher des Instituts für Mikrotechnik Mainz GmbH und des norwegischen Unternehmens Nor Chip AS entwickelten einen Chip zur Nucleic Acid Sequence-Based Amplification (NASBA). Dabei werden einsträngige RNA-Moleküle vervielfältigt und mit molekularen Sonden versehen. Über eine Fluoreszenzmessung wird die Virusmenge ermittelt.

**Einen Mikro-Konzentrator-Chip für Analyse-zwecke in der biomedizinischen Diagnostik** entwickelten Forscher des Instituts für Mikrotechnik Mainz GmbH und des norwegischen Unternehmens Nor Chip AS. Mittels Dielektrophorese (DEP) ermöglicht dieser Chip mit hoher Effizienz das selektive Separieren und Aufkonzentrieren polarisierbarer Biopartikel wie Viren und Bakterien aus komplexen Substanzgemischen für eine nachfolgende Analyse.

**Ein DNA-Chip zur schnellen und einfachen genetischen Diagnose, beispielsweise bei Virusinfektionen oder einige Krebsarten,** wird zurzeit am Forschungszentrum Jülich GmbH entwickelt. Der Chip soll die bei der Hybridisierung auftretende Ladungsänderung am DNA-Molekül mit Hilfe eines Feldeffekt-Transistors detektieren. Der Test soll in der Arztpraxis oder am Bett des Patienten durchführbar sein.

**Mit Protein-Microchips lassen sich Wechselwirkungen von Proteinen untersuchen.** Sie können daher für die Früherkennung von Krankheiten eingesetzt werden. Am Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB in Stuttgart wurde ein Chip entwickelt, auf dem bekannte Fängerproteine fixiert sind. Gesuchte Proteine aus einer biologischen Probe binden nur dort an den Chip, wo sie einen natürlichen Wechselwirkungspartner vorfinden. Damit können Proteine direkt angereichert und massenspektrometrisch gemessen werden.

**Neuartige, wiederverwendbare und kostengünstige chemische Sensoren für das Aufspüren von Benzen** wurden von Forschern des CEA (französisches Zentrum für Atomenergie) entwickelt. Diese Sensoren bestehen aus einem anorganischen Polymer, das wiederum aus Milliarden von Poren besteht, die jeweils einen Durchmesser von zehn Ångström haben, so dass nur wenige Moleküle wie Benzen, Toluol oder Formaldehyd durch das Material gleiten. Damit können Expositionsmessungen durchgeführt werden.

**Ein leicht zu bedienendes Mikrochip-Handgerät für die frühe Detektion giftiger Algen** wurde von Forschern aus sechs deutschen Instituten (Helgoland, Sylt, Bremerhaven, Jena, Mainz, Stuttgart) entwickelt. Es kann in Badeseen und an Stränden der Nord- und Ostsee, sowie an Bord von Fisch- und Muschelkuttern als Frühwarnsystem eingesetzt werden.



Mit solchen Mehrkanalpipetten können sehr viele Tests in kurzer Zeit vorgenommen werden (Foto: FMP).

kologie, Prof. Walter Rosenthal, betont: „Die Screening Unit wird Projekte bearbeiten, bei denen die Kompetenz auf dem Campus klar ausgeprägt ist.“ Das heißt, man will sich um Proteine und ihre Funktionen kümmern; darum, wie Zellen untereinander Informationen austauschen. Zur Kompetenz gehört auch, dass auf dem Campus eine große Zahl von Forschern interdisziplinär zusammenarbeitet. Chemiker, Biologen, Pharmakologen und auch Physiker bündeln ihre Fähigkeiten.

Jens Peter von Kries hat selber bereits in einem Wirtschaftsunternehmen „gescreent“. Daher fällt es ihm leicht, an einem fiktiven Beispiel zu schildern, wie der Prozess vonstatten geht. Firma A kommt beispielsweise und bietet eine Substanzbibliothek an. Dadurch erhalten die Forscher Zugriff auf die Formeln und auf die tatsächlichen Substanzen in der Bibliothek. Im Gegenzug will Firma A wissen, ob darunter ein Stoff ist, der etwa bestimmte Botenstoffe blockiert und damit Alzheimer-Plaques verhindert. Per Kurierpost kommen nun haufenweise Mikrotiterplatten an das FMP. Das sind rechteckige Plastikbehälter, etwas kleiner als eine Videokassette, die Vertiefungen aufweisen; sie sehen aus wie Miniatur-Eierkartons. In den Vertiefungen befinden sich die Substanzen aus der Bibliothek, abgezählt und genau definiert.

An der Screening Unit würden nun weitere Mikrotiterplatten vorbereitet, in denen sich überall das zu untersuchende Protein befindet. Dieses Eiweißmolekül würde so präpariert, dass Reaktionen sichtbar

werden – zum Beispiel durch eine Farbänderung. Mittels spezieller Pipetten ist es nun möglich, winzigste, genau bemessene Tröpfchen aus der Substanzbibliothek in die Vertiefungen mit dem Zielprotein zu träufeln. In den meisten Fällen passiert dann – nichts. Aber irgendwo in einer der Vertiefungen ändert sich vielleicht die Farbe. Und das ist dann der Stoff, der auf das Zielprotein wirkt. Diese Substanz, deren Formel bekannt ist, kann dann von spezialisierten Synthesechemikern verändert werden, um ihre Wirkung zu verstärken. Im Fachjargon heißt das „Drug Modeling“ und „Leitstrukturoptimierung“. Die Kunst ist es hierbei, nicht blindlings Substanzen zu testen, sondern – ausgerüstet mit dem nötigen Grundlagenwissen – gezielt den molekularen Hebel anzusetzen.

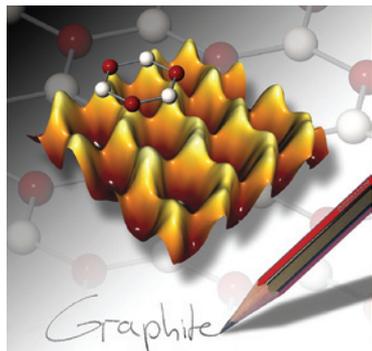
Bleibt die Frage, ob Pharmaunternehmen bereit wären, sich zumindest von einem Teil ihrer kostbaren Bibliotheken zu trennen. Jens Peter von Kries: „Ohne die Hilfe und ohne ein Umdenken der Pharmaindustrie geht es nicht.“ Er ist jedoch zuversichtlich, denn er hat ein Beispiel aus den USA vor Augen. Dort, in Harvard, gibt es eine Screening Unit, die bereits die Arbeit aufgenommen hat. Auch auf der Basis von geschenkten Bibliotheken. Das FMP arbeitet mit den Kollegen aus Harvard zusammen. Die Voraussetzungen sind also gegeben, um vom Campus Berlin-Buch aus ein Netzwerk aufzubauen zwischen Chemikern, Biologen und Drug-Modeling-Experten. Der Service der Screening Unit würde dabei nicht nur der Industrie angeboten, sondern auch anderen Forschungsinstituten oder Hochschulen. Das ist sowohl aus wissenschaftlicher Sicht als auch aus wirtschaftlicher Sicht viel versprechend, denn aus biologisch wirksamen Substanzen können Medikamente entwickelt werden und damit (mit Screening und vor allem mit Treffern) lässt sich Geld verdienen. Wichtig dabei ist, dass man schnell ist. Geht es nach von Kries, dann könnte er sofort loslegen. *Josef Zens*

## Rastertunnel- und Rasterkraftmikroskopie zeigt: Das verborgene Graphit-Oberflächenatom

**W**issenschaftler der Universität Augsburg und der Stanford Universität in Kalifornien haben das bislang „verborgene“ Atom in der Oberfläche von Graphit abgebildet. Stefan Hembacher und Kollegen berichten in den „Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America“ (PNAS), dass ihnen dies erstmals durch Kombination von Rastertunnel- und Rasterkraftmikroskopie gelang.

Abbildungstechniken mit Rastertunnelmikroskopen konnten bislang nur jedes zweite Oberflächenatom des Graphits zeigen. Bei den neuen Experimenten wurden das kombinierte Rastertunnel- und Rasterkraftmikroskop und die Graphitprobe auf etwa fünf Grad über dem absoluten Nullpunkt mit flüssigem Helium gekühlt, um das thermische und elektronische Rauschen zu minimieren. Dieses Mikroskop wurde am EKM des Instituts für Physik der Universität Augsburg entwickelt; es ist nicht zuletzt aufgrund der tiefen Arbeitstemperaturen ( $-268\text{ °C}$ ) weltweit einzigartig. Der ebenfalls in Augsburg entwickelte Kraftsensor hat als kleine, aber wichtige Neuerung eine Schwingquarzgabel, wie

Im Graphit bilden die Kohlenstoffatome hexagonale Ringe. Das Bild zeigt erstmals die vollständige hexagonale Struktur der Graphitoberfläche (Abbildungen: Uni Augsburg/EKM; siehe Titelbild).



man ihn in Armbanduhren findet. Ein Arm der Schwingquarzgabel trägt eine scharfe Abtastspitze aus Wolfram, wird in Schwingungen versetzt und über die Graphitoberfläche geführt. Diese Konstruktion hat gegenüber den üblichen Abtasthebeln aus Silizium den Vorteil, durch höhere Steifigkeit sehr genau im Bereich der chemischen Kräfte, die das Rasterkraftmikroskop misst, über dem Probenkristall geführt werden zu können. Die typische Reichweite dieser Kräfte beträgt  $0,1$  Nanometer.

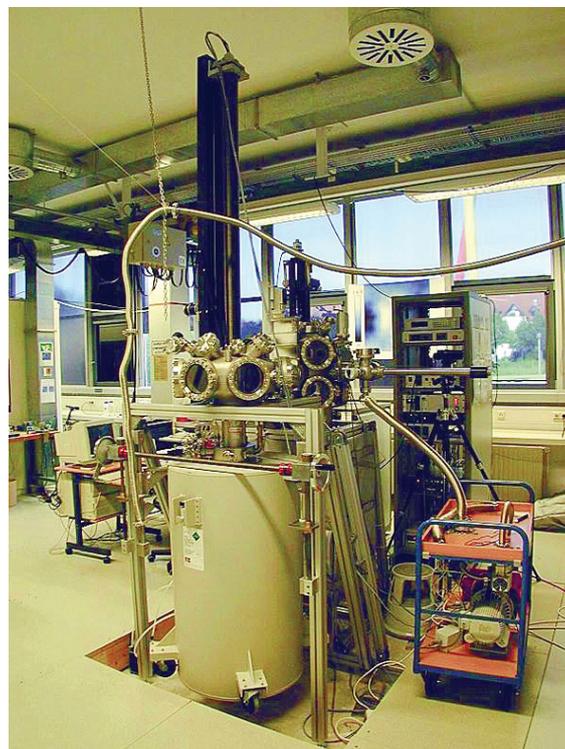
Das Messsignal des Rastertunnelmikroskops, der Tunnelstrom, kann aufgrund der elektronischen Struktur des Graphits nur durch jedes zweite Graphitatom fließen. Die Schwingungsfrequenz der Spitze dagegen ändert sich durch die auftretenden Abstoßungskräfte über jedem Atom der Oberfläche.

Wie Mark C. Hersam und Yip-Wah Chung von der Northwestern University in Chicago in einem begleitenden Kommentar des Artikels in PNAS betonen, könnte die neue Technik auch für die Abbildung anderer weicher organischer und biologischer Moleküle, welche sich mit gewöhnlichen Rastertunnelmikroskopen nur schwierig abbilden lassen, hilfreich sein.

### Das Element 110 heißt jetzt Darmstadtium

**D**as chemische Element mit der Ordnungszahl 110 hat jetzt den Namen „Darmstadtium“. Das Elementsymbol ist Ds.

Der entsprechenden Namensvorschlag der GSI Gesellschaft für Scherionenforschung wurde vom internationalen Chemikerverband IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) nun offiziell angenommen. Es ist damit das schwerste Element im Periodensystem, das mit einem Namen versehen ist. Eine internationale



Graphit findet sich in vielen Alltagsprodukten, etwa Bleistiften, Schmiermitteln und Autoreifen. Angehenden Nanowissenschaftlern ist Graphit gut vertraut: Der erste Kontakt zur Welt einzelner Atome geht für die meisten von ihnen über die Abbildung von Graphit mit einem Rastertunnelmikroskop...

Rasterkraftmikroskop für tiefe Temperaturen. Im Vordergrund ist das Gefäß für das Kühlmittel (flüssiges Helium, Siedepunkt  $-269\text{ °C}$ ) zu sehen. Darüber die Ultrahochvakuumkammer für das Kraftmikroskop.

Forschergruppe konnte Ds im Jahr 1994 zum ersten Mal an der Beschleunigeranlage der GSI nachweisen. Auf ihrer letzten Sitzung im Jahr 2001 hat die IUPAC der GSI das Entdeckerrecht zugesprochen und sie aufgefordert einen Namen vorzuschlagen. Der Name „Darmstadtium“ mit dem Symbol Ds steht in der langen Tradition, chemische Elemente nach ihrem Entdeckerort zu benennen. GSI und Stadt Darmstadt werden in diesem Jahr die offizielle Taufe vornehmen.

## Der Weltmarkt für Inkjet-Tinte

# Digitalfotografie sorgt für wachsenden Absatz

**N**euere Anwendungsbereiche für Tintenstrahldrucker jenseits des traditionellen Desktop-Printing und technische Fortschritte bei der Tintenproduktion lassen den Weltmarkt für Inkjet-Tinte boomen. Im Jahr 2002 noch auf ungefähr 16 Milliarden US-Dollar beziffert, sollen die Umsätze laut einer neuen Analyse der Unternehmensberatung Frost & Sullivan () bis 2009 auf 25 Milliarden US-Dollar ansteigen.

„Klare Vorteile wie niedrige Fixkosten treiben momentan die Nachfrage nach digitalen Druckverfahren nach oben,“ erläutert Andrew Barton, Research Analyst bei Frost & Sullivan. „In diesem Zusammenhang profitiert die Inkjet-Technologie im wesentlichen von ihren geringen Installationskosten, die sie vor allem für zeitlich befristete Anwendungen und individuelle Probedrucke interessant machen. Die Produktionszeiten in der Druckindustrie werden immer kürzer, während die Anzahl der Produktvariationen immer mehr zunimmt. So sind es oft die kurzfristigen Aufträge in der Druckbranche, mit deren Hilfe die Inkjet-Hersteller Zugang zu neuen Marktsegmenten erhalten.“

Den Löwenanteil im Weltmarkt für Inkjet-Tinte hält nach wie vor der Desktop-Printing-Sektor mit einem Umsatz von knapp 15,0 Milliarden US-Dollar (2002). Die kontinuierlichen Zuwächse sind vor allem auf die wachsende Popularität von Digitalfotografie und Digitaldruck-Anwendungen in Privathaushalten zurückzuführen.

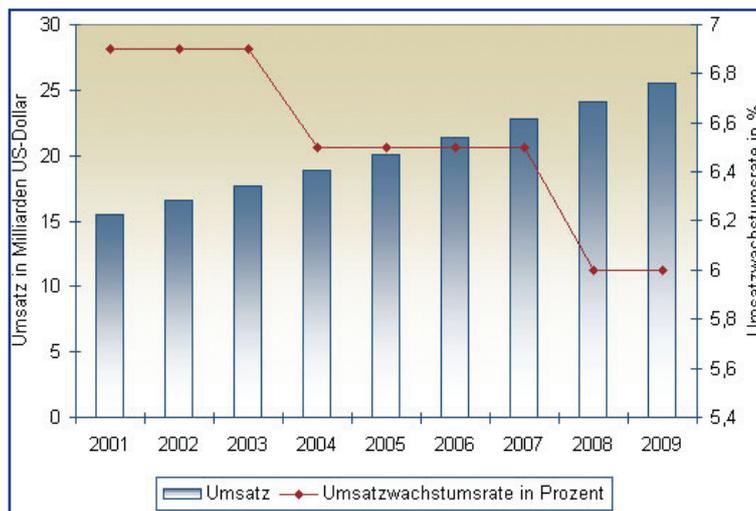
Marktneulinge allerdings bleiben in diesem Sektor aufgrund der extrem hohen Eintrittsbarrieren nahezu chancenlos. Da die Bereiche Druckertechnologie, Druckkopfdesign und Tintenformulierung von den OEMs kontrolliert werden und die Beziehungen zwischen OEMs und Tintenherstellern gut etabliert sind, gibt es quasi keinen Raum für neue Wettbewerber.

Viel mehr Möglichkeiten für einen Einstieg in die digitale Arena bieten dagegen die Produktmärkte für Wide Format Printing und andere industrielle Anwendungen. Entsprechend rechnet Frost & Sullivan für diesen Bereich mit einer Steigerung des Tintenverbrauchs von 4,9 Prozent im letzten Jahr auf fast zwölf Prozent in 2009. In den Umsätzen wird sich diese Entwicklung jedoch wegen des erheblichen Preisverfalls bei Lösungsmitteltinte nicht in diesem Maße widerspiegeln.

Wie gut sich ein Wettbewerber im Markt für Inkjet-Tinte positionieren kann, hängt hauptsächlich von der Qualität seiner Produkte ab. „Die Grundvoraussetzungen sind zunächst gleich, da alle Hersteller Zugriff auf dieselben Rohmaterialien haben. Doch wenn es um technisches Know-how und Erfahrung geht, trennt sich die Spreu vom Weizen,“ so Barton. „Eine Inkjet-Tinte zu entwickeln, die die entscheidenden physikalischen und chemischen Parameter wie Siedepunkt, Oberflächenspannung, pH-Wert und dazu noch sämtliche Endnutzer-Anforderungen an Qualität und Handhabung erfüllt, ist alles andere als trivial.“

### Potenzial durch das Bedrucken unterschiedlichster Substrate

Was die neuen Anwendersektoren betrifft, ist laut Barton ein hohes Maß an Flexibilität erforderlich: „Wer das riesige bislang weitgehend ungenutzte Potenzial außerhalb des Desktop-Printing ausschöpfen will, muss technisch auf dem allerneuesten Stand sein und sich schnell auf jede Neuentwicklung einstellen können. So wird beispielsweise in Zukunft vermehrt Tinte gefragt sein, mit der sich ohne Qualitätsverlust unterschiedlichste Substrate bedrucken lassen. Diese Aussicht macht die Inkjet-Technologie äußerst interessant für Anwendungen jenseits des Desktop-Bereichs.“ Zuverlässigkeit, Ergiebigkeit und Druckgeschwindigkeit sind weitere Faktoren, die für den Endnutzer eine entscheidende Rolle spielen und den Anbietern in Bezug auf ihre Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten noch einiges abverlangen werden. Wenn sich entscheidende Verbesserungen bei der Druckgeschwindigkeit erzielen lassen, wird sich Inkjet auch in der kommerziellen Produktion durchsetzen können, so lautet Bartons



Weltmarkt für Inkjet-Tinte: Umsatzprognose bis 2009 (Abb.: Frost & Sullivan).

Einschätzung. Derzeit wichtigste Hersteller von Inkjet-Tinte und Farbmittel für Desktop-Drucker sind die Unternehmen Avicia und Dupont, deren starke Position auf einer engen Partnerschaft mit OEMs beruht. Im wachsenden Markt für Drittanbieter behaupten sich bislang Pelikan, American Inkjet und Lyson.

Die Erfolge im Bereich Industriedruck sind laut Barton vor allem auf die enge Kooperation von

Tintenherstellern, Druckkopfdesignern und Druckerherstellern zurückzuführen, denen es gelungen ist, ihre technischen Kompetenzen zu bündeln. „Der Schwerpunkt innerhalb solcher Beziehungen verlagert sich momentan weg vom Tintenanbieter hin zu den Druckkopferstellern, die mittlerweile am meisten Einfluss und Kontrolle darüber haben, von wem der OEM seine Tinte bezieht,“ sagt Barton. Die Wettbewerber

in den Anschlussmärkten stehen vor der erheblichen Herausforderung, OEM-loyale Kunden von der Konkurrenz abzuwerben. Alternativstrategien sind gefragt, und neue Endnutzer müssen von der Inkjet-Technologie überzeugt werden. Auch hier wird es vor allem darum gehen, die Qualitäts- und Leistungskriterien der Kundschaft zu erfüllen und ihr auf diese Weise die Vorteile des Digitaldrucks nahe zu bringen.

## Finanzierung der Krankenversicherung

# Wohl noch lange ein Zankapfel

**Eine sozial akzeptable Finanzierung der Krankenversicherung ist auch nach der Einigung zwischen Regierung und Opposition vom Juli 2003 noch nicht in Sicht. Denn deren Vorschläge für die Gesundheitsreform lösen nicht das Qualitäts- und Finanzierungsproblem der Gesetzlichen Krankenversicherung (GKV).**

Thomas Gerlinger, Gesundheitsexperte am Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB), bezweifelt, dass die Reformvorschläge ein tragfähiges Konzept für eine zukunftsfähige Krankenversicherung bilden. Um alle Bürger medizinisch hochwertig und zugleich kostengünstig und sozial ausgewogen versorgen zu können, reichen die Eckpunkte für die geplante Gesundheitsreform nicht aus. Die Mängel des deutschen Gesundheitssystems, das im internationalen Vergleich bei einem hohen Ressourceneinsatz nur mittelmäßige Behandlungsergebnisse hervorbringt, würden nicht behoben, so Gerlinger.

Die Versicherten bzw. Patienten müssen nach den Reformvorstellungen die Hauptlast tragen, nämlich 8,5 der vorgesehenen zehn Milliarden Euro, um die die Kassen 2004 entlastet werden sollen: durch eine Praxisgebühr (10 Euro je Patient und Quartal), die Erhöhung der Zuzahlungen

und die Ausgliederung einzelner Leistungen aus der paritätischen Finanzierung. Die Folge wäre eine starke Privatisierung von Krankheitskosten, die überdies kräftig anziehen würden. Von der Reform würden vor allem die Arbeitgeber entlastet werden, da der GKV-Beitragssatz bis 2006 auf 13 Prozent sinken soll. Dies ist auch die Absicht der Reform. Ob dadurch jedoch Wachstumsimpulse und neue Arbeitsplätze entstehen könnten, ist durchaus umstritten. Im EU-Vergleich hat nämlich Deutschland keineswegs eine hohe, sondern lediglich eine durchschnittliche Steuer- und Abgabenquote. Andere europäische Wohlfahrtsstaaten haben sogar bei höherer oder vergleichbar hoher Steuer- und Abgabenlast eine geringere Arbeitslosenquote.

Auch das Vertragsmonopol der Kassenärztlichen Vereinigungen für die ambulante Versorgung soll nicht beseitigt werden. Deren Verhandlungsmacht verhinderte aber immer wieder, innovative Versorgungsformen zu schaffen und die Standesinteressen der Ärzteschaft gegen Modernisierungsbestrebungen zu brechen. Fazit von Gerlinger: „Insgesamt werden Ärzte, pharmazeutische Industrie und Apotheken nur in geringem Umfang zur finanziellen Entlastung der GKV herangezogen. Ein Blick auf die Schweizer

Gesundheitsreform von 1996, die Thomas Gerlinger ebenfalls analysierte, zeigt, dass dort die hohen Ausgabensteigerungen nicht gebremst wurden. Auch die Bilanz innovativer Versorgungsformen ist eher ernüchternd; eine Qualitätssteigerung bei der Behandlung von Patienten hat kaum stattgefunden. Und die Gesundheitsausgaben der Schweiz sind – im Jahre 2000 – die zweithöchsten der Welt: 10,7 Prozent des Bruttoinlandsprodukts; nur die U.S.-amerikanischen sind höher (13,7 Prozent). Deutschland nimmt mit 10,4 Prozent den dritten Platz ein. Eine Politik der Kostendämpfung, die auf finanzielle Anreize auf der Nachfrageseite setzt, führt also allenfalls zu Kostenverlagerungen, nicht aber zu einer Begrenzung der Ausgaben, so Thomas Gerlingers Resümee aus den Schweizer Erfahrungen.

In Deutschland beruht das Finanzproblem der Gesetzlichen Krankenversicherung vor allem darauf, dass wegen hoher Arbeitslosigkeit und des seit Jahren nur schwachen Anstiegs der Einkommen aus abhängiger Beschäftigung zu geringe Einnahmen erzielt werden. Der GKV-Beitragssatz würde heute nämlich statt 14,4 nur 11,6 Prozent betragen, hätten sich seit 1980 in den alten Bundesländern die beitragspflichtigen Löhne und Gehälter synchron zum Bruttoinlandsprodukt entwickelt.

## TERMINE

20. – 22.10.2003

### European Informatics User Meeting

Meeting von Applied Biosystems in Rom  
Tel.: +39 039 8389269  
<http://events.appliedbiosystems.com>

30.10.2003

### Regelparameter und Optimierung von Reglern

Seminar von Jumo in Biebertal  
Tel.: 0661 6003 396; [www.jumo.net/Seminare](http://www.jumo.net/Seminare)

03. – 05.11.2003

### Grundlagen der Technischen Elektrochemie

Weiterbildungskurs der Dechema in Frankfurt  
Tel.: 069 75 64 253; [www.dechema.de/kurse](http://www.dechema.de/kurse)

10. – 12.11.2003

### Die Analytik von Luftschadstoffen

Kurs des FTU Karlsruhe in Karlsruhe  
Tel.: 07247 82 4045; [www.fortbildung.fzk.de](http://www.fortbildung.fzk.de)

11. – 13.11.2003

### Gute Laborpraxis (GLP)

Seminar von Klinkner & Partner in Saarbrücken  
Tel.: 0681 97 62 231; [www.klinkner.de](http://www.klinkner.de)

14.11.2003

### Elektrosmog

Kurs des FTU Karlsruhe in Karlsruhe  
Tel.: 07247 82 4045; [www.fortbildung.fzk.de](http://www.fortbildung.fzk.de)

17. – 18.11.2003

### Grundlagen der Kunststofftechnologie

Seminar der VDI-Wissensforum GmbH in Stuttgart  
Tel.: 0211 62 14 201; [www.vdi-wissensforum.de](http://www.vdi-wissensforum.de)

24. – 25.11.2003

### Labormanager-Forum 2003

Forum von Klinkner & Partner in Mannheim  
Tel.: 0681 97 62 230; [www.labormanager.de](http://www.labormanager.de)

24. – 25.11.2003

### Biowissenschaftliches Intensivtraining

Fortbildung des WIT Tübingen in Tübingen  
Tel.: 07071 29 76439; [www.uni-tuebingen.de/wit](http://www.uni-tuebingen.de/wit)

26. – 27.11.2003

### Eignung und Kostenwirksamkeit von Sanierungsmaßnahmen

Seminar des Umweltinstituts Offenbach in Offenbach  
Tel.: 069 81 06 79; [www.umweltinstitut.de](http://www.umweltinstitut.de)

## NEUE BROSCHÜREN, CDs, WWWs



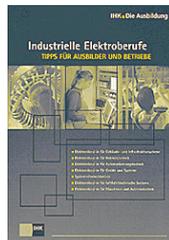
### ROHRVERBINDUNGEN UND ARMATUREN

aus rostfreiem Edelstahl. Die **LINNEMANN GmbH** hat einen Gesamtkatalog in deutscher und englischer Sprache herausgegeben. Die Produktpalette umfasst über 12000 Artikel, die in 20 Kapiteln zusammengefasst sind. Die Artikel werden bei verfahrenstechnischen Anlagen für Gase, Flüssigkeiten und Schüttgüter eingesetzt. Zu beziehen unter Tel. 07071/97555-0, Fax 07071/9755510 oder <http://www.linnemann-online.com>



### GENTECHNISCHE DIAGNOSTIK,

Klonen und Stammzellforschung und Xenotransplantation bespricht die Biologin und Gentechnik-Expertin Dr. Barbara Kochte-Clemens in ihrer Kurzbroschüre. Die **TA-Akademie** informiert über die naturwissenschaftlich-technischen Grundlagen und verschafft einen Überblick über die wichtigsten gesundheitlichen und sozialen Risiken der Gentechnik im Medizinbereich. Zitate aus der aktuellen Fachliteratur und eine umfangreiche Literaturliste, die auch zahlreiche Internet-Links enthält, runden die Publikation ab. Zu beziehen unter Tel 0711 9063 227, und [www.ta-akademie.de](http://www.ta-akademie.de)



### BERUFLICHE BILDUNG 2004

Der Gesamtkatalog ist ab sofort beim **Technischen Institut für Aus- und Weiterbildung, Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG** aus Konstanz erhältlich. Auf über 400 Seiten werden die neuesten Lehr- und Lernmedien speziell für Ausbildungsberufe im Bereich Elektro und Metall, inklusive der sechs neuen industriellen und drei neuen handwerklichen Elektroberufe präsentiert. Zahlreiche Neuerungen bietet der Spezialteil Weiterbildung. Zu beziehen unter Tel 07531 5801 14 oder [www.christiani.de](http://www.christiani.de)



### UNTERNEHMEN

stellen sich vor: **Sasol Ltd.**

ist eines der größten Unternehmen in Südafrika im Bereich der Öl- und Gasproduktion. Durch die Übernahme des ehemaligen Chemiebereichs von RWE-Dea „Condea“ ist Sasol Ltd. zu einem Global Player geworden. Insgesamt arbeiten derzeit mehr als 30000 Menschen für Sasol Ltd., auch in Deutschland. Nähere Informationen gibt das Factbook. Tel 06172 4533305 oder [www.sasol.com](http://www.sasol.com)



### EIN IMAGEFILM

der **Bakelite AG** kann auf CD-Rom bezogen werden. Das Unternehmen zählt zu den weltweit führenden Herstellern duroplastischer Kunststoffe, mit vier Standorten in Deutschland und insgesamt 1750 Mitarbeitern. Die Produkte werden im Sport, sowie im Automobil- und Flugzeugbau verwendet. Tel 02374 925 467 oder Fax 02374 925 733 oder [www.bakelite.de](http://www.bakelite.de)

## Botulinustoxin

Seit kurzem benutzt die Behörde für Lebensmittelsicherheit des US Department of Agriculture (US-DA) einen neuen Test von IGEN International für Botulinustoxin. Die Behörde, verantwortlich für Fleisch, Geflügel und Eier, hat den Test nach gründlicher Überprüfung im Labor gekauft. Botulinustoxin ist eine ernsthafte Bedrohung der nationalen Sicherheit. Es ist eine der giftigsten Substanzen der Natur. Das Gewichtsäquivalent einer Büroklammer reicht schon aus, um etwa eine Million Menschen zu töten. IGEN hat mittels seiner patentierten Origen-Technik einen sehr schnellen und sensitiven Test für Botulinustoxin in Lebensmittel-Proben entwickelt. Im Laufe des letzten Jahres hat IGEN seine Origen-basierten Produkte für biologische Agentien erweitert, so auch für Anthrax und Staphylokokkenenterotoxin B. Diese werden demnächst für Kunden verfügbar sein. Weltweit steigt die Nachfrage für Verteidigungstechnik gegen biologische Waffen. IGEN arbeitet nicht nur mit der US-Regierung zusammen, sondern führt auch Verhandlungen mit europäischen Regierungen wie Großbritannien, Deutschland, Spanien und Schweden.

IGEN Europe Inc., UK  
Tel +44 (0)1993 892240  
Fax +44 (0)1993 892241  
[www.igen.com](http://www.igen.com)

## Waagen

Im umfangreichen Waagenprogramm der Firma Scientech Inc. befindet sich die einzige Analysenwaage mit einem Wägebereich bis 510 Gramm und einer Ablesegenauigkeit von 0,1 Milligramm. Weiterhin gibt es eine Präzisionswaage mit einem Wägebereich von 1500g Gramm und einer Ablesegenauigkeit von 1 Milligramm. Die technischen Besonderheiten der Waagen zeigen sich in dem besonders präzisen Displacement-detektor, dem selbstjustierenden Servo-System, und der Echtzeit-Temperaturkompensation. Optional kann in die Analysenwaagen ein motor-betriebenes Justiergewicht integriert werden, wodurch die Prüfmittelüberwachung erleichtert wird. Alle Standard-Wägeverfahren können durchgeführt werden, wie Stückgutzählung, Lebende Tiere, Karat und Prozentwägung. Die Bedienung erfolgt über 5 Tasten. Im Display erscheint zusätzlich zum Gewicht eine Kapazitätsanzeige und eine Stabilitätskontrolle. Je nach Umgebung kann ein Vibrationsfilter eingestellt werden. Die Waagen verfügen über eine RS232-Schnittstelle zur Ausgabe des GLP-Reports oder des ISO Balance Test auf einen Normalpapierdrucker oder einen PC. Anschluß an Windows-Hyperterminal oder die Software BalanceTalk ist ebenfalls möglich. Optional kann ein PDA



angeschlossen werden, über den statistische Auswertungen möglich sind und der zusätzlich ein Unterschriftenfeld zu den Ergebnissen beifügt. Das verfügbare Zubehör wie Anti-Vibrationsplatten, Drucker, Staubschutz, rückführbare Kalibriergewichte runden das Programm ab. Die Firma Scientech Inc. wird auf dem deutschen Markt von der Firma TAU Consult vertreten.

TAU Consult  
12249 Berlin  
Tel 030 76704193  
Fax 030 76704191  
[www.tau-consult.de](http://www.tau-consult.de)

## Barcodescanners

Neu im Angebot der Barcodat GmbH ist der 2D-Barcodescanner Imager IT 4600, der in den Ausführungen IT 4600PDF für lineare Barcodes, PDF 417 und IT 4600 2D zusätzlich für die Erfassung von 2D-Codes und zur Digitalfotografie existiert. Alle Barcodes werden omnidirektional gelesen. Weitere Möglichkeiten ergeben sich aus dem Erfassen von Unterschriften und der digitalen Aufnahme von Bildern. Fehler können vor Ort aufgenommen und dokumentiert werden. Eine schnelle und einfache

Integration ist durch die Vielzahl der Schnittstellen und die integrierte Editiersoftware möglich. Der IT 4600 kommt vorrangig in Labor, Handel oder der Elektronikfertigung zum Einsatz. Dank seiner hohen Tiefenschärfe und seiner hohen Lesesicherheit auch bei beschädigten oder verschmutzten Codes kann der Scanner zur Optimierung Ihrer Prozesse in Materialfluss und Logistik beitragen.

Barcodat GmbH  
Dornstetten  
Tel 07443 9601 0  
[www.barcodat.de](http://www.barcodat.de)



## Natriumbestimmung

Die neuartige Natrium-selektive Elektrode ist mit einer Membran ausgestattet, die eine hervorragende Selektivität für  $\text{Na}^+$ -Ionen aufweist. Bei einem Konzentrationsbereich  $< 50 \text{ ppm Na}^+$  kann die Probe direkt vermessen werden. Auf die sonst übliche Zugabe von ISA-Lösung kann verzichtet werden. Einschleppungen von  $\text{Na}^+$ -Verunreinigungen sind somit ausgeschlossen. Die Querempfindlichkeit gegenüber anderen Kationen gleicher Ladung und ähnlicher Ionengröße sowie gegenüber Protonen ist im Vergleich zu herkömmlichen Natrium-selektiven Glaselektroden stark verringert.

Im Gegensatz zur Glasmembran-ISE ist es nicht erforderlich, mit einer Double-Junction-Bezugselektrode zu arbeiten. Eine mit  $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/Liter}$  gefüllte Bezugselektrode liefert beste Ergebnisse in Bezug auf Richtigkeit und Präzision. Langes Konditionieren der Membran vor dem Gebrauch ist nicht mehr erforderlich. Es reicht, die Elektrode vor der Messung mit destilliertem Wasser abzuspielen. Die Polymermembranelektrode ist sofort einsatzbereit.

70794 Filderstadt  
Tel 0711 7 70 88 0  
Fax 0711 7 70 88 55  
[www.metrohm.de](http://www.metrohm.de)



## Genexpression

Applied Biosystems hat ein Set von Ratten-Genexpressions-Kits herausgebracht. Die Assays eignen sich sowohl für die Krankheitserforschung am Rattenmodell, als auch für Toxizitätsstudien chemischer Substanzen einschließlich Medikamentenprüfung. Die kostengünstigen Test-kits sind einfach und schnell anwendbar.

Die Tests basieren auf gut charakterisierten Transkripten der NCBI Referenz Sequenz Datenbank für Rattengene. Die Reagentien bestehen aus Stamm-neutralen Sequenzen.

Die Test-kits gibt es entweder als Applied Biosystems 7900HT Micro Fluidic Cards oder als 2D Strich-



codierte Röhren für ABI PRISM 7900HT, 7700 und 7000 Sequenzdetektor-Systeme. Beide Formate beinhalten eine CD, deren Daten in ein Sequenzdetektor- oder ein LIMS-System hochgeladen werden können. Es gibt derzeit mehr als 1500 probes und primer-sets von Applied Biosystems.

Applied Biosystems  
Tel +44 (0)1925 825650  
Fax +44 (0)1925 282502  
<http://europe.appliedbiosystems.com>

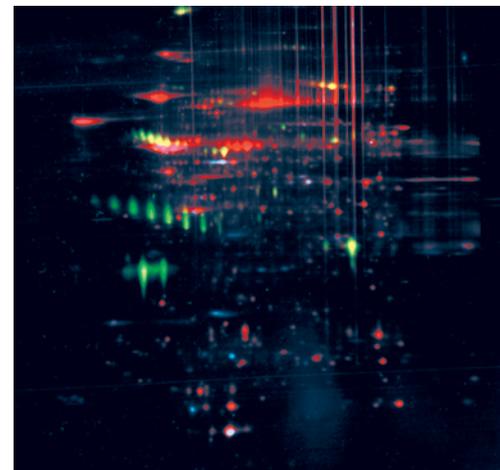
## Proteome

Auf der Biotechnica 2003 (Hannover, 7.-9.10.03) wird Molecular Probes sein Sortiment fluoreszierender Reagenzien für PAGE-Anwendungen vorstellen, die in Kombination im Bereich der Multiplexed Proteomics verwendet werden. Die Proteomik-Plattform ermöglicht die direkte Detektion und Quantifizierung der Proteingehamtsmenge sowie spezifischer Proteine in einem einzigen Gel, und erleichtert somit die Durchführung umfangreicher Proteomanalysen.

Die Proteingel-Färbemittel Sypro Ruby, Pro-Q Diamond und Pro-Q Emerald sind leistungsstarke Reagenzien und können zur Detektion des Gesamtproteins, von Phosphoproteinen und Glykoproteinen auf einem 2-D-Gel verwendet werden. Durch Multiplexed Proteomics können diese Färbemittel in Kombination verwendet werden, zur

gleichzeitigen Detektion mehrerer Protein-Targets, wodurch mehr Daten aus einer einzelnen Probe gewonnen werden können.

Molekular Probes  
2333 AA Leiden, Holland  
Tel +31 71 523 68 50  
Fax +31 71 523 34 19  
[www.probes.com](http://www.probes.com)





## Rückstände

Das Labor Dr. Specht & Partner, Mitglied der Eurofins Scientific Group, hat ein API 4000 LC/MS/MS System installiert, zusätzlich zu zwei schon vorhandenen API 2000 LC/MS/MS Systemen. Das Labor analysiert Pestizid-Rückstände in Lebensmitteln.

Dr. T. Anspach, Senior-Wissenschaftler, erklärt: „Viele unserer Kunden, unter anderem auch Babynahrungs-Produzenten, haben strenge Qualitätsstandards, die wir ihnen auch zusichern können. Neben Pestiziden analysieren wir auch Mykotoxine. Für die agrochemische Industrie bestätigen wir

neue Protokolle der Pestizid-Erfassung nach GLP-Richtlinien. Unser Probenaufkommen ist in den letzten Jahren um 100 Prozent gestiegen und wird wegen der europäischen Richtlinien noch weiter ansteigen.

Unsere Probenvorbereitung ist arbeitsintensiv: zerschneiden, homogenisieren, extrahieren und mehrfache Aufreinigungsschritte. Einige der Reinigungsschritte können mit LC/MS/MS Systemen eingespart werden. Das API 4000 System ist noch sensitiver als die API 2000 Systeme. Deshalb können die Proben 1 zu 10 oder 1 zu 50 verdünnt werden. Somit werden Matrix-Effekte vermieden.“

Applied Biosystems

Tel +44 (0)1925 825650

Fax +44 (0)1925 282502

<http://europe.appliedbiosystems.com>

## Labor-Software

Sanquin Diagnostic Services, ein Zweig der Sanquin Blood Supply Foundation in Amsterdam, installiert in der Abteilung Diagnostischer Service eine Software von Applied Biosystems für forensische Untersuchungen und Vaterschaftstests. Peter van Eede, Laborleiter, erklärt: „Unser Labor bekommt etwa 500 Fälle von Vaterschaft, Immigration und vermisste Personen pro Jahr zum testen, mit steigender Tendenz. Die Test-Protokolle sind streng, und wir sind eines der wenigen Labors in Holland, das die Berechtigung für DNA-Tests hat.“



Wir möchten unsere Daten zusammen mit existierenden Geräten für die bessere Organisation in ein LIMS System integrieren. Aufgrund guter Empfehlungen der Plasma-Abteilung von Sanquin, die das System auch schon benutzen, haben wir uns für das LIMS System von Applied Biosystems entschieden. Es ist eher Fall- als Probenorientiert. Jeder Mitarbeiter hat den Überblick über jeden Fall, vom ersten Kundenkontakt bis zum Ergebnis-Bericht.

Applied Biosystems

Tel +44 (0)1925 825650

Fax +44 (0)1925 282502

<http://europe.appliedbiosystems.com>

## Wasserbestimmung

Mit dem Water Detection System 400 (WDS 400) entwickelte die Sartorius AG ein Analysegerät für die selektive Wasserbestimmung in Feststoffen. Während thermogravimetrische Messverfahren neben Wasser auch andere Inhaltsstoffe wie Öle, Fette oder Alkohole verflüchtigen und diese Stoffe im Ergebnis nicht differenzieren, ist das WDS 400 darauf spezialisiert, den reinen Wassergehalt einer Probe zu analysieren. Dazu vereint das Gerät Thermoanalyse und Coulometrie zu einem präzisen Bestimmungsverfahren, mit einer Nachweisgrenze von einem Mikrogramm Wasser. Der Messbereich erstreckt sich von wenigen parts per million bis zu 15 Prozent absolutem Was-

sergehalt. Von jedem elektrolysiertem Wassermolekül tragen zwei Elektronen zu einem messbaren elektrischen Strom bei, der sich über das Faradaysche Gesetz in die Anzahl der Moleküle und somit in die Masse des verdampften Probenwassers umrechnen lässt. Der Verlauf der Messung und eine fraktionierte Auswertung der Oberflächen-, Kapillar- und Kristallwasserpeaks erfolgt abschließend auf einem, an das Gerät angeschlossenen Windows-PC. Die erforderliche Steuer- und Auswertesoftware ist im Lieferumfang des Geräts enthalten.

Sartorius AG

37070 Göttingen

Tel 0551 308 3702

Fax 0551 308 3572

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

## Siebe

Madison Filter, ein Unternehmenszweig des weltweit größten Unternehmens für industrielle Filtermedien, hat zur Kalibrierung seines neuen Sortiments an Präzisions-Testsieben die Mikrophärenmethode von Whitehouse Scientific gewählt.

Für die Maschenweite des neuen Siebsortiments wurde eine Vorauswahl getroffen, sodass die Maschengröße möglichst dicht an der Normalgröße der ISO- und ASTM-Siebreihe liegt. Jedes Sieb wird dann individuell nach NIST-Standards kalibriert und die tatsächliche Maschengröße aufgedruckt.

Ein wesentlicher Vorteil ist, dass die Siebe vom Analytiker neu kalibriert werden können, ohne an den Hersteller eingeschickt werden zu müssen.

Madison Filter Group  
Haslingden, Lancs, UK  
Tel +44 (0)1706 239 500  
Fax +44 (0)1706 239 529  
www.madisonfilter.com



## Rotormöhlen

Die Retsch Schlagrotormöhlen SR 200 und SR 300 werden für die analysengerechte Probenaufbereitung von weichen, mittel-harten und spröden Materialien eingesetzt. Die Zerkleinerung erfolgt dabei in diesen Mühlen durch Prall- und Scherwirkung zwischen schnellrotierendem Rotor und fest-

stehendem Ringsieb. Die Probe wird am Rotor vor- und zwischen Rotor und Sieb feinerkleinert. Für die Aufbereitung größerer Probenmengen und Probematerialien, die temperaturempfindlich, leicht fett- und ölhaltig oder weich sind bietet Retsch jetzt anwendungsoptimierte Rotoren an. Diese sogenannten Distanzrotoren sorgen mit ihrem kleineren Durchmesser für einen größeren Mahlpalt, was zu einer Verringerung der Reibungswärme führt. Durch die geringere Erwärmung von Gerät und Probenmaterial wird so einem Verschmieren der Siebe und der Blockade des Rotors vorgebeugt. Der Einsatz von Distanzrotoren ist sinnvoll bei der Zerkleinerung folgender Materialien: Pulverlacke, Gelatine-Granulat, Phenolharze, Cellulose Granulat, Collagen, Lactose und Fructose, Wachholderbeeren, Pfefferkörner, Haferkleie, Stärkeprodukte (Kartoffelstärke, Reisstärke) und Fischmehl.

Retsch GmbH & Co. KG,  
42781 Haan  
Tel 02129 55 61 155  
Fax 02129 87 02  
www.retsch.de

## Kühlsysteme

MediTemp hat sich auf die Entwicklung und Herstellung temperaturgesteuerter Geräte und Anlagen spezialisiert. Das System besteht aus einzelnen Klimaschränken, die in ein (Nutz-) Fahrzeug gestellt werden. Die Temperatur kann zwischen 0 und 40 Grad Celsius eingestellt werden und wird automatisch gehalten, je nach Außentemperatur. So kann man mit verschiedenen Temperaturen im Fahrzeug arbeiten. Beim Austausch eines Fahrzeuges ist eine leichte Umstellung möglich, der Restwert eines Fahrzeuges ohne feste Kühlung ist höher. Ein zuverlässiges Energiesystem sorgt für die autonome Funktion der Temperaturschränke bei ausgeschaltetem Motor des Fahrzeuges. Durch eine Schaltuhr können die Schränke zur gewünschten Zeit einge-

schaltet werden. Alle MediTemp Schränke sind mit Sensoren und Konnektoren für den Anschluss eines Dashboard-Kontrollpults und Anschluss eines Temperaturdatenspeichersystems vorbereitet. Am Armaturenbrett sieht der Fahrer die aktuellen History-Daten auf einen graphischen Bildschirm. Die Kapazität des Speichers reicht für Temperaturdaten von maximal ein Jahr. Ausgelesen werden die Daten beispielsweise durch einen Infrarot Datenspeicherschlüssel. Diese Daten können dann bequem zur weiteren Verarbeitung und Kontrolle in einen PC eingelesen werden. Oder sie werden vom Fahrzeug direkt in den Firmen-PC eingelesen. Die Kombination der herausnehmbaren Temperaturschränke mit Energiesystem, Dashboard-Kontrollpult und Speichersystem sorgt für eine hohe Qualität der Probenahme, wobei zugleich betriebswirtschaftliche Vorteile erzielt werden.

MediTemp  
47669 Wachtendonk  
Tel 02836 971569  
Fax 02836 971267  
www.meditemp.com

## DC/HPTLC

CAMAG hat ihr Applikationslabor für zeitgemässe Planar-Chromatographie umgerüstet. Eine der Hauptaufgaben des Labors ist es, neue Anwendungsgebiete für die Planar-Chromatographie zu erschliessen. Ein aktueller Schwerpunkt unserer Tätigkeit ist die Modernisierung und Harmonisierung der DC/HPTLC in der Analytik von Arzneipflanzen. Das neue Labor bietet Kunden die Möglichkeit, sich in Kursen und bei individuellem Training mit praktischen Aspekten der modernen Planar-Chromatographie vertraut zu machen. Im Rahmen von Projekten führen wir darüber hinaus Auftragsanalytik durch.

CAMAG, CH-4132 Muttenz/Schweiz  
Tel +41 61 467 34 34  
Fax +41 61 461 07 02  
www.camag.com

# Bezugsquellenverzeichnis

## ANALYSEN

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

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

## 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

## DOSIERPUMPEN

**LEWA Herbert Ott GmbH + Co.**  
Postfach 1563, D-71226 Leonberg  
Tel. 07152 14-0  
Fax 07152 14-1303  
E-mail: lewa@lewa.de  
http://www.lewa.de

## 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



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



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

## HOHLKATHODENLAMPEN

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

## KÜHL- UND TIEFKÜHLGERÄTE



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



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

## KÜVETTEN

**HELLMA GMBH & CO. KG**  
Postfach 1163  
D-79371 Müllheim  
Tel. 07631 182-0  
Fax 07631 135-46  
www.hellma-worldwide.com  
aus Glas, Spezialgläser, Quarzgläser

## LABORCHEMIKALIEN

**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

**Waldner Laboreinrichtungen  
GmbH & Co. KG**  
Haidösch 1, D-88239 Wangen  
Tel. 07522 986-480, Fax 07522 986-418  
www.waldner.de, labor@waldner.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



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



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



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

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

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

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



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

## PH/REDOX-ISE-MESSUNG

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

## PH-MESSGERÄTE

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

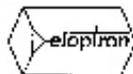


HANNA Instruments  
Deutschland GmbH  
Lazarus-Mannheimer-Straße 2-6  
D-77694 Kehl am Rhein  
Tel. 07851 9129-0 Fax 07851 9129-99

## PHOTOMETR. WASSERANALYSE GERÄTE UND TESTSÄTZE

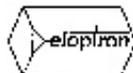
WTW, Weilheim  
Tel. 0881 183-0, Fax 0881 62539

## 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

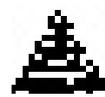


HANNA Instruments  
Deutschland GmbH  
Lazarus-Mannheimer-Straße 2-6  
D-77694 Kehl am Rhein  
Tel. 07851 9129-0 Fax 07851 9129-99

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!

Töne eindeutig und klar in ein System einzuordnen und sprachlich gleichsam formelhafte zu benennen. Das müßte zunächst wesentlich praktische Bedeutung haben, denn bei der Überfülle der Namen für Farben und Farbtönen wisse ja eigentlich niemand recht, welche Farbe wirklich gemeint sei. Bestelle man aber nach dem neuen System eine Farbe, die etwa als 38 lc oder 17 na bezeichnet werde, so sei kein Irrtum mehr möglich: die Farbe sei damit genau so eindeutig bestimmt als wenn ein Musiker dem Klavierstimmer sagt, er brauche die Saite cis". Darüber hinaus aber glaubte Ostwald, und das war nach seinen eigenen Worten sein eigentliches Ziel bei der Aufstellung des Farbensystems, daß es gelingen würde, die Harmonie der Farben durch ihre Normierung und systematische Benennung sicherstellen zu können, etwa in dem Sinne, daß man sagen könnte: in einem Kleide können die Farben 38 lc und 17 na nebeneinander vorkommen, da sie miteinander harmonieren, dagegen harmoniere 18 lc nicht mit 25 nb. Daß hierbei wesentliche psychologische Momente des Farberlebens außer Acht gelassen wurden, daß übersehen wurde, daß letztlich keine absoluten Farbenharmonien existieren, sondern daß es von der Art der Beleuchtung, der Umgebung usw. abhängt, ob zwei Farben miteinander verträglich sind oder nicht, brachte das neue Farbensystem bald in den Ruf einer schablonenhaften Systematik, die am Wesentlichen vorbeizieht. Doch nicht das Mißlingen der Ausführung im Einzelnen ist entscheidend, wichtig bleibt der großartige Versuch, in die unüberschaubare Vielfalt der Farben und Farbtönen und in das Chaos der Farbenbenennung Ordnung bringen zu wollen.

#### Der Philosoph

Ein weiterer Schritt über die Grenzen der Fachwissenschaft hinaus führte Wilhelm Ostwald dann in die Philosophie — hier gewann sein Name bald große Bedeutung, da er durch Lehre, Vortrag und Schriften für seine Ideen sehr wirkungsvoll eintrat. Der Ruf des Philosophen Ostwald ist schnell versunken und verklungen, da seine Philosophie allzu zeitgebunden und in der Verfolgung eines Grundgedankens zu einseitig war.

Seine Philosophie erwuchs ihm aus seiner chemischen Arbeit, vor allem aus seinen Untersuchungen über die Energie. Dieser Begriff der Energie gewann in seinem Denken allmählich eine so zentrale Stellung, daß er ihm der Schlüssel zur Lösung der letzten Weltgeheimnisse zu sein schien. Als er zu Beginn unseres Jahrhunderts den „Deutschen Monistenbund“ gründete, gehörte auch Ernst Haeckel zu diesem Kreise, aber Ostwald war

nicht wie Haeckel im engeren Sinne Materialist, sondern er war Energist. Die Substanz aller Dinge war für ihn „Arbeit und alles, was aus Arbeit entsteht oder sich in Arbeit umwandeln läßt“. Somit beruhen „alle Ereignisse auf räumlichen und zeitlichen Änderungen der Energie. Alle Dinge und Geschehnisse dieser Welt kann man also energetisch ausdrücken“.

Wie so oft bei philosophischen Versuchen, die einseitig aus einer bestimmten wissenschaftlichen Sicht erwachsen, wurde auch hier das im Kern Richtige der Gedanken durch die Übertreibung und unzulässige Verallgemeinerung falsch. Wie wenig Ostwald die Grenzen seines Ausgangspunktes erkannte, wird daraus ersichtlich, daß er allen Ernstes als Grundlage einer Ethik den Satz aussprach: „Vergende keine Energie, verwerte sie!“

Doch der energetische Grundgedanke ist nicht vergangen, sondern wirkt als eine Art geistiger Katalysator auch heute noch weiter, wenn auch gewiß in anderer Richtung, als es in Ostwalds Plänen und Wünschen gelegen hat. Und darin zeigt sich letztlich wieder, mit wie sicherem Instinkt Wilhelm Ostwald die großen Fragen des Daseins wie seiner Fachwissenschaft gesehen hat, aus welcher weiten Sicht er an die Probleme, die ihm wichtig erschienen, herangetreten ist. Und so fügt sich auch das, was an seinem Wirken und Schaffen heute überholt ist, doch in das große Gesamtbild dieses Mannes ein, und man darf voll und ganz dem Worte zustimmen, das Prof. Günther in seinem Festvortrag über Ostwald aussprach: „Wo er große Erfolge erreichte und auch dort, wo sie ihm versagt blieben, ist die schöpferische Leidenschaft seines Wirkens die gleiche und ist als Beispiel gültig über die Grenzen eines jeden Faches hinaus“.

#### Erläuterung zum Titelbild: Quantitatives Arbeiten im Laboratorium.

Der Chemiker kommt oft in die Lage, einen Niederschlag quantitativ aus einer Lösung zu isolieren. In den Zeiten, in denen das Papierfiltern allein herrschte, machte das unter Umständen große Schwierigkeiten. Heute verwendet man dazu Glasiegel oder Porzellaniegel mit porösem Boden (Filteriegel), die sehr resistent sind gegen Säuren, sogar gegen dünnere Laugen und organische Lösungsmittel. Die Poren dieser Tiegel sind allerdings so fein, daß man die Lösungen entweder durch Anwendung von äußerem Überdruck hindurchpressen oder aber mit Vakuum hindurchsaugen muß. Der Laborant auf unserem Bilde ist gerade damit beschäftigt, den in den Kolben im Vordergrund sichtbaren Niederschlag in den Filteriegel abzusaugen. Er hat diesen zu diesem Zwecke mit Gummimanschette und Absaugtrichter (Tulpe!) auf eine dickwandige Saugflasche montiert, die von der rechts im Bild teilweise sichtbaren Vakuumanlage (Woulsche Flasche) evakuiert wird.

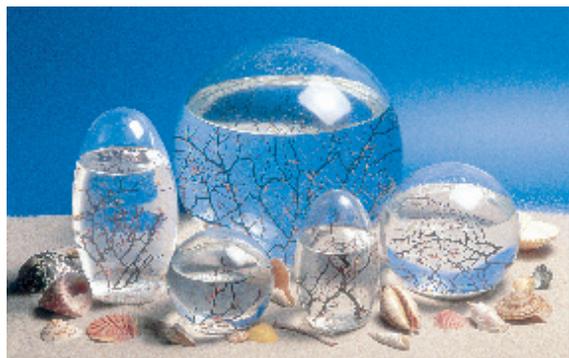
Der größere Teil des Niederschlags befindet sich bereits im Tiegel, den Rest spült der Laborant gerade mit der Spritzflasche aus dem Kolben. Man beachte, wieviel Vorteil die beweglich auf der Spritzflasche montierte Spitze bietet, mit einer festen Spitze wäre es kaum möglich, den Niederschlag völlig aus dem Rundkolben zu bringen.

In vielen Fällen arbeitet man leichter mit Erlensmeyerkolben, aus denen man, wegen der geraden Wände, Niederschläge wesentlich besser herausbekommt. (Photo: M. Göllner, Frankfurt)

Fortsetzung von Umschlagseite 2

## Halten Sie ein Ökosystem mit Tieren und Pflanzen in Ihren Händen: Eine Glaskugel im ökologischen Gleichgewicht

**H**ellrote Garnelen, Mikroorganismen und Algen leben gemeinsam in Wasser mit Meerwasser-ähnlicher Salzkonzentration. Sie sind vollständig von Glas umschlossen; es findet kein Gas- oder anderer Stoffaustausch mit der Umwelt außerhalb des Glases statt! Triebfeder für das Leben im Glas ist einzig das eingestrahlte Licht.



Winzige Algen, zum Teil an getrockneten Gorgonien, erzeugen aus Kohlendioxid Sauerstoff. Dazu benötigen sie Lichtenergie. Die Garnelen atmen den Sauerstoff und fressen Algen sowie im Wasser vorhandene Bakterien. Diese wiederum formen die tierischen Abfallstoffe in Nährstoffe für die Algen um. Ebenso erzeugen Garnelen und Bakterien Kohlendioxid für die pflanzlichen Lebensformen...

In solch einer Ecosphere leben die Garnelen typischerweise zwei Jahre, können aber auch bis zu zehn Jahre alt werden. Dafür galt es beispielsweise, Garnelen zu finden, die sich nicht gegenseitig fressen. Auch jeder Besitzer einer Ecosphere muss das Gleichgewicht des Lebens im Auge behalten. So führt zuviel Licht zu starkem Algenwachstum – und darüber hinaus zu für die Garnelen unverträglichen pH-Werten im Wasser. Ebenso ist eine möglichst gleichmäßige Raumtemperatur nötig.

Wie Sie Ihre Ecosphere erhalten: Siehe letzte Seite dieser CLB!

# CLB

**FAX-Hotline: 06223-9707-41**

Für nur 87 Euro pro Jahr (incl. 7 % MWSt., zzgl. Versandkosten) erhalten Sie als persönlicher Abonnent monatlich die CLB mit dem MEMORY-Teil.

**Top-Angebot: Jetzt gibt es für jedes neue Abonnement eine kleine Ecosphere (Bild hier; siehe auch Umschlagseite 3). Sie zahlen dafür nur 10 Euro 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.
- JA, ich möchte zusätzlich zu dem Abo für nur 10 Euro Versandkosten (incl. MWSt.) eine 10-cm-Ecosphere-Kugel.

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

**Kostenlos Probehefte anfordern unter  
Fax: 06223-9707-41 oder  
e-Mail: [service@clb.de](mailto:service@clb.de)  
[www.clb.de](http://www.clb.de)**



**CLB**  
vermittelt  
Wissen  
konzentriert  
Monat für Monat  
aus Analytik, Biochemie  
und anderen Bereichen moderner Chemie.

**...diese kleine Welt für jedes neue Abo!  
(zzgl. 10 Euro Versandkosten)**

