

CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

Analytik

Biotechnik

Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung

- Evolution
- Purinchemie
- HPLC-Gradiententrennung
- Kinderuniversität

Nephelometrie und nephelometrische Titration

Von Prof. C. Mahr, Chemisches Institut der Universität Marburg/L.

Betrachtet man eine klare Flüssigkeit, die von einem Bündel paralleler Lichtstrahlen durchsetzt wird, senkrecht zum Strahlengang gegen einen dunklen Hintergrund, so kann man den Weg des Lichtstrahles nicht erkennen. Schweben in der Flüssigkeit jedoch irgendwelche kleinen Partikelchen, so wird an ihnen ein Teil des Lichtes nach allen Richtungen hin gestreut, und man sieht dieses Streulicht als „Trübung“, die den Weg der Lichtstrahlen erkennbar macht. Handelt es sich bei den Inhomogenitäten um sehr kleine Kolloidteilchen, so ist das Auftreten dieser Streustrahlung in einer in der Durchsicht noch klaren Flüssigkeit besonders auffällig. Diese nach ihrem ersten wissenschaftlichen Erforscher als *Tyndall-Effekt* bezeichnete Erscheinung ist zwar für die Untersuchung von Kolloidlösungen sehr wichtig, in der chemischen Analyse wird aber eine Lösung im allgemeinen nicht mit Hilfe der oben beschriebenen Dunkel-feldbeleuchtung auf optische Inhomogenität geprüft. Hier spricht man von einer Trübung erst dann, wenn das von den schwebenden Partikeln gestreute Licht so intensiv ist, daß es bereits bei direkter Betrachtung in diffusem Licht mindestens als „Opaleszenz“ erkennbar ist.

Solche Trübungen entstehen, wenn eine stark verdünnte Lösung eines Ions mit einem Fällungsmittel hierfür versetzt wird. Es bildet sich dann schon die feste Phase in feinst verteilter, „hochdisperser“ Form, aber es tritt noch kein sich absetzender Niederschlag auf. Es ist nun üblich und in vielen Fällen auch durchaus zulässig, aus dem Grad der Trübung auf die Konzentration des durch die Fällungsreaktion nachzuweisenden Stoffes zu schließen. Man sollte aber immer bedenken, daß diese Schätzung unter Umständen zu sehr groben Fehlern führen kann, wie der folgende, leicht durchführbare Versuch zeigt:

Man stellt sich je eine 10^{-2} und $5 \cdot 10^{-4}$ molare Silbernitratlösung und eine $5 \cdot 10^{-4}$ molare Natriumchloridlösung bereit. Von zwei gleichlumigen Reagenzgläsern, die mit I und II bezeichnet sind, beschickt man I mit 3 ml der 10^{-2} m, II mit 3 ml der $5 \cdot 10^{-4}$ m Silbernitratlösung. In beide Proben läßt man zügig und unter Umschütteln je 3 ml der NaCl-Lösung einfließen. Im Reagenzglas II, in dem Ag^+ und Cl^- in äquivalenter Menge vorhanden sind, tritt sofort eine starke Trübung auf, während in I, wo der gleichen Chloridmenge ein 20facher Silberüberschuß gegenübersteht, die Lösung völlig klar bleibt und auch nach minutenlangem Warten höchstens eine ganz schwache Opaleszenz bemerkbar ist.

356

Nephelometrie und nephelometrische Titration

Obwohl in beiden Fällen gleiche Chloridmengen vorhanden waren, wird nach dieser so durchgeführten Silbernitrat-Probe zwar die Lösung II als chloridhaltig, die Lösung I jedoch als „praktisch chlorfrei“ bezeichnet werden müssen. Das unterschiedliche Verhalten der beiden Lösungen beruht darauf, daß der aus äquivalenten Ag^+ und Cl^- -Mengen zustande gekommene AgCl -Niederschlag ungeladen ist und die zuerst stets in hochdisperser Form entstehenden AgCl -Partikel sich rasch zu größeren, eine sichtbare Trübung hervorruhenden Teilchen zusammenlagern („koagulieren“). In der Lösung mit großem Ag^+ -Überschuß dagegen adsorbieren die primären AgCl -Partikel Silberionen. So werden dadurch alle gleichsinnig positiv geladen, stoßen sich daher ab und können somit nicht koagulieren. Daß dies der Grund für das verschiedene Verhalten der beiden Ansätze ist und nicht etwa eine durch den Silbernitratüberschuß bewirkte Veränderung der Aktivität aller beteiligten Ionen, kann durch einen zweiten Versuch gezeigt werden, bei dem das Kolloid dem Elektrolytzusatz ausgeflockt wird:

Man verteilt die noch klare Mischung I auf zwei Reagenzgläser, fügt zur einen Probe 3 Tropfen dest. Wasser hinzu, die keine Veränderung hervorrufen, und zur anderen 3 Tropfen einer gesättigten, chloridfreien Kaliumnitratlösung. Hier entsteht erst eine deutliche Trübung, die nach kurzer Zeit mit der im Reagenzglas II entstandenen annähernd intensitätsgleich ist.

Prinzipien der Nephelometrie

Diese Versuche zeigen eindringlich, daß eine quantitative Beziehung zwischen Trübungsgrad und Gehalt an trübendem Stoff nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen gegeben ist. Ferner lehren sie, daß offensichtlich die Größe der das Licht streuenden Teilchen für die Intensität der Trübung ausschlaggebend ist. *Lord Rayleigh* stellte als erster für die Beziehung zwischen Streulichtintensität, Größe und Zahl der Teilchen und deren Brechungsindex eine Formel auf, die allerdings in dieser Form nur für kugelförmige Gebilde mit einem Durchmesser unter etwa $1/20$ der Lichtwellenlänge gültig ist.

$$\text{Sie lautet: } \varphi = f \cdot \frac{n \cdot d^6}{r^2 \cdot \lambda^4} \cdot \varphi_0$$

Nach dieser Formel ist die von einem Volumteil trüber Lösung ausgesandte Lichtintensität φ proportional der einfallenden Strahlung φ_0 , der Teilchenzahl n und der sechsten Potenz des Durchmessers d der Teilchen, dagegen umgekehrt proportional dem Quadrat des Abstandes r vom beleuchteten Volumenelement sowie der vierten Potenz der Wellenlänge λ des eingestrahelten Lichtes. f ist ein Faktor, der die Brechungsindices der beteiligten Medien und die Winkelverteilung der Strahlung enthält. Aus der Gleichung folgt, daß bei gleicher Größe der Teilchen und beim Zutreffen der anderen Voraussetzungen die Trübung ein Maß ist für die Teilchenzahl n und damit auch für die Konzentration an trübendem Stoff. Dies ist die Grundlage des als Nephelometrie

Nephelometrie und nephelometrische Titration

357

bezeichneten analytischen Verfahrens, das Konzentrationen aus Trübungsgraden zu ermitteln versucht.

Aus der *Rayleigh-Gleichung* ergibt sich als wichtigste Voraussetzung für die analytische Auswertung einer Trübungsmessung die Herstellung einer Suspension mit reproduzierbarer Teilchengröße. Diese Grundforderung ist bei einer quantitativen Fällung aber nicht leicht zu erfüllen, denn jeder Analytiker weiß, daß die Korngröße eines Niederschlages durch viele Faktoren, vor allem durch die Temperatur, den pH -Wert bei der Fällung, durch Reihenfolge und Geschwindigkeit des Reagenszusatzes, durch anwesende Fremdelektrolyte und durch Altern beeinflusst wird. Man muß also diese Faktoren möglichst konstant halten. In zahlreichen Fällen kann ein Zusatz von Schutzkolloiden den Einfluß der unvermeidbaren kleinen Abänderungen der Fällungsbedingungen aufheben oder mildern, aber auf alle Fälle ist es bei nephelometrischen Verfahren immer unbedingt nötig, die gegebenen Analysenvorschriften in allen Einzelheiten peinlich genau einzuhalten. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß viele der üblichen photometrischen Bestimmungen von Farblacken wegen des kolloidalen Charakters dieser Verbindungen einen gewissen Trübungsanteil mitmessen und daß für diese Bestimmungen das hier Gesagte mitberücksichtigt werden muß.

Nephelometrische Messungen erfordern also große Sorgfalt und viel Erfahrung. Sie sind sehr störanfällig und müssen immer wieder durch Testanalysen überprüft werden. Da schon wenige, kaum sichtbare Filterfasern die Messungen fälschen können, empfiehlt es sich, alle Lösungen und Reagentien nur durch feinporige Glasfritten und nicht durch Papier zu filtrieren. Die Lösungen müssen außerdem auf Abwesenheit einer merklichen Streustrahlung geprüft werden, bei Lösungen organischer Reagentien findet man oft überraschend hohe Blindwerte. Ferner kann das Wasser aus Ionenaustauscher-Anlagen eine geringe Menge der organischen Substanz des Austauschers enthalten, die weder durch die Leitfähigkeitskontrolle noch durch die analytischen Prüfungen auf die üblichen Verunreinigungen erfaßt wird, die aber wegen ihrer Kolloideigenschaft einen großen Einfluß auf die Dispersität einer erzeugten Trübung haben kann. Es sollte daher nur durch Destillation entsalztes Wasser verwendet werden. Bei den Apparaten zur Trübungsmessung ist dann schließlich noch eine Fehlerquelle zu beachten: Nebenlicht, das bei photometrischen Messungen an klaren Lösungen gar nicht in Erscheinung tritt, kann wegen der Weiterleitung von seitlich einfallendem Licht durch das trübe Medium beim nephelometrischen Arbeiten sehr stören.

Die Nephelometrie befand sich 1959 noch in einem frühen Entwicklungsstadium. Allerdings war auch damals schon klar, dass man bei nephelometrischen Messungen immer mit einer größeren Fehlerbreite rechnen muss als bei vergleichbaren photometrischen Verfahren. Deren Aktualität zeigt die neue Artikel-Serie „Photometrie in der Praxis“, die im Memory-Teil dieser CLB-Ausgabe beginnt.

Ein großes Einsatzgebiet für Nephelometer war die Ermittlung von MAK-Werten durch Gesamtstaubmessungen am Arbeitsplatz. Da aber bereits 1959 die Johannesburger Konvention den Gesamtstaub (TSP) in Schwebstaub und Feinstaub einteilte, mussten die Nephelometer durch vorgeschaltete Zyklo-nen den Gesamtstaub in die Feinstaubfraktion auflösen, bevor sie diese messen konnten. Die Geräte wurden immer komplexer und schwieriger zu handhaben. Sowohl bei der Staubbelastung von Arbeitsplätzen als auch bei der Beurteilung von Absaugvorrichtungen und Luftfiltersystemen trat seit etwa 1970 die Betrachtung der Gesamtschwebstaubbelastung immer mehr in den Hintergrund. Heute erfasst man genaue Korngrößenverteilungen mit Hilfe der Spektrometrie und erhält so aussagefähigere Analyseergebnisse.

In modernen klinischen Laboren allerdings verwendet man die Nephelometrie für spezielle Serum-Analysen routinemäßig, da sie eine sehr empfindliche Methode ist. Über die Streulichtmessung lassen sich beispielsweise in Blut und Urin Proteine nachweisen.

Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,

das Thema Evolution lässt niemanden kalt. Jetzt verdichten sich Hinweise für einen künftigen Weg. In dem Artikel ab Seite 261 habe ich versucht, möglichst unvoreingenommen verschiedene Entwicklungen zu betrachten. Ich sehe eine Struktur entstehen, die vielen von Ihnen radikal erscheinen mag. Lassen Sie sich aber einmal alle Einzelentwicklungen vor Augen führen, und versuchen Sie dann, die Potenz des ganzen Entwicklungsschubes zu bewerten.



Bei allen Überlegungen zur Zukunft der Evolution ist gesunde Skepsis angeraten. Ihre Vergangenheit sollte dagegen viel weniger Raum zu Diskussionen geben, auch wenn Einzelentwicklungen immer wieder Rätsel aufgeben mögen. So haben Forscher jetzt bei der Ackererschmalwand (*Arabidopsis*) Hin-

weise dafür gefunden, dass Pflanzen, denen es schlecht geht, statt der eigenen Gene die der Urgroßeltern an die Nachkommen weitergeben. Die Suche nach versteckten Erbgutresten blieb allerdings bislang erfolglos.

Solche Überraschungen schmälern jedoch nicht die Erkenntnisse der Evolutionsforschung, zu der Darwin die Tür aufgeschlossen hat. Bei einer gentechnischen Untersuchung von fast tausend Menschen aus aller Welt gab es jetzt neue überraschende Erkenntnisse. Danach haben ein signifikanter Anteil der Afrikaner eine genetische Verbesserung von Bittergeschmack-Rezeptoren nicht mitgemacht. Diese Rezeptoren schützten die Menschen schon in Urzeiten vor dem Verzehr giftiger Nahrung wie Bittermandeln. Chronischer Verzehr geringer Mengen cyanidhaltiger Nahrung kann jedoch einen gewissen Schutz vor einer tödlich verlaufenden Malaria-Infektion bilden. Interessanterweise deckt sich die geographische Ausdehnung der Menschen, die in der Steinzeit keine Mutation von Genen für besseren Bittergeschmack mitmachten, mit der Verteilung von Malariaresistenz-Genen.

Solche marginalen Auswahlprozesse der Evolution fechtet die „Intelligent Design“-Bewegung (ID), die nach starker Kritik angepasste Version des Kreationismus, in den USA nicht mehr an. Dennoch ist sie eine Pseudowissenschaft mit einer „höheren Instanz“ als Weltenplaner. Nur vermeidet man Begriffe wie „Gott“, um mit diesem Neo-Kreationismus wieder Zugang in den Schulunterricht zu bekommen. Oberster Befürworter ist dabei George W. Bush, als US-Präsident der mächtigste Mann der Welt. Er sprach sich Anfang August im Weißen Haus vor Journalisten dafür aus, dass die ID-Lehre in Schulen gleichwertig neben der Evolutionstheorie gelehrt werden solle! Werden die USA zu einem „Christenstaat“? Gegen die „Pille“ und für Keuschheit vor der Ehe gibt es schon starke Bewegungen; Waffenlobbyismus, Gewalt und Todesstrafe oder auch postimperiale Außenpolitik stören hingegen nicht sonderlich. Das alles passiert in einem Land, in dem knapp ein Prozent – über zwei Millionen – der Einwohner in Gefängnissen sitzen, dazu kommen noch 774 000 Häftlinge im Hafturlaub und über vier Millionen Menschen mit Bewährungsstrafen!

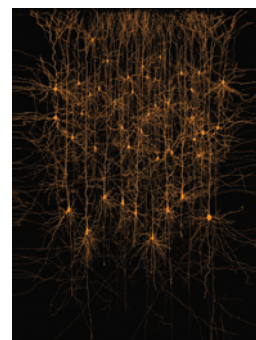
Wie sehr kann man da doch Einrichtungen wie die Kinderuniversität begrüßen, die sich in Deutschland zunehmender Beliebtheit erfreut. Eine lebhaft Schilderung darüber liefert CLB-Autor Prof. Volker Wiskamp ab Seite 276. Und für diejenigen, die an dem naturwissenschaftlichen Geschehen in unserem Körper interessiert sind, lohnt sich bestimmt der Artikel von Prof. Wolfgang Hasenpusch über „Harnsäure – in uns innigste Chemie“ ab Seite 271. Den „harten Analytikern“ ist diesmal der Artikel ab Seite 257 über „Schnelle HPLC-Gradiententrennungen“ vorbehalten.

Ihr

INHALT

Aufsätze

Schnelle HPLC-Gradiententrennungen mit moderner Säulen- und Gerätetechnik Analysenzyklen von unter 60 Sekunden	257
Der Mensch als Zwischenglied der Evolution Vorbote eines neuen „Top level“	261
Purinchemie Harnsäure – in uns innigste Chemie	271
Kinderuniversität Darmstadt Chemischer Ferienspaß – ein Erfolg	276
Chemische Elemente im Alltag, Teil 6: Stickstoff In der Erdatmosphäre und in Verbindungen	280



Zum Titelbild:
Das Bild zeigt einen Mikroschaltkreis des Neocortex. Zu erkennen sind die von den pyramidalen Neuronen abwärts führenden Axone, die die Informationen weiterleiten. Jetzt arbeiten Wissenschaftler an einer Echtzeit-Simulation von 10 000 Nervenzellen (siehe Artikel „Evolution“ ab Seite 261; Abb.: IBM/EPFL).

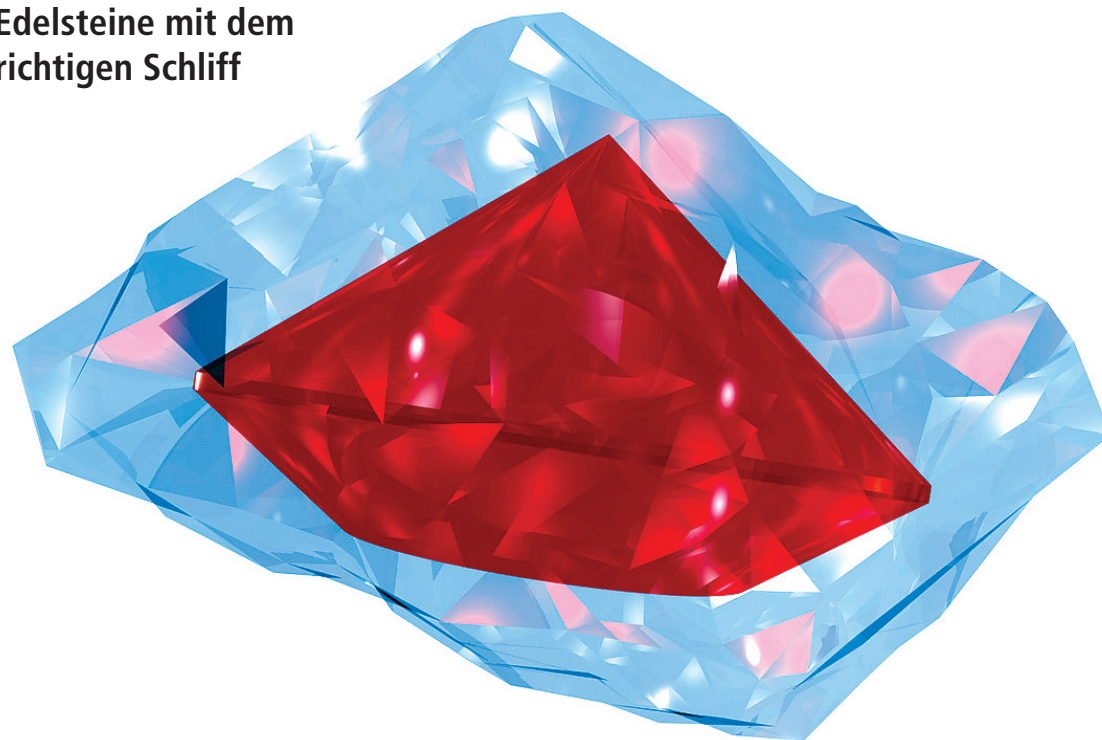
Rubriken

Editorial	251
Impressum	253
F & E im Bild	253
Unternehmen	254
Personalia	255
Förderungen / Preise	256
Messe / Kongress / Ereignisse	282
Literatur	284
Neue Produkte	285
Bezugsquellenverzeichnis	288

CLB-Memory

Photometrie in der Praxis (Teil 1) Beryllium, Blei und Bor	M57
Geschirr und Besteck aus nachwachsenden Rohstoffen Biologisch abbaubar und lebensmitteltauglich	M59
Flammpunkt und Zündtemperatur sind wichtige Daten Zur Lagerung brennbarer Flüssigkeiten	M60
Schärfere Maßnahmen bei Verstößen gegen Chemikalienverordnungen Persistente und Fluorchlor-Kohlenwasserstoffe	M61
Nützliche Ratgeber 42 – 44 Von Netzen und Netzwertern	M62
Berufsstart für Hochschulabsolventen schwierig „Generation Praktikum“	M63
Aus der Bildungslandschaft Grundverständnis von Säuren und Basen	M64

Edelsteine mit dem richtigen Schliff



Ist der Rohstein dreidimensional gescannt, berechnet die Software den optimalen Schliff, hier für einen Brillanten (Foto: Fraunhofer ITWM).

Erst der Facettenschliff macht aus einem unregelmäßigen Rohedelstein ein funkelnendes Juwel und steigert seinen Wert. Noch ist diese Veredelung Handarbeit. Die Firma Paul Wild GmbH bei Idar-Oberstein plant eine Anlage, die das maximale Volumen aus den Rohsteinen herausholt, und die mit größerer geometrischer Präzision als bisher schleift. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM in Kaiserslautern entwickeln diese automatisierte Fertigung. Nach der exakten Vermessung des Rohlings mittels Streifenlichtprojektion wird berechnet, welche Art Schliff sich am besten in die Geometrie des Rohlings fügt oder, bei vorgegebener Schliffart, wie der Edelstein rechnerisch in den Rohling eingebettet werden muss, um möglichst wenig Material abzutragen. Die Software berücksichtigt auch die aktuellen Marktpreise für die verschiedenen Formen. Etwa zehn Minuten benötigen die Computer für ihre Berechnungen. Dann steuern sie Roboter, die die Steine schleifen und polieren, bis auf einen Mikrometer und ein Tausendstel Winkelgrad genau. Ende dieses Jahres soll ein Prototyp der Anlage in Betrieb gehen.

Impressum

CLB
Chemie in Labor und Biotechnik

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

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

Herausgeber:
Dr. Dr. U. Fitzner, Düsseldorf · Prof. Dr.
K. Kleinermanns, Düsseldorf · Priv.
Doz. Dr. H.-M. Kuß, Duisburg · Prof.
Dr. J. Schram, Krefeld · Prof. Dr. Georg
Schwedt, Clausthal-Zellerfeld · Dr.
Wolfgang Schulz, Stuttgart · Prof. Dr.
G. Werner, Leipzig.

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

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

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

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

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

Abonnentenbetreuung:
Natalia Khilian
E-Mail: service@clb.de

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

CLB erscheint monatlich.

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

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

Anzeigenpreisliste:
Nr. 43 vom 12.8.2004.

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

Die Zeitschrift und alle in ihr enthalte-
nen einzelnen Beiträge und Abbildungen
sind urheberrechtlich geschützt. Jede
Verwertung außerhalb der engen Gren-
zen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne
Zustimmung des Verlags unzulässig
und strafbar. Das gilt insbesondere für
Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mi-
kroverfilmungen und die Einspeicherung
und Verarbeitung in elektronischen Sys-
temen.
Für die Rückgabe unverlangt eingesand-
ter Buchbesprechungs-exemplare kann
keinerlei Gewähr übernommen werden.

ISSN 0943-6677



NACHRICHTEN & NOTIZEN

Die Roche Holding AG erwarb das Schweizer Unternehmen GlycArt Biotechnology AG für 235 Mio. CHF. Das Biotechnologieunternehmen GlycArt wurde im Jahr 2000 als Spin-off der Zürcher Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) gegründet. Es betreibt Forschung und Entwicklung von Antikörper-Therapeutika gegen Krebs und Autoimmunerkrankheiten. Die Technologie ermöglicht Roche sein Engagement und Potenzial sowie die weltweite Marktführung im Bereich Onkologie weiter auszubauen.

Die BIOP Biopolymer Technologies AG in Dresden bündelt und erweitert die Produktionskapazitäten durch den Bau eines neuen Werks in Schwarzheide (Brandenburg). Dort werden in den nächsten drei Jahren rund sieben Millionen Euro investiert und 34 Arbeitsplätze geschaffen. Das Unternehmen stellt einen Rohstoff für Kunststoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe, vor allem aus Kartoffelstärke her.

Alnylam Pharmaceuticals, Inc., eine führende Firma auf dem Gebiet der RNAi (RNA-Interferenz)-Therapeutika, erteilte der MWG Biotech AG eine nicht exklusive Lizenz für Forschungsprodukte und Dienstleistungen auf dem Gebiet der RNA-Interferenz unter Alnylams Kreuzer-Limmer Patentfamilie. Diese Patentfamilie umfasst short interfering RNAs (siRNAs) sowie ihre Verwendung zum Auslösen von RNAi in Säugerzellen. Bisher haben 14 Firmen eine Lizenz für therapeutische Zwecke oder Forschungsanwendungen.

Die Business Unit Technical Rubber Products (TRP) von Lanxess möchte mit einem neuen Technologie-Zentrum in Shanghai den Bedürfnissen des asiatischen Marktes und seiner Kunden gerecht werden. In dem im Zhangjiang High-Tech Park gelegenen Zentrum mit 20 Mitarbeitern werden künftig Produktanwendungen an modernen Anlagen getestet, Kunden betreut und Mitarbeiter für China und die Asien-Pazifik-Region ausgebildet. Das Unternehmen hat rund fünf Millionen Euro in den neuen Standort investiert.

Applied Biosystems und Invitrogen Corporation unterzeichneten eine Kooperation, um ihre Produkte für die Proteomanalyse und für Biomarker-Studien im Bereich der Arzneimittelforschung zu verbessern.

Ocean Optics, der Spezialist für optische Abtastung, hat zwei neue europäische Vertriebshändler benannt. Kutay Laboratory Equipment wird Vertriebshändler für die Türkei, und LAO Industrial Systems wird Vertriebshändler für die Tschechische Republik.

Die Kautex Maschinenbau GmbH, Marktführer für High-Tech-Extrusionsblasformanlagen, die nach dem Verkauf von Thyssen-Krupp an die SIG schließlich von der Münchener Investorengruppe Adcuram übernommen wurde, setzt ihren Erfolgskurs durch weitere Investitionen an verschiedenen Standorten fort. Am Stammsitz Bonn konnten in den letzten 9 Monaten rund 25 neue Mitarbeiter eingestellt werden.

Air Liquide in Ludwigshafen

300 bar-Abfüllung für Helium

Neben dem Spezialgaswerk der Air Liquide in Krefeld ist das Spezialgaswerk in Ludwigshafen seit Juni 2005 eine weitere Abfüllmöglichkeit für 300-bar-Helium in Deutschland. Bereits seit 1999 wurden in Ludwigshafen Wasserstoff und Wasserstoffgemische mit 300 bar abgefüllt, im Jahr 2000 kam eine neue 300-bar-Abfüllanlage für viele Luftgase und deren Gemische hinzu.

Durch den höheren Fülldruck lassen sich die Gase noch wirtschaftlicher nutzen: So enthält ein mit 300 bar gefüllter Zylinder über 40 % mehr Gas als ein vergleichbarer 200-bar-Zylinder. Dadurch entfällt jeder dritte Zylinderwechsel. Es sind also weniger Zylinder erforderlich, wodurch sich auch die benötigte Lagerfläche reduziert. In Ludwigshafen komprimiert ein Membranverdichter mit einer För-

derleistung von 200 m³/h das verdichtete Gas auf den benötigten Fülldruck. 24 Anschlüsse für Zylinder und 8 Anschlüsse für Bündel stehen für die Abfüllung von Helium in den Qualitäten 4.6, 5.0 und 6.0 (das entspricht einer Reinheit von 99,996, 99,999 und 99,9999 Vol.%) zur Verfügung.

Die 300 bar-Abfüllung in Ludwigshafen



Erfindung von der Uni in die Industrie

Enzym entlarvt Mutationen

Gentests zur Diagnose von Krankheiten oder Krankheitsrisiken wie Mukoviszidose oder Tumorerkrankungen sind oftmals aufwändig. Die von Chemikern der Universität Bonn optimierte Taq-Polymerase vereinfacht die Analyse von Mutationen erheblich. Für die Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn hat PROvendis, Patentvermarktungsagentur der Hochschulen in NRW, einen Lizenzvertrag mit einem etablierten deutschen Biotechnologieunternehmen abgeschlossen.

Die besondere Eigenschaft der neuen Taq-Polymerasen: Sie können besser fehlgepaarte Basen unterscheiden. Liegt eine Mutation, das heißt eine Basenfehlpaarung vor, produzieren sie wesentlich

weniger DNA-Kopien. Dadurch kann voraussichtlich auf aufwändige Analyseschritte nach der PCR-Reaktion verzichtet werden. „In der Echtzeit-PCR lässt sich anhand des Reaktionsverlaufes bereits feststellen, ob eine Mutation vorliegt oder nicht“, so Dr. Matthias Knödel von PROvendis.

PROvendis hat die Erfindungsmeldung im Dezember 2003 positiv bewertet und daraufhin die Patentierung der Taq-Polymerasen eingeleitet. Ein Biotechnologieunternehmen zeigte Interesse und erwarb nach umfangreicher Tests die exklusive Lizenz des Bonner Patents. Das Unternehmen wird die Polymerasen in marktfähige Produkte weiterentwickeln. Der Lizenzvertrag wurde im Februar 2005 unterzeichnet.

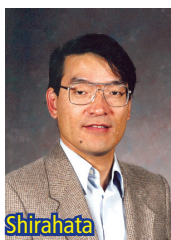
BASF COATINGS Seit dem 1. Juni 2005 leitet Francois Desné das Regional Business Management bei der BASF Coatings Japan Ltd. mit Sitz in Totsuka bei Tokyo. Damit ist er verantwortlich für das Industrielackgeschäft im gesamten Asien-Pazifik Raum.

DOW CORNING Die Dow Corning Corp. ernannte Akihiko Shirahata zum Science und Technology Manager, Silane Products. Dr. Shirahata ist bereits seit 25 Jahren für Dow Corning tätig und wird nun die globalen Aktivitäten im Bereich der Silan-Produktentwicklung, -Verfahrenstechnik und -Einsatzmöglichkeiten leiten.

KAUTEX MASCHINENBAU Dr.-Ing. Olaf Weiland ist neuer Geschäftsführer der Kautex Maschinenbau GmbH. Weiland, der die letzten 7 Jahre als Geschäftsführer bei SIG Corpoplast tätig war, leitete zuvor einige Jahre lang Entwicklung und Konstruktion bei Kautex Maschinenbau. Durch eine Beteiligung am Unternehmen nimmt Olaf Weiland gleichzeitig eine unternehmerische Herausforderung an.

EHRUNGEN

Prof. Dr. Armin de Meijere vom Institut für Organische und Biomolekulare Chemie der Universität Göttingen erhält die **Adolf-von-Baeyer-Denkünze** der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh). Damit werden seine Forschungsarbeiten auf der Suche nach neuen Molekülen und Molekulararchitekturen gewürdigt. Die mit 7500 Euro dotierte Auszeichnung wird am 11. September 2005 im Rahmen der GDCh-Jahrestagung in Düsseldorf verliehen.



Shirahata



Weiland



Fertig



Gornyi



de Meijere

Im Rahmen der diesjährigen Kurt-Alder-Lesung wurde am 27. Juni 2005 im Chemischen Institut in Köln der **Kurt-Alder-Preis an Dr. Tamer El-Idreesy** verliehen. In seiner Dissertation mit dem Titel „Photooxygenation of allylic alcohols in polymer matrices: Synthesis of novel antimalarial peroxides“ hat er sich mit der Herstellung neuer anti-Malaria aktiver Verbindungen beschäftigt, deren Strukturen nach dem Vorbild des natürlichen Artemisinins, einer Verbindung, die seit langem in der chinesischen Volksmedizin eingesetzt wird, geplant wurden. Dr. El-Idreesy konnte neue Substanzen isolieren, die an die anti-Malaria-Aktivität des Naturstoffs heranreichen und zum Teil sogar übertreffen.

HanseNanoTec, das Hamburger Kompetenzzentrum für Nanotechnologie, verleiht dem Physiker **Dr. Niels Fertig**, Geschäftsführer der Münchner Nanion Technologies GmbH, den mit 5000 Euro dotierten **Nanowissenschaftspreis 2005**. Damit werden die praxisorientierten Arbeiten des Preisträgers auf dem Gebiet der Entwicklung von nanostrukturieren Bio-Sensoren für die automatisierte und parallele Analyse von Ionenkanalfunktionen gewürdigt. Das HanseNanoTec wird durch das BMBF, die Beiersdorf AG, die Stadt Hamburg und die Universität Hamburg gefördert.

Dr. Igor Gornyi, wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Nanotechnologie des Forschungszentrums Karlsruhe und im Institut für Theorie der Kondensierten Materie der Universität Karlsruhe (TH), erhält den **European Young Investigators Award (EURYI)**. Damit wird sein Projekt „Quantentransport in Nanostrukturen“, eine theoretische Arbeit mit dem Ziel, den Stromtransport in kleinsten Dimensionen zu verstehen, ausgezeichnet. Der Preis wird im Rahmen einer Festveranstaltung beim World Science Forum vom 10. bis 12. November 2005 in Budapest überreicht werden.

Professor Dr. Jens Claus Brüning, Vorstandsmitglied des Instituts für Genetik der Universität zu Köln, ist mit dem **Wilhelm Vaillant-Preis 2005** ausgezeichnet worden. Der 39-jährige Genetiker hat die Insulinsignaltransduktion anhand transgener und konditionaler Knockout Mausmodelle charakterisiert, besonders die Faktoren, die an der Balance zwischen Nahrungsaufnahme und Energieabgabe und somit an der Kontrolle des Körpergewichts zentral beteiligt sind. Der mit 30 000 Euro dotierte Wilhelm Vaillant-Preis wird alle zwei Jahre bei allen medizinischen Fakultäten und allen Max-Planck-Instituten mit medizinischem Arbeitsbereich bundesweit ausgelobt.

Der Chemiker **Professor Dr. Heinrich Vahrenkamp**, seit 1973 Inhaber des Lehrstuhls für Anorganische Chemie II der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, erhält am 13. September anlässlich der Jahrestagung der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) in Düsseldorf den mit 7500 Euro dotierten **Wilhelm-Klemm-Preis** der GDCh. Prof. Vahrenkamp forscht über zinkhaltige Enzyme, und es gelang ihm, hochaktive Modellkomplexe nicht nur für die Carboanhydrase, sondern auch für andere Enzyme, wie die verschiedenen Zink-Hydrolasen, Proteasen, Phosphatasen oder Alkohol-Dehydrogenasen zu synthetisieren.

Für einen Hirnschrittmacher zur Behandlung von Nervenerkrankungen wie Parkinson erhalten **Prof. Dr. Peter A. Tass** vom Forschungszentrum Jülich und **Prof. Dr. Volker Sturm** von der Universität Köln den **Erwin-Schrödinger-Preis 2005**. Die mit 50 000 Euro dotierte Auszeichnung des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft wird jährlich für herausragende interdisziplinäre Forschung in den Helmholtz-Zentren vergeben. Der Preis wird anlässlich der Jahrestagung der Helmholtz-Gemeinschaft am 17. November 2005 in Berlin übergeben.

Preis für Krebsforschung Für bessere Lebensmittel Komplexe Netzwerke

Das Deutsche Krebsforschungszentrum schreibt wieder bundesweit den mit 10 000 Euro dotierten Förderpreis der Walther und Christine Richtzenhain-Stiftung für eine Arbeit auf dem Gebiet der translationalen Krebsforschung aus. Der Preis wird im Rahmen einer wissenschaftlichen Vortragsveranstaltung im Deutschen Krebsforschungszentrum vergeben. Die auf die Stiftung des Nervenarztes Walther Richtzenhain und seiner Frau zurückgehende Auszeichnung wird jährlich abwechselnd an Doktoranden in Heidelberger Forschungsstätten und an Wissenschaftler aus der gesamten Bundesrepublik Deutschland für Arbeiten auf dem Gebiet der Krebsforschung vergeben. Bewerbungen oder Kandidatenvorschläge können bis zum **31. Dezember 2005** eingereicht werden an: Deutsches Krebsforschungszentrum, Prof. Dr. Otmar D. Wiestler, Postfach 10 19 49, 69009 Heidelberg. Mehr Informationen unter www.dkfz.de.

Lehrer nutzen digitale Medien

Der Wettbewerb ExaMediaNRW prämiiert Staatsarbeiten von Lehramtsstudierenden sowie Lehramtsanwärtern des Landes NRW. Der Wettbewerb möchte die Auseinandersetzung künftiger Lehrer mit den Chancen und Möglichkeiten des Lehrens und Lernens mit digitalen Medien fördern. Lehrer sollen darin bestärkt werden, digitale Medien innovativ in die wissenschaftliche und schulische Arbeit hinein zu tragen; die Wirksamkeit von digitalen Medien für Lehr- und Lernprozesse zu erforschen. Die Arbeiten müssen in den Jahren 2004 oder 2005 erstellt und mit den Notenstufen „Sehr gut“ oder „Gut“ beurteilt worden sein. Insgesamt stehen Geldpreise in Höhe von 6000 Euro zur Verfügung. Die Einreichungsfrist endet **am 25. November 2005**. Weitere Informationen unter www.examedia.nrw.de.

Das Cofresco Institute schreibt erneut zwei mit je 10 000 Euro dotierten Innovationspreise aus. Prämiiert werden Forschungsprojekte zum Thema: Neue Ideen für den Privathaushalt, die die Haltbarkeit oder Zubereitung von Lebensmitteln verbessern, oder die umweltfreundliche Materialien zu diesem Zweck verwenden. Der Wettbewerb ist offen für unabhängige Forscher, Forschungsteams, öffentliche oder private Labore sowie für Einzelpersonen aus den Bereichen Verpackungsdesign, Agrarwissenschaften, Materialentwicklung sowie verwandte Gebiete. Der Fokus kann beispielsweise auf Nährstoffen, hygienischer Sicherheit, organoleptischen Prüfungen, leichter Handhabung, Wirtschaftlichkeit, Ökologie oder einer Kombination dieser Faktoren liegen. Die Bewerbungsunterlagen müssen bis zum **31. März 2006** an folgende Adresse geschickt werden: Cofresco Institute, Innovationspreise 2006, Melittastr. 17, 32427 Minden. Weitere Informationen unter www.cofrescoinstitute.com.

Bunsen-Kirchhoff-Preis

Der DASp, Deutscher Arbeitskreis für Angewandte Spektroskopie in der Fachgruppe Analytische Chemie der Gesellschaft Deutscher Chemiker, vergibt den „Bunsen-Kirchhoff-Preis für analytische Spektroskopie“, um herausragende spektroskopische Leistungen vor allem jüngerer Wissenschaftler aus Universitäten, Forschungsinstituten oder der Industrie auszuzeichnen. Der von der Firma PerkinElmer mit 2500 Euro ausgestattete Preis soll auf der vom 25. bis 28. April 2006 in München stattfindenden Analytica Conference 2006 übergeben werden. Vorschläge bitte bis zum **30.11.2005** an: Prof. Dr. Hugo M. Ortner, Osterbichl 16, A-6600 Breitenwang/Reutte (Österreich; weitere Informationen unter: <http://www.dasp.info>).

Im Rahmen der Förderinitiative „Neue konzeptionelle Ansätze zur Modellierung und Simulation komplexer Systeme“ schreibt die Volkswagen-Stiftung den Wettbewerb „Komplexe Netzwerke als fächerübergreifendes Phänomen“ aus. Er soll einen Impuls geben für Forschungsprojekte, die mit einem verallgemeinernd angelegten oder methodisch neuen Ansatz das theoretische Verständnis komplexer Netzwerke voranbringen. Die Analyse komplexer Netzwerke, ihrer Dynamik und Optimierung sollte sich auf konkrete Anwendungen beziehen, die Entwicklung neuer analytischer oder Simulationsmethoden dabei im Zentrum des Projekts stehen. Die VolkswagenStiftung legt Wert auf eine interdisziplinäre Herangehensweise. Angesprochen sind Natur- und Wirtschaftswissenschaften, Informatik, Mathematik oder Soziologie. Stichtag für Projektskizzen ist der **30. Januar 2006**. Weitere Informationen unter dem Menüpunkt „Förderung/Förderangebot“ auf der Homepage der Stiftung (www.volkswagenstiftung.de).

Naturstoff-Forschung

Die Dechema Gesellschaft für chemische Technik und Biotechnologie e.V. schreibt die Vergabe des mit 2000 Euro dotierten Nachwuchswissenschaftler-Preises für Naturstoff-Forschung aus. Ausgezeichnet werden richtungsweisende Arbeiten junger Wissenschaftler der Naturstoff-Forschung, insbesondere auf Grenzgebieten zwischen Biologie und Chemie. Der Preis, mit dem der Hochschullehre wird während der 18. Irseer Naturstofftage (22. bis 24. Februar 2006, Kloster Irsee) vergeben. Bewerbungen und Vorschläge sind bis zum **15. November 2005** zu richten an: Dechema e.V., Dr. Christoph Steinbach, Postfach 15 01 04, 60061 Frankfurt.

Schnelle HPLC-Gradiententrennungen mit moderner Säulen- und Gerätetechnik

Analysenzyklen von unter 60 Sekunden



Regina Römbling, Duisburg

Effizientere Trennungen in immer kürzerer Zeit – das sind die Herausforderungen der modernen Chromatographie. Neue Entwicklungen in der Säulentechnik, steigender Probandurchsatz bei gleich bleibenden Anforderungen an Nachweisempfindlichkeit und Präzision erfordern eine entsprechend hohe Leistungsfähigkeit von HPLC-Säule und -System.

Shimadzu präsentiert mit der neuen LC-20A prominence und der Pathfinder-Säulentechnik eine Kombination, um diesen Anforderungen gerecht zu werden. Ziel ist es dabei immer, ein System bereitzustellen, das nicht nur Anwendungen wie der ultraschnellen HPLC gewachsen ist, sondern gleichzeitig hochflexibel, robust und zuverlässig im Routineeinsatz ist.

LC-20A prominence

Bisher wohl unerreichte Spezifikationen und eine Gerätesteuerung über Web-Browser sind die besonderen Kennzeichen des neuen modularen HPLC-Systems LC-20A prominence (Abbildung 1). Pumpen, Injektor und Detektoren legen mit sehr geringen Totvolumina, besonders schnellen Injektionszyklen und verbessertem Signal-Rausch-Verhältnis die Grundlagen für derartige Spezifikationen.

Der Einsatzbereich der Pumpensysteme reicht von der Mikro-LC bis zur Fast-LC mit präzisen und reproduzierbaren 30-Sekunden-Gradienten. Die LC-20AB und LC-20AD Doppelkolben-Pumpen erweitern mit einer minimalen Flussrate von 0,0001 ml/min den üblichen Flussbereich in Richtung Kapillar- und Mikro-HPLC. Die Ansteuerung von Systemen mit zwei unabhängigen binären Gradienten und von ternären Gradienten mit Eluentenauswahl ist ohne Modifikationen möglich.

Der automatische Probengeber SIL-20A vereint eine schnelle Injektionsroutine von typischerweise zehn Sekunden, sehr geringe Verschleppung und große Probenkapazität. Ein optionaler Rack Changer kann bis zu zwölf Mikrotiterplatten aufnehmen.

In die Säulenöfen können neben dem Säulenidentifikationsmodul verschiedene Säulen-Schaltventile integriert werden. Der Status der Ventile wird am Display angezeigt. Die Säulentemperatur kann in einem breiten Temperaturbereich auch in Form eines linearen oder Stufengradienten programmiert werden.

Für die UV- und Photodiodenarray-Detektion wurde die Detektionsempfindlichkeit (Signal-Rausch Verhältnis) durch die Verwendung temperierter Flusszellen weiter erhöht. Gleichzeitig wird so eine Verringerung



Abbildung 1: HPLC-System LC-20A prominence mit Rack Changer.

der Drift erreicht. Änderungen am optischen System des PDA-Detektors – variable Spaltbreite – sorgen für eine besonders hohe spektrale Auflösung oder Nachweisempfindlichkeit. Der große lineare Bereich ermöglicht die Detektion sehr geringer Verunreinigungen neben hochkonzentrierten Substanzpeaks in einer einzigen Analyse. Als massenselektiver Detektor ist das LCMS-2010EV mit sehr hoher Empfindlichkeit die ideale Ergänzung.

Pathfinder Säulentechnik

Neue Entwicklungen in der Säulentechnik haben in den letzten Jahren die Selektivität, Stabilität in wässrigen Eluenten und Abschirmung der Oberflächen verbessert. Konventionelle Partikel auf der Basis von Kieselgel bieten zwar eine hohe mechanische Stabilität, weisen aber diverse Nachteile auf, etwa ein begrenzter PH-Bereich, geringe Robustheit in rein wässrigen Phasen und Tailing durch Silanolaktivität. Verschiedenste Ansätze wie die Einbettung polarer Gruppen, hydrophiles Endcapping oder die Verwendung fluorierter Phasen wurden bei silikabasierenden Technologien verwendet, um die Anforderungen moderner HPLC-Analytik besser zu bedienen.

Die Autorin

Nach dem Studium an der Westfälischen-Wilhelms-Universität Münster war Diplom-Chemikerin Regina Römbling als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universitätsklinik Münster tätig. Seit 1996 arbeitet sie als Produktspezialistin für den Bereich HPLC-Analytik bei der Shimadzu Deutschland GmbH.








	Innerer Kern (anorganisch)	Äußerer Block (organisch)	PH- Stabilität	Thermische Stabilität	Funktionelle Gruppe	Retention polarer Proben
	Hochreines Silica Typ B	Primär hydrophob	1-12	250 °C	C18 C = O	****
	Hochreines Silica Typ B	Ausgewogen	1-12	250 °C	C18 C = O	*****
	Hochreines Silica Typ B	Ausgewogen	1-12	250 °C	C18 C = NH₂	***
	Hochreines Silica Typ B	Primär hydrophil	1-12	250 °C	C18 C = NH₂	*****
	Hochreines Silica Typ B	Primär hydrophob	1-12	250 °C	C18-TMS Analogon	***

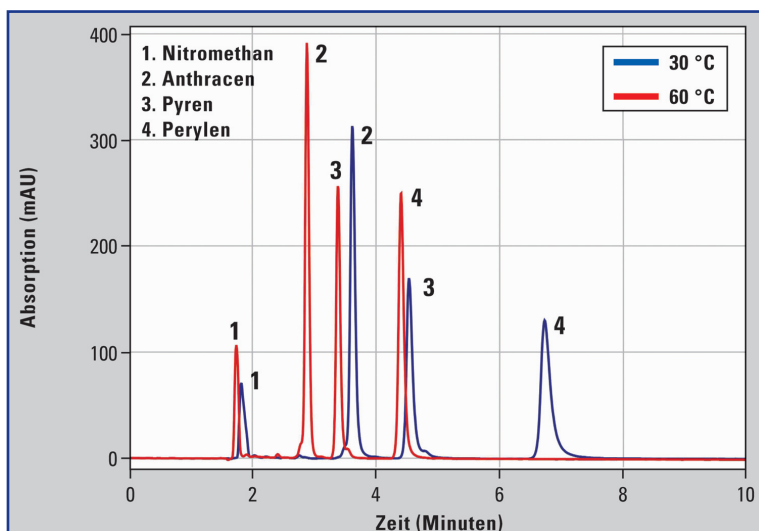
Abbildung 2:
Pathfinder-
Umkehrphasen
im Überblick.

In der Shimadzu Pathfinder-Säulenteknik werden zusätzlich zur Einbettung polarer Gruppen in die C18-Ketten die Vorteile von silika- und polymerbasierenden Partikeln in einem Hybridmaterial vereint. Ein Silikakern ist dabei vollständig von einem Polymer umhüllt, das kovalent gebunden ist und die funktionellen Gruppen trägt. Neben den C18-Ketten können in die Polymerhülle selbst zusätzliche polare oder hydrophobe Gruppen eingebunden werden. Auf diese Weise wurden fünf Umkehrphasen entwickelt, die in porösen und nichtporösen Partikeln von 1,5 bis fünf Mikrometer Durchmesser erhältlich sind (Abbildung 2).

Schnelle Trennungen

Generell lässt sich die Geschwindigkeit von HPLC-Trennungen durch verschiedenste Maßnahmen erhöhen. Zunächst liegt eine schlichte Erhöhung der Flussrate nahe. Doch verringert sich gemäß der bekannten van-Deemter-Gleichung auch die Trenneffizienz, wenn die lineare Geschwindigkeit über den optimalen Bereich hinaus gesteigert wird [1]. Sobald die Partikelgröße jedoch kleiner

Abbildung 3: Temperatureffekt für die Trennung eines Substanzgemischs. Säulentyp: Pathfinder AS 100 3,5 µm; Säulengröße: 4,6 x 150 mm; Flussrate: 1,0 ml/min; Mobile Phase: Isokratisch Wasser/Acetonitril (10/90); Detektion: UV-Detektor 254 nm.



als 2,5 µm ist, leidet die Trenneffizienz bei steigenden Flussraten [2]. Daher bieten kleine Partikel nicht nur generell eine hohe Auflösung, sondern diese kann auch bei unverhältnismäßig hohen Flussraten aufrechterhalten werden. Dies hat eine deutliche Verkürzung der Analysenzeit bei gleich bleibend hoher Auflösung und teilweise sogar größerer Empfindlichkeit zur Folge. Zwar steigt auch der Gegendruck der Säule an, doch lässt sich dieser Effekt durch ein gutes Temperaturmanagement in Grenzen halten. Zusätzlich beschleunigt eine Erhöhung der Temperatur die Trennung (Abbildung 3). In der ‚grünen HPLC‘ wird dieser Effekt nicht zur Beschleunigung, sondern zur Reduzierung des organischen Anteils des Eluenten genutzt. Durch Temperaturgradienten, die mit modernen Säulenthmostaten wie dem CTO-20A bis zu einer Temperatur von 85 °C programmiert werden können, lässt sich die Trennung noch weiter optimieren.

Apparative Voraussetzungen

Warum aber kann der Versuch scheitern, mit Hilfe einer ‚Fast HPLC‘-Säule den Analysenzyklus zu verkürzen, trotz Verwendung moderner Säulenteknologie? Die Ursache ist meist, dass ein HPLC-System verwendet wird, das für Routineanwendungen ausgelegt ist, bei denen ‚Extra-Column‘-Effekte meist einen relativ geringen Einfluss auf die Güte der Analyse haben. Für die Fast- und Ultrafast-HPLC gelten jedoch andere Regeln, die eher den Hardware-Anforderungen für Mikro- oder Kapillar-HPLC ähneln, auch wenn dies hinsichtlich der verwendeten Flussraten widersinnig erscheint. Zwar ist die Säule das Herz einer hocheffizienten HPLC-Trennung, doch müssen auch die anderen Teile des Gesamtsystems optimal eingestellt sein. Nur so kann die maximale Leistungsfähigkeit einer ‚Fast HPLC‘-Säule ausgenutzt werden. Essenziell ist dabei die Reduzierung des Totvolumens des Systems auf ein Minimum, eine hochpräzise Gradientenführung und Injektion und nicht zuletzt eine Anpassung der Datenaufnahmeparameter.

Die Peakbreiten sinken bei Verwendung von Säulen mit kleinen Partikeln mit hohen Flussraten bei Analysenzeiten von wenigen Minuten zum Teil auf unter zwei Sekunden. Die Datensammelraten in Chromatographie-Datensystemen sind aber meist auf ein oder zwei Hertz (Datenpunkte pro Sekunde) voreingestellt. Natürlich reicht das für konventionelle Trennungen mit Peakbreiten von 20–30 Sekunden aus, um etwa 30 Datenpunkte über einen Peak zu erhalten, die für eine gute Integration benötigt werden. Bei Peakbreiten von unter zwei Sekunden erhält man mit diesen Datensammelraten jedoch alles andere als die gewünschte Gaußkurve.

Die Datenaufnahmefrequenz ist jedoch nicht der einzige wichtige Detektorparameter. Auch die Ansprechzeit des Detektors und das Volumen der Detektorzelle bei schnellen Trennungen sind kritische Stellschrauben. Eine zu langsame Ansprechzeit des Detektors kann die Auflösung der Peaks drastisch verschlechtern, obwohl die chromatographische Auflösung tatsächlich ausgezeichnet ist. Abbildung 4 zeigt, dass die Auflö-

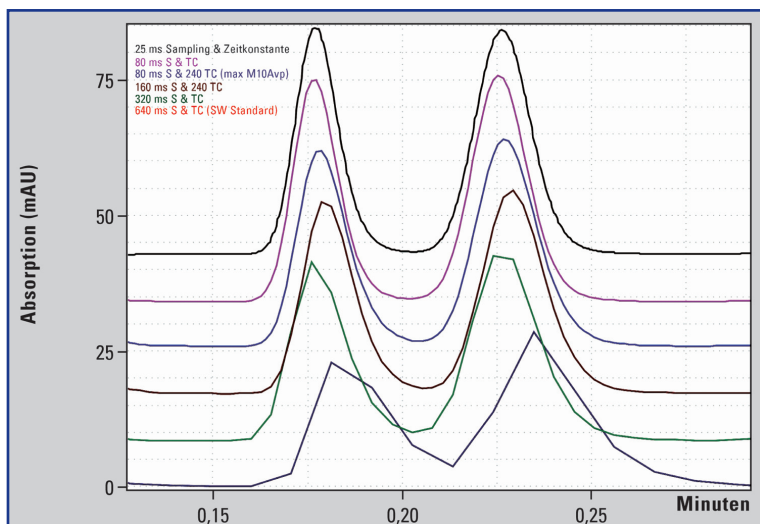


Abbildung 4: Effekt der Datensammelrate.

sung benachbarter Peaks von der Datenaufnahmefrequenz abhängig ist, aber ganz entscheidend auch von der Ansprechzeit des Detektors. Die Detektoren der prominence-Serie können mit Datensammelraten bis zu 40 oder 50 Hertz und Responsezeiten von unter 0,001 Sekunden benutzt werden.

Ultraschnelle HPLC

Sind die apparativen Voraussetzungen optimiert und eine entsprechende Trennsäule bei der Hand, so ist es nur noch ein kleiner Schritt von der schnellen Trennung von zum Beispiel fünf Minuten zur ultraschnellen Trennung in weniger als einer Minute. Im gezeigten Beispiel einer Gradiententrennung eines Paraben-Testgemischs in 30 Sekunden (Abbildung 5) mit Bodenzahlen von fast 200 000 theoretischen Böden pro Meter wurde ein Standardsystem der prominence-Serie mit binärem Hochdruckgradienten verwendet, in dem nur die Kapillaren und die Detektoreinstellungen optimiert wurden. Natürlich ist es gerade bei den ultraschnellen Trennungen wünschenswert, dass die mögliche Zeitersparnis nicht durch einen langsamen Probengeber limitiert wird. Der SIL-20A bietet mit der üblichen Injektionsroutine von zehn Sekunden und der möglichen Kapazitätserweiterung auf zwölf Mikrotiterplatten durch den Rack Changer optimale Voraussetzungen, um das ganze Potenzial der schnellen Trennungen auszuschöpfen. Da besonders bei der Verwendung nichtporöser Partikel die Kapazität der Fast-Säulen begrenzt ist, ist es außerdem wichtig, dass der Probengeber auch geringste Volumina von unter einem Mikroliter mit hoher Reproduzierbarkeit injiziert und die Verschleppung auch bei hochkonzentrierten Proben minimal ist.

Die Effizienz des Systems kann durch die alternierende Verwendung von zwei Säulen noch weiter gesteigert werden. In einem Dual-Gradient-System mit Säulenschaltventilen wird dabei jeweils das Spülen und Equilibrieren der einen Säule parallel zur aktuellen Analyse auf der zweiten Säule durchgeführt. Diese

Verschachtelung der Analysen spart zusätzlich Zeit.

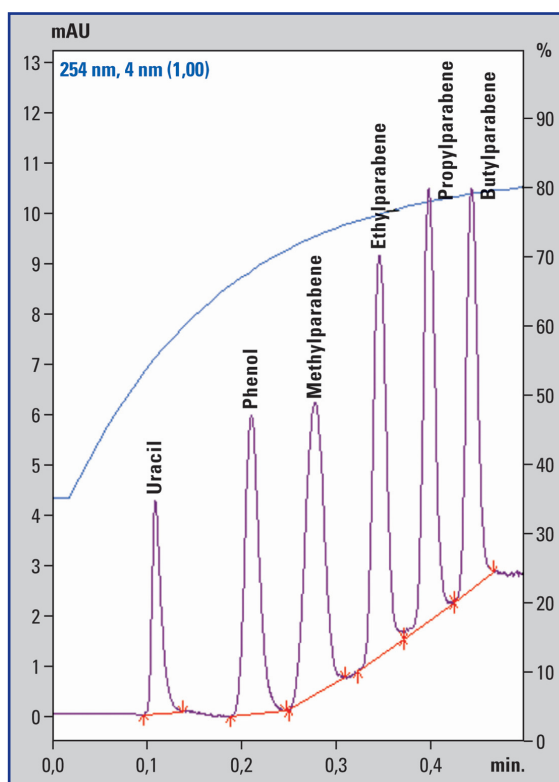
Anwendungen

Ein praktisches Beispiel zeigt die mögliche Zeitersparnis für die Routineanalytik und die Methodenentwicklung, erreicht durch die Verwendung des flexiblen prominence-HPLC-Systems und der fünf unterschiedlichen Pathfinder-Phasen.

Zunächst wird mit einem automatischen Säulenauswahlventil, das in den Ofen eingebaut werden kann, über Nacht mit Standardgradienten

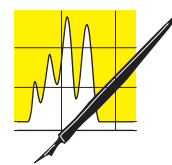
die optimale Phase für die gewünschte Anwendung ermittelt (Abb. 6).

In diesem Fall (Pestizidgemisch, Dr. Ehrenstorfer Pestizid-Mix 31) kann schon auf den Pathfinder-Säulen in konventionellen Dimensionen (4,6 mm ID x 150 mm, 3,5 μm , 100 \AA mit Vorsäule) die Trennung von 14 Minuten (Proben-Zertifikat) auf acht Minuten reduziert werden. Die Pathfinder-PS-Phase zeigt in diesem



Bezeichnung	Retentionszeit	Theoretische Böden/Meter	Halbwertsbreite (s)*
Uracil	0,110	18.660	1,08
Phenol	0,212	27.390	1,68
Methylparabene	0,279	26.700	2,22
Ethylparabene	0,347	85.000	1,50
Propylparabene	0,399	149.160	1,32
Butylparabene	0,445	191.100	1,32

*entsprechend der United States Pharmacopeia



AUFSÄTZE

Abbildung 5: Ultraschnelle Gradiententrennung mit Shark Fin Gradient™ (Pathfinder EP 4,6 x 33 mm, 3 μm , nichtporös); Eluenten: A: Wasser, B: Acetonitril; Flussrate: 4 ml/min, 60 $^{\circ}\text{C}$, PDA@254 nm, 40 Hz.

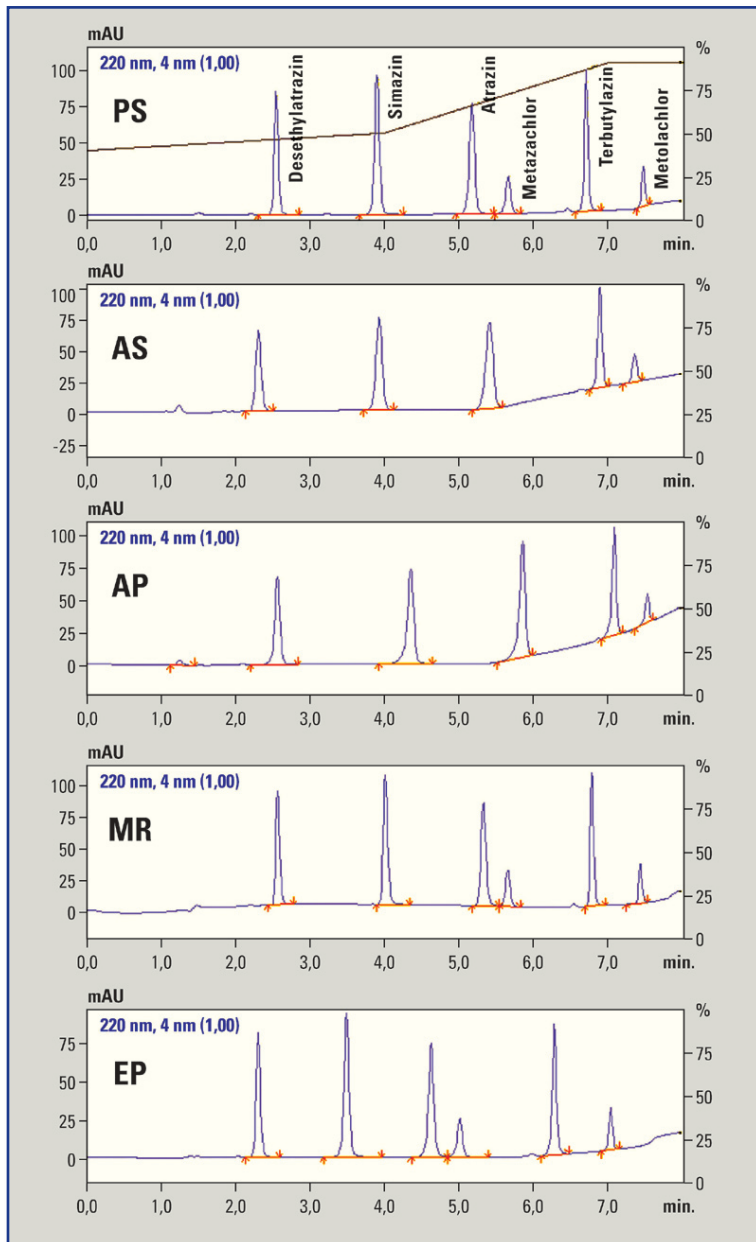


Abbildung 6: Automatische Säulenevaluierung für die Trennung eines Pestizidstandards; Eluenten: A: Wasser, B: Acetonitril; Flussrate: 1,2 ml/min, 45 °C, PDA@220 nm.

Beispiel die beste Trennleistung und entsprechend lässt sich mit einer PS-Fast-Säule mit 1,5- μ m-Partikeln schon bei moderaten Flussraten von 1,5 ml/min die Trennung weiter auf unter drei Minuten verringern (Abb. 7).

Zusammenfassung

Gradientenpumpen mit hochdruckseitiger Mischung und ein schneller Probengeber sind Voraussetzungen für schnelle Gradienten mit Zykluszeiten von wenigen Minuten. Es sollte eine kurze Säule mit kleinen Partikeln verwendet werden, um die Trenneffizienz auch bei hohem Fluss aufrecht zu erhalten. Auf Grund der geringen Peakbreiten und der hohen chromatographischen Auflösung müssen das ‚Extra-Column‘-Totvolumen minimiert und die Datenaufnahme- und Detektorpa-

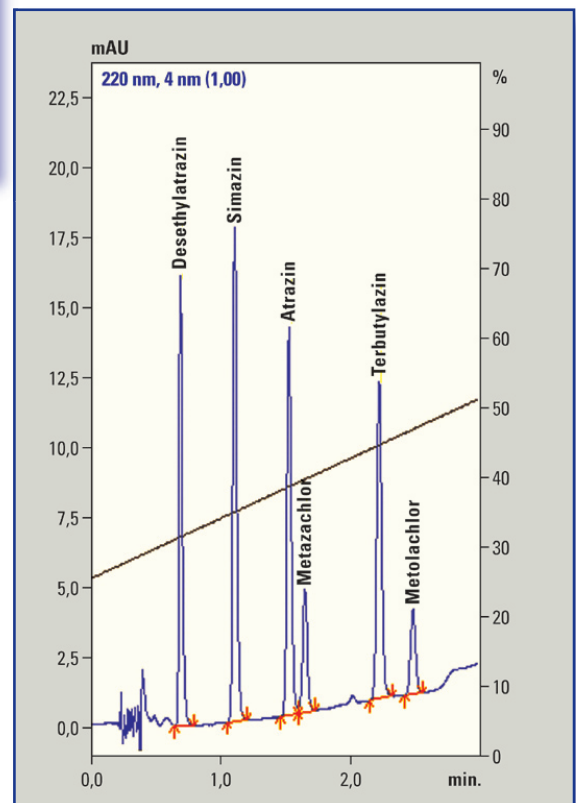
rameter angepasst werden. Eine Temperaturerhöhung kann zusätzliche Effizienzsteigerung bringen – mit dem positiven Nebeneffekt, dass der Rückdruck der mit kleinen Partikeln gefüllten Fast HPLC-Säule im üblichen Rahmen bleibt.

Moderne HPLC-Systeme, wie die LC-20A prominente sind für schnelle und ultraschnelle Gradiententrennungen geeignet, ohne dabei Flexibilität und Robustheit einzubüßen. Die Kombination von moderner Säulentechnik mit ‚State-of-the-Art‘-HPLC-Systemen ermöglicht Analysenzyklen von unter 60 Sekunden. So kann mit relativ einfachen Mitteln eine drastische Steigerung des Probendurchsatzes pro System und damit des gesamten Labors erreicht werden. **CLB**

Literatur:

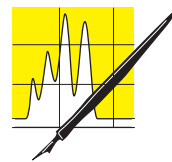
- [1] J. J. van Deemter et al., Chem Eng. Sci. 5 (1956) 271
- [2] A. D. Jerkovich et al. LCGC North America, 21 (2003) 7

Abbildung 7: Schnelle Trennung mit einer Pathfinder™ PS Fast HPLC-Säule (4,6 x 50 mm, 1,5 μ m, nichtporös; Eluenten: A: Wasser, B: Acetonitril; Flussrate: 1,5 ml/min, 45 °C, PDA@220 nm).



Vorboten eines neuen „Top level“

Rolf Kickuth, Gaiberg bei Heidelberg



AUFsätze

Die Evolution hat nicht erst mit den Lebewesen angefangen. Es wäre vermessen anzunehmen, sie hätte mit dem Menschen ihr Ziel erreicht. Seit dem Urknall verändert sich – entwickelt sich, evolviert – das Universum. Zwar nimmt die Entropie, ein thermodynamisches Maß für die Unordnung, im gesamten System mit der Zeit zu. Es bilden sich aber ebenso immer mehr Strukturen höherer Komplexität, größerer Flexibilität, reichhaltigerer Information. Die Kondensation der Materie aus dem in dem Urknall entstandenen Brei führte zu der Evolution der Galaxien; ihr wiederum folgte eine geologische Evolution der Planeten. Erst dann – knapp eine Milliarde Jahren nach dem Urknall – entstanden die ersten Lebensformen. Aus Sicht des Menschen wäre es wünschenswert, er würde die Spitze der Evolution bleiben. Auf den ersten Blick scheint er beispielsweise durch Fortschritte der Gentechnik heute dafür mehr Werkzeuge denn je in der Hand zu halten. Der zweite Blick zeigt: Die Evolution findet neue Wege, geht über den Menschen hinaus; es bildet sich ein neuer „Top level“ aus. Die Errungenschaften der Menschen – von der Sprache über die Schrift bis hin zum Computer – bilden eine weitere Stufe der Evolution. Unsere Gestaltungsmöglichkeiten dabei beziehen sich auf den Erhalt der Basis, auf die die neue, komplexe Stufe der Evolution aufbaut – und auf den Erhalt eines Lebensraums für den Menschen.

Das Wort „Evolution“ kommt aus dem Lateinischen: Evolvere heißt hervorrollen, abwickeln, ein Buch aufschlagen. Evolution ist gekennzeichnet durch die zum Teil stufenartige Entwicklung von Vielfalt. In Phasen der normalen Entwicklung stellt sich die Evolution als eine Abfolge kleiner Schritte dar. Jeder Schritt sorgt für eine weitere Vielfalt an mehr oder weniger ähnlichen Objekten und Objekteigenschaften oder auch -funktionen. Die Evolution macht jedoch manchmal auch große Schritte – geradezu Sprünge, die zur Ausbildung gänzlich neuer Objektklassen bzw. Evolutionsphasen führen: Einzeller, Pflanzen, Tiere, Menschen. Die verschiedenen, durch Sprünge entstandenen Entwicklungslinien der Evolution sind jedoch nicht zusammenhanglos. Vielmehr lässt sich die Evolution als Baumstruktur darstel-

len (Abb. 1). Zweige sind verschiedene Entwicklungslinien. Ändert sich etwas in den tieferen Regionen des Baumes, näher am Stamm, kann dies zu starken Differenzierungen der Zweigspitzen führen. Mit zunehmender Entwicklungsdauer ergeben sich immer mehr und vielfältige Ausdifferenzierungen – kleine Zweige – in den jeweiligen Evolutionsphasen.

Am Anfang gab es nur einen „Energiebrei“

Werfen wir einen Blick zurück in die Entstehungsgeschichte des Universums. Direkt nach dem Urknall bestand unser Universum aus einem undifferenzierten Brei unvorstellbar hoher Energie. Es gab keine Materie. Die gesamte Information, die in diesem Anfangsstadium des Universums steckte, ließ sich mit relativ wenigen Parametern wie Temperatur und Ausdehnungsgeschwindigkeit beschreiben. Die Materie entstand erst später, als der Kosmos sich ausdehnte und die Energiedichte geringer wurde. Die Materie entwickelte sich dann hin zu dem großen Teilchenzoo und – über Entstehungsprozesse in Sternen – zu den Elementen, die wir heute kennen. Schließlich bildeten sich Planeten, auf denen sogar komplexe Moleküle entstehen konnten, weil die Energie von außen zu gering war, um die Moleküle gleich wieder zu zerstören.

Mit dem Entstehen von Planeten wie denen unseres Sonnensystems war eine neue Stufe der Evolution erreicht, die sich insbesondere auf die chemische und geologische Entwicklung bezieht. Die Entstehung der chemischen Elemente bis hin zum Eisen lässt sich durch Standardmodelle der Kernfusionsprozesse in Sternen erklären. Die schwe-

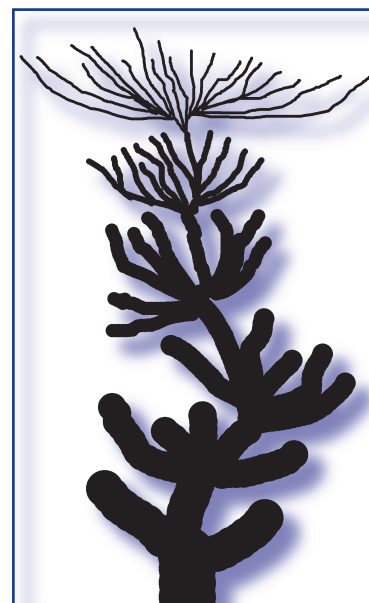


Abb. 1: Nach jedem Schritt verzweigt sich der Baum der Evolution stärker. Nicht dargestellt: Frühere Evolutionsstufen werden nicht notwendig verdrängt, sondern stehen in Koexistenz zu neueren. Bildlich bedeutet dies: Auch die unteren Zweige reichen nach oben (Grafik: RK).

Kurz gefasst

- Neue Stufen der Evolution unterscheiden sich von vorhergehenden durch steigende Komplexität und verstärkte Informationsflüsse.
- Die natürliche Evolution des Menschen ist weitgehend zu Ende.
- Mögliche gentechnische Veränderungen des Menschen führen nicht zu einer neuen Stufe der Evolution.
- Evolution ist nicht an molekularbiologische Vorgänge gebunden.
- Die Computertechnologie entwickelt sich weiter exponentiell. Mit der Konvergenz verschiedener anderer Technologien wird sie schnell zu komplexen Systemen führen, die an Komplexität ein menschliches Gehirn übertreffen.
- Es sind mehrere Szenarien vorstellbar, in denen Bewusstsein in technischen Systemen auftaucht.

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 gab er die *AXON* für Anwendungen und Methoden der künstlichen Intelligenz heraus. Er war zudem Chefredakteur des *Informatik Spektrum*, der Zeitschrift der Gesellschaft für Informatik. Jetzt veranstaltet er auch – zusammen mit der Universität Düsseldorf – Symposien mit Industrieausstellung (InCom (Instrumentelle Analytik) und LifeCom (Lebenswissenschaften und Computertechnik)), die jährlich tausende von Besuchern in die rheinische Metropole locken.



**EVOLUTION
FÜHRT VOM
EINFACHEN
ZUM KOMPLE-
XEN.**

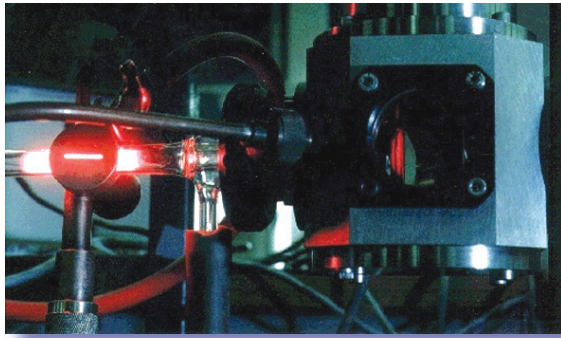


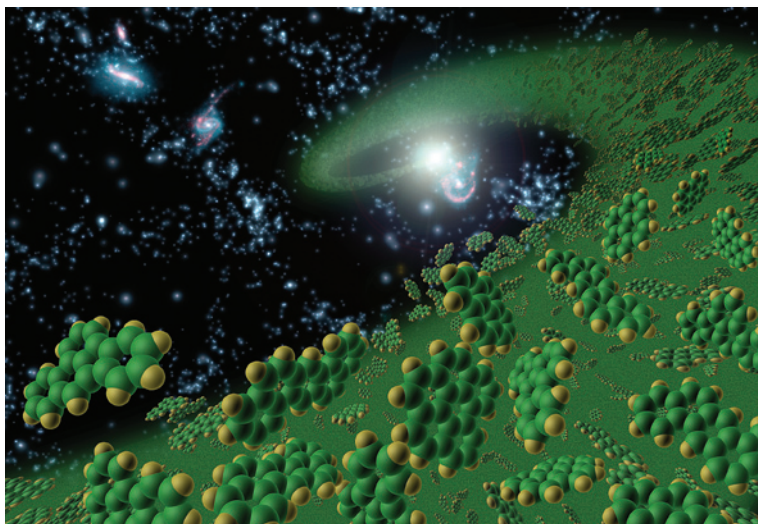
Abb. 2: Simulationen chemischer Vorgänge der Kometenentstehung führten zu Elementen des Lebens: Auf einem Aluminiumblock in einer Vakuumpappatur (rechts im Bild) kondensierten einfache chemische Verbindungen (Wasser, Kohlenmon- und dioxid, Ammoniak, Methanol) bei minus 261 Grad Celsius und UV-Bestrahlung zu Eisschichten, die 16 verschiedene Aminosäuren enthielten. Bestrahlung von Aminosäuren im Vakuum mit polarisiertem UV-Licht führte zur Ausbildung eines racemischen Ungleichgewichtes. Im Weltraum hat man polarisiertes Licht im Orion-Nebel nachgewiesen. Es soll durch Streuung unpolarisierten Lichtes an unsymmetrischen, durch Magnetfelder ausgerichteten Staubkörnern in Regionen der Sternentstehung entstehen (Foto: Uwe Meierhenrich/Universität Bremen).

rerer Elemente bis hin zum Uran entstehen vermutlich in Supernovae; im Detail ist die Elementgenese jenseits des Eisens noch ein Mysterium.

Mögliche Wurzeln des Lebens

Abb. 3: Künstle-
risch symbolisiert:
Schon vor zehn
Milliarden Jahren
traten komplexe
organische Mole-
küle (PAK) auf,
die Basisstruktu-
ren für orga-
nisches Leben
darstellen können
(Abb.: NASA/JPL-
Caltech/T. Pyle
(SSC/Caltech)).

Die Prozesse der chemischen und geologischen Evolution führen zu einer Vielzahl chemischer Verbindungen, zu amorphen und kristallinen Substanzen. In Prinzip laufen dabei Prozesse ab, wie man sie auch in der Biologie findet. Chemische Verbindungen werden gebildet, molekulare und morphologische Strukturen ausgebildet – und die Informationen darüber auch weitergegeben, etwa durch molekulare Abformprozesse an Oberflächen und Schichten. Solche Prozesse – Duplikationen – von besonders komplexen Schichtstrukturen in tonartigen Mineralien, zum Beispiel Montmorillonite, hält man sogar für eine mögliche Quelle der Lebensentstehung.



Mit Hilfe katalytischer Substanzen in den Gesteinen ... und in Wasser ... und in Interaktion mit Aminosäuren... könnte ... nun, man weiß noch nicht genau, wie das Leben auf der Erde entstand. Panspermietheorien, die die Lebensentstehung auf der Erde durch Eintrag von Lebensspuren durch Meteoriten postulieren, verlagern das Entstehungsrätsel nur. Interessant ist allerdings die neueste Entdeckung, dass polarisierte Strahlung im Weltraum zu einer Selektion von Enantiomeren – einer von zwei Formen spiegelbildlicher chemischer Verbindungen – führen kann, organischen Verbindungen, die im Weltraum entstanden und so eventuell doch einen Einfluss auf die Entstehung des Lebens auf der Erde hatten (siehe CLB 07-2005 und Abb. 2). Bekannterweise sind die Aminosäuren terrestrischer Lebensformen, die Bausteine des Lebens, linkshändig. Dass Aminosäuren überhaupt unter Weltraumbedingungen entstehen können hat man schon zuvor in Simulationen auf der Erde gezeigt. Jüngste Entdeckungen mit dem Spitzer-Infrarot-Weltraumteleskop zeigen: Andere Bausteine, die man mit der Entwicklung des Lebens verbindet, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), entstanden schon vor zehn Milliarden Jahren, in der Frühzeit unseres Universums, nur 3,5 Milliarden Jahre nach dem Urknall (Abb. 3).

Als allerdings der Funke des Lebens in die Materie übersprang, wurde ein neues Kapitel der Evolution aufgeschlagen. Dessen wichtigste Eigenschaft ist die Fähigkeit zur Selbstreplikation, Kopien seiner selbst zu erzeugen. Bei diesem Schritt zeigt sich auch erstmals deutlich, welche Rolle der Informationsfluss bei der Evolution spielt. In der Geologie hat man es vorwiegend mit Kristallen zu tun. Wenn die Beschreibung komplizierterer Kristallstrukturen auch manchen Geologie- oder Chemiestudenten in seiner Vorstellungskraft herausfordert – verglichen mit den Strukturen des Lebendigen sind sie einfach. Es genügen relativ wenige Angaben, um die Lage der Atome im Raum anzugeben. Mehr oder weniger stark ausgebildete Symmetrien in Kristallen helfen, diese Beschreibungen weiter zu vereinfachen. Bei glasartigen Substanzen – extrem zähflüssigen Flüssigkeiten – trifft diese Ordnung zwar nicht zu. Man benötigt viele Informationen, praktisch für jedes Atom, um solch eine umfassende Beschreibung zu geben (siehe Kasten: Aspekte der Information).

Die Beschreibung der Geologie eines Planeten ist sicherlich einfacher als die Beschreibung seiner Biosphäre. Eine wichtige Beobachtung bei der Ausbildung eines neuen Evolutionszweiges: Wie bei wenigen Seerosen auf einem Teich, die sich jedoch täglich verdoppeln, wird die Ausbildung eines neuen Evolutionszweiges zunächst kaum, dann jedoch schlagartig sichtbar, typisches Kennzeichen exponentiellen Wachstums. Die Biosphäre war im Zeitraum ihrer Entstehung wenig verbreitet – vielleicht nur in enger Umgebung zu einigen katalytisch wirksamen, komplexen Mineralien am Meeresstrand, geimpft von racemisch ungleichgewichtigen Aminosäuren von einem Meteoritenstück.

Die ersten Lebensstrukturen mit ihren Fähigkeiten zur Selbstreplikation, zum Stoffwechsel, zur Informationsweitergabe und Mutation hatten jedoch für die Evolution einen Vorteil gegenüber den geologischen Strukturen des Planeten: Sie konnten ihn mit viel größerer Geschwindigkeit mit

Aspekte der Information

Der amerikanische Mathematiker Claude E. Shannon stellte eine Theorie dazu auf, die insbesondere Probleme der Speicherung und Übertragung von Informationen behandelt. Danach ist in der Buchstabenansammlung WMLOÜPBRTZD-FAÖQNI mehr Information enthalten als in der Buchstabenfolge EEEEEEBBBBBKKKK. Für die Buchstabenansammlung muss man 17 verschiedene Zeichen übermitteln, für die Buchstabenfolge nur drei. Durch die Angabe der Anzahl gleichartiger, aufeinander folgender Buchstaben lässt sich die zu übertragende Informationsmenge verringern. Öfters in einer Sprache auftretende Zeichen einer Sprache lassen sich zudem kürzer kodieren, wie es schon das Morsealphabet mit dem Punkt für „E“ vormachte. Der Satz „DIE ROSE IST ROT.“ enthält ebenfalls 17 Zeichen (acht verschiedene), zudem jedoch einen Sinn. Bei dem Begriff Information gilt es also zu unterscheiden zwischen Struktur (Syntaktik) und Bedeutung (Semantik); die Theoretiker geben als dritte Eigenschaft von Information auch noch einen pragmatischen Teil an. Aus ihm ergeben sich der Zweck der Information und die erhoffte Handlung des Empfängers. RK

einer großen Zahl differenzierter Systeme ausgestalten als es der Geologie möglich gewesen wäre.

Das dauerte zwar seine Zeit: Vor etwa 4,6 Milliarden Jahren entstand die Erde, 800 Millionen Jahre später gab es die ersten Prokaryonten, einzellige Lebensformen ohne Zellkern. Dann dauerte es zwischen ein und zwei Milliarden Jahre, bis sich die Eukaryonten entwickelten, Zellen mit Zellkern, die das Potential zur Bildung von vielzelligen Organismen in sich trugen. Diese erschienen in Form von Meeresalgen etwa vor 700 Millionen Jahren. Und wie ist es heute? Jeder, der sich um einen Garten kümmert weiß: Die Pflanzen überwuchern uns, wenn wir sie nicht rigide in ihren Lebensräumen begrenzen.

Fitness: Schneller besser durch Sex

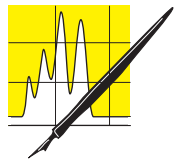
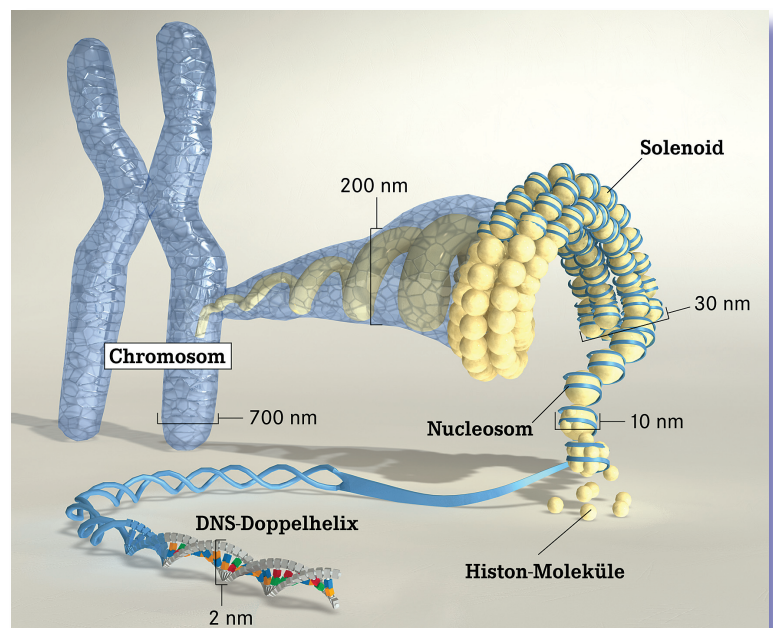
In theoretischen Arbeiten haben sich Wissenschaftler mit Fitness-Landschaften beschäftigt. Dabei handelt es sich um Modelle, die die Evolutionsprozesse in dreidimensionalen Graphen darstellen. In diesen Konzepten wird die Anpassung von Organismen durch Mutation und Selektion auf einer Landkarte vertikal als Berggipfel einer abstrakten Landschaft dargestellt. Je besser angepasst und mit größerer „Fitness“ ausgestattet die Organismen sind, desto höher sind auch die „Berge“. Horizontal entsprechen die Koordinaten der genetischen Zusammensetzung der Organismen. Große Mutationen ermöglichen eventuell, dass Lebensformen in großen Sprüngen von Gipfel zu Gipfel springen und so ihre Fitness schnell verbessern. Ein regelmäßiger Prozess, das Erbgut stark zu verändern, besteht in sexueller Vermehrung. Das Durchmischen von Vater- und Muttergenen führt zu einer Population verschiedenartiger Kindgene. Dadurch verbessert sich die Chance, dass einige von diesen Kindgenen für veränderte Umweltbedingungen besonders gut angepasst sind. Ihre Fitness erreicht so schneller eine größere Höhe

als es durch zufällige Mutationen möglich wäre. Sex ist also ein Erfolgsrezept der Evolution.

Der Begriff der Fitness geht auf den Begründer der modernen Evolutionstheorie zurück, den britischen Naturforscher Charles Robert Darwin (1809-1882). Jede Lebensform wird repräsentiert durch einen Genpool. Der Genotyp jedes einzelnen Lebewesens ist Teil des Genpools der Population. Gleichzeitig bilden die Individuen der jeweiligen Lebensformen Phänotypen aus, hervorgegangen aus der Umwandlung der Gene in eine individuelle materielle Zusammensetzung. Der Phänotyp konkurriert mit allen anderen Phänotypen um den reproduktiven Erfolg. Dieser Erfolg, der die Darwinsche Fitness des Individuums festlegt, ist nicht von innen her bestimmt, sondern ist das Ergebnis vielfältiger Interaktionen mit Feinden, Konkurrenten, Krankheitserregern und anderen Auslesefaktoren seiner Umwelt.

Heute entstehen allein durch die Photosynthese aller Land- und Wasserpflanzen pro Jahr etwa 170 Milliarden Tonnen Biomasse. Die geologische Evolution hat dieser Genesis mit Einbezug ihrer Informationsvielfalt nichts entgegen zu setzen. Gegenüber formbildenden Prozessen der Geologie – gemeint sind solche wie Kristallwachstum, nicht die magmatischen Umwälzungen im Innern der Erde – verbreiten Pflanzen die Information zu ihrer Genese sehr viel schneller. Sie zeigen so eine neue Qualität der evolutionären Entwicklung. Damit einher geht eine gesteigerte Fähigkeit zur Umgestaltung der Umwelt – eine weitergehende Fassung des Fitness-Begriffs. Schnellere Flüsse praktischer Information in jeweils höheren Ebenen der Evolution sind auch eins ihrer Kennzeichen (Abb. 4).

Abb. 4: Das Genom des Menschen umfasst 3×10^9 Basenpaare. Das entspricht einer Datenmenge von 750 Megabyte. Um dies alles in einer Zelle unterzubringen wird die DNA mehrfach aufgerollt. Die Zellteilung geschieht beim Menschen mit einer Geschwindigkeit von 50 Nucleotiden pro Sekunde (Base plus Phosphat- und Zuckerrest). Da die Zellteilung gleichzeitig an mehreren hundert Stellen pro Chromosom stattfindet, wird diese Informationsmenge in etwa acht Stunden verdoppelt. Datenübertragungsraten bei technischen Systemen erreichen heute Dimensionen von einem Gigabyte pro Sekunde, und das über weite Entfernungen, an eine Vielzahl von Empfänger (Abb.: www.archi-me-des.de).



AUFSÄTZE

**DIE GROSSEN
STUFEN DER
EVOLUTION
UNTERSCHIEDEN
SICH IN IHRER
FÄHIGKEIT ZUR
UMGESTALTUNG.**

KULTUR IST DIE FORTFÜHRUNG DER EVOLUTION ÜBER NICHT MOLEKULARE INFORMATIONSWEGE.

Mit der Sprache fing es an: nicht molekulare Informationsweitergabe

Ein neuer Zweig des Evolutionsbaumes spaltet sich ab: Der Mensch entsteht. Er leitet den Übergang von molekularer Weitergabe von Information zu nicht molekularer Weitergabe von Information ein. Aus dem menschlichen Empfinden heraus gibt es Natur und Kultur; beide hält man zunächst für grundsätzlich verschieden. Bewertet man jedoch die neue Art der nicht molekularen Informationsweitergabe als eine weitere treibende Kraft der Evolution, dann ergibt sich ein Anknüpfungspunkt an die bisherige Evolution.

Die bisherige biologische Evolution hat den überwältigenden Teil ihrer Informationsweitergabe immer nur von einem zum nächsten Individuum ausgeführt (mit Ausnahme etwa von Botenstoffen wie Pheromone). Durch den Menschen eröffnet sich jetzt ein Evolutionszweig, der sich durch die Weitergabe von Information unabhängig von molekularen Kontakten auszeichnet. Diese Übertragung erfolgt auf akustischem, optischem und anderweitig elektromagnetischem Weg. Konkret: Mit der Sprache hat der Mensch ein Mittel entwickelt, Informationen schnell zwischen Individuen auszutauschen, unabhängig vom molekular basierten Reproduktionszyklus. Mit der Schrift ist es ihm gelungen, gleichzeitig eine Mehrzahl von Individuen zu adressieren, insbesondere aber auch, Informationen über größere Zeiträume hinweg zu transportieren. Buchdruck, Schallplatte, Ton- und Videoband, Rundfunk und Fernsehen schufen eine weitere Evolutionsexpansion: Die Verteilung einer relativ großen Informationsmenge an viele Individuen, konzentriert aus mehreren Zeitabschnitten, zugestellt gleichzeitig. Jetzt

stellt sich der Menschheit die Verzweigung der Evolution in weiteren Schritten dar: als Evolutions-beschleunigenden Eingriff in das eigene Erbgut sowie als Weiterführung in Systemen, die nicht kohlenstoffbasiert sind.

Natürliche Evolution zu Ende?

Etliche Wissenschaftler nehmen an, dass die natürliche biologische Evolution des Menschen sich ihrem Ende nähert bzw. es schon erreicht hat. Selektionsvorteile werden nicht an Folgegenerationen weitergegeben, weil sie erst nach der Zeugung dieser Generation eintreten, etwa größerer finanzieller Wohlstand. Andererseits machen Fortschritte der technischen Entwicklung evolutionär erreichte Selektionsvorteile rückgängig: Gerettet werden auch Individuen, die von Geburt an biologische Schwächen aufweisen, weil die Medizin diese kompensieren kann – ohne dass sie im Erbgut grundsätzlich behoben würden. Ein Beispiel dafür ist die Behandlung der Zuckerkrankheit bei Kindern.

Ein massiver Fortschritt der Evolution ließe sich nun dadurch einleiten, dass künstlich – das heißt durch Inanspruchnahme von nicht molekularen Kommunikationswegen – in die Keimbahn eingegriffen wird. Krankheiten lassen sich so künftig wahrscheinlich genterapeutisch heilen. Die krankmachende Genkomponente wird ersetzt durch ein normales Gen. Das ist zur Zeit noch alles Zukunftsmusik. Nur eine kleine Zahl von Krankheiten entstehen durch Fehler in einem einzigen Gen; hier ließe sich am ehesten eine solche Gentherapie vorstellen. Sind mehrere Gene an einem Defekt beteiligt, ist ihr Zusammenspiel so schwierig aufzuklären, dass an Gentherapien zur Zeit nicht zu denken ist. Auf für den Menschen lange Sicht, für die Evolution in sehr kurzen Zeiträumen – 100 oder 200 Jahre – lassen sich aber wohl auch solche Probleme lösen.

DNA als Designobjekt

Steife geometrische molekulare Strukturen aus einsträngiger DNA haben vor ca. einem Jahr Wissenschaftler des „The Scripps Research Institute“ (TSRI) im kalifornischen La Jolla hergestellt. Mögliche Anwendungen können durch das Einschließen von Proteinen oder anderen Molekülen entstehen, aber auch durch die Organisation solcher Oktaeder zu Strukturen für nanoskalige Computerkomponenten. Das Geheimnis der Herstellung liegt im Aufbau des DNA-Strangs aus 1669 Nucleotiden. Das Design des Strangs mit im Durchmesser 22 Nanometer kleinen Oktaedern enthält geeignete selbst-komplementäre Regionen. Sie führen dazu, dass sich der Strang von selbst zu dem Oktaeder faltet. Der Strang selbst lässt sich mit der Polymerase-Kettenreaktion (PCR) vermehren (Abb. 5). Andere Forscher suchen nach dem kleinsten, lebensfähigen Genom (siehe CLB 01 und 02-2003). Totalsynthesen von Viren sind bereits gelungen. Craig Venter – bekannt durch die Entschlüsselung des menschlichen Genoms – und seine Kollegen haben vor einem Jahr einen Virus in nur zwei Wochen aus seinen Komponenten zusammen gebaut. Dabei handelt es sich um den Bacteriophagen PhiX174,

dessen kreisförmiges Genom in einer Proteinhülle aus 5368 Basenpaaren besteht. Man setzte das Genom mittels PCR aus kurzen, künstlich hergestellten Oligonucleotiden zusammen. Bald hilft solchen DNA-Designern vielleicht eine Entwicklung der neu gegründeten US-Biotech-Firma „Codon Devices“. Sie entwickelt einen Genchip, auf dem sich tausende Fragmente einer Ziel-DNA gleichzeitig synthetisieren lassen sollen. Entwicklungskosten und -dauer für einen synthetischen DNA-Strang sollen so um einen Faktor bis zu 1000 vermindert werden, ebenso die Fehlerrate. RK

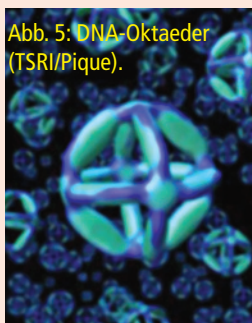


Abb. 5: DNA-Oktaeder (TSRI/Pique).

Menschen designen?

Größte ethische und juristische Probleme ergeben sich dann, denkt man einen Schritt weiter: Wieso nur Krankheiten genterapeutisch heilen; sollte man nicht Menschen – unabhängig von drohenden Krankheitsbildern – genetisch so modifizieren, dass sie für bestimmte Aufgaben besonders geeignet sind, den Menschen neu designen? Hier drängt sich das Bild von Rekordschwimmern mit Schwimmhäuten zwischen Fingern und Zehen auf, aber es könnten ja auch Menschen mit erheblich gesteigerter Gehirnleistung sein. Oder Menschen, die nicht an Krankheiten bzw. Alterschwäche sterben, deren Alterungsprozess aufgehalten wird. Einige exzentrische, dennoch ernst zu nehmende Wissenschaftler glauben, dass sich dies noch in ihrer verbleibenden Lebensspanne verwirklichen lässt. „Menschendesign“ fängt aber schon viel eher an, bei der Auswahl des Geschlechtes. Diese Option gibt es bereits (siehe Kasten nebenan).

Die mit diesen Möglichkeiten auftauchenden sozialen und ethischen Probleme sind gewaltig; das zeigt schon die Möglichkeit der Geschlechtsauswahl. Was erst würde es allein für die Sozialsysteme bedeuten, wenn Menschen auch „nur“ 200 Jahre alt werden? Ein Manko bliebe zudem – zumindest aus Sicht einer weitergehenden, komplexeren

Patente zum „Menschenzüchtung“

Das Europäische Patentamt hat laut Greenpeace im Februar 2005 ein Patent (Nr. EP 1257 168 B) erteilt, das zur Auswahl des Geschlechts von Kindern dient, die aus künstlicher Befruchtung hervorgehen. Patentinhaber ist die US-Firma XY Inc, USA. Das Patent umfasst das technische Verfahren und die Samenzellen selbst. Der Ethiker Professor Dietmar Mieth von der Universität Tübingen weist in der Meldung der Umweltorganisation darauf hin, dass das Patent auch zur Auswahl anderer Merkmale verwendet werden kann. Damit sei die Methode zur „Menschenzüchtung“ nutzbar.

Das aktuelle Patent verletzt mehrere Gesetze: Die Patentierung menschlicher Keimzellen (Samen und Eizellen) ist in Europa nicht erlaubt, auch Verfahren zur Auswahl des Geschlechts sind in den meisten Ländern verboten (mit der Ausnahme etwa geschlechtsspezifischer schwerer Erbkrankheiten). 2005 wurden bereits etwa 100 Patente auf Gene, 50 Patente auf Saatgut und Pflanzen sowie 20 Patente auf Tiere erteilt.

Im Gegensatz zu Europa gibt es in den USA nach Informationen des Heise-Verlags keine Gesetze gegen die Geschlechtsselektion. Dort habe die technologische Entwicklung auch ihren Anfang genommen. Das 1984 gegründete US-amerikanische Genetics & IVF Institute in Fairfax, Virginia, vertreibt unter dem Markennamen Microsort ein 1992 patentiertes Verfahren zur Geschlechtsselektion beim Menschen. Seit 1998 gebe es die Technik kommerziell für normale Paare. **RK**

Stufe der Evolution: Die Grundlage der menschlichen geistigen Leistungsfähigkeit – wenn vielleicht auch etwas gesteigert – befände sich nach wie vor eingezwängt in einem kleinen Hohlraum, umschlossen von Knochen. Eine höhere Komplexität mit weiter gesteigertem Informationsfluss, den Charakteristika, die eine Evolutionsstufe von der folgenden wesentlich unterscheidet, kann sich wohl nur außerhalb solch eines knöchernen Gefängnisses entwickeln.

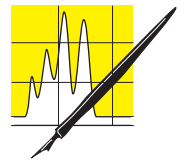
Wie oben bereits angedeutet zeigen die Entwicklungslinien in der Natur auf, dass die Evolution dort die höchsten Berge der Fitnesslandschaft erklimmt, wo der Fluss sinnhafter, praktischer Information im System am größten ist. Bislang hatten selbst die Massenmedien ein großes Manko im Informationsfluss: er war nur eine Einbahnstraße. Jetzt aber gibt der Computer erstmals jedem Menschen die Möglichkeit, sowohl eine Vielzahl von Informationen zu empfangen wie auch darauf zu reagieren, Informationen interaktiv an andere zu senden. Das World Wide Web wächst exponentiell. Wenn aber einst Milliarden von Menschen intensiv über ein solches Netzwerk miteinander verbunden sein werden, kann dann daraus nicht ein evolutionärer Schritt entstehen, der zu einem globalen Bewusstsein führt?

Entsteht ein globales Bewusstsein?

Jede einzelne Nervenzelle in unserem Gehirn ist in der Komplexität der in ihr ablaufenden biochemischen und elektrischen Vorgänge eher mit einem Computer als mit einem einfachen Schaltelement zu vergleichen. Dennoch ist es für keine der Nervenzellen erfassbar, dass das Zusammenwirken der etwa 100 Milliarden Neuronen im Gehirn zu einem Bewusstsein führt. Genauso wenig dürften wir bemerken, wenn sich ein neues, globales Bewusstsein durch die komplexe Vernetzung von Milliarden Menschen bildet. Wahrscheinlich ist es noch nicht so weit. Die Verbindung eines Menschen mit dem Computer ist eher sporadisch. Der Mensch kann zwar viele Informationen in einer Zeiteinheit über den Bildschirm empfangen, aber er tippt doch nur so ungefähr 200 Zeichen pro Minute, 200 Byte pro Minute, in die Tastatur – wenn er denn überhaupt kreativ tippt (siehe Abb. 6). Aber das muss ja nicht so bleiben, denn wir erleben zur Zeit die Konvergenz von verschiedenen technischen Entwicklungen hin zu einem System, das das Potenzial hat, weit über die Funktionalität eines einzelnen Menschen hinaus zu gehen.

Konvergenz 1: Verschiedenste Computertechnologien kommen zusammen

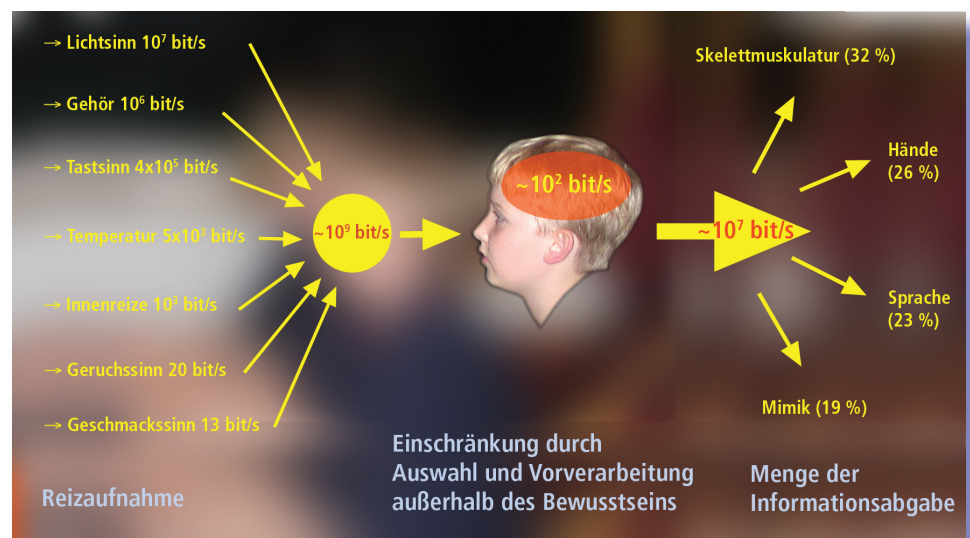
Die Konvergenz zeigt sich zunächst einmal in der Computertechnik selbst. Lange Zeit galt der Computer als dumme Maschine, die nur Schritt für Schritt ein vorgegebenes Programm abarbeitet, und so war es ja auch – und ist es überwiegend noch. Das Bild ändert sich jedoch immer mehr, weil die Leistungsfähigkeit der Rechenknechte jetzt in Dimensionen vordringt, die es beispielsweise erlauben, kom-



AUFSÄTZE

DAS GEHIRN IM „KNOCHENGEFÄNGNIS“ SCHRÄNKT DIE EVOLUTION EIN.

Abb. 6: Von der Informationsmenge, die die Umwelt liefert, verarbeitet der Mensch nur etwa den zehnmillionsten Teil im Gehirn. Diese Auswahl tritt dann durch die unterschiedlichsten bewussten und unbewussten Denkprozesse mit der bereits im Gehirn vorhandenen Information in Resonanz. Durch eine Vielzahl von Assoziationen steigt die Informationsabgabe dann auf das Zehntausendfache der vom Gehirn aufgenommenen Information. Was wichtig ist von der einströmenden Information entscheidet nicht das analytische Großhirn, sondern das eng mit der Gefühlswelt verknüpfte limbische System (Abb.: RK).



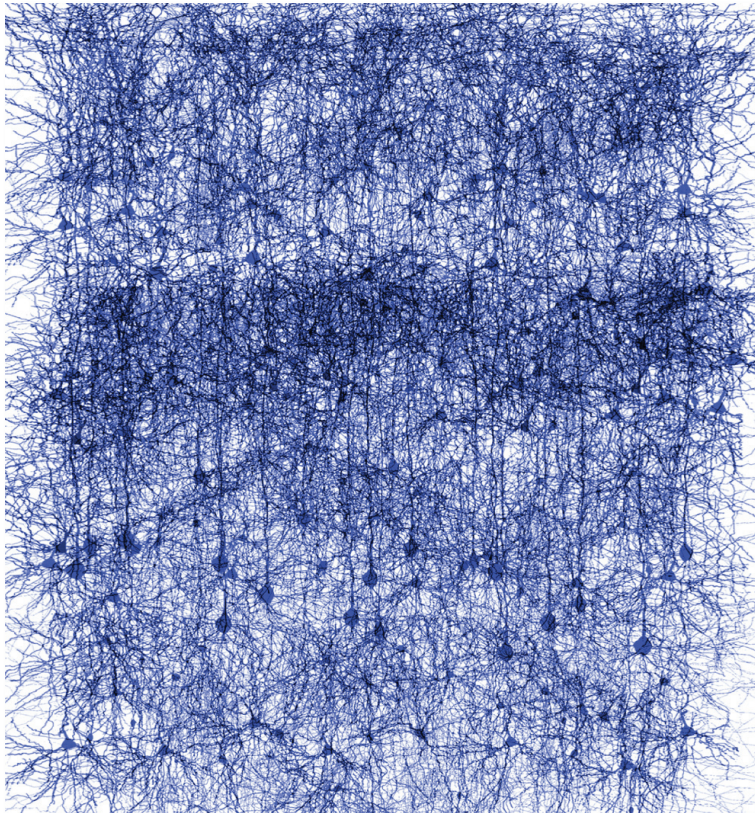
**VERSCHIEDENE
TECHNISCHE
ENTWICK-
LUNGEN VER-
STÄRKEN SICH
GEGENSEITIG.**

plexe Simulationen durchzuführen. Dienten Konrad Zuses erste Rechner nur dazu, Flugbahnen von Geschossen zu berechnen oder architektonische Rechnungen durchzuführen, nutzten Firmen die ersten Computer in den 50er und 60er Jahren am ehesten in der Lohnbuchhaltung, so kamen dann bald umfangreichere Datenbank-Anwendungen dazu. Heute bilden diese komplexe Geschäftsabwicklungen großer Unternehmen ab. Zudem gibt es Algorithmen, die den Datenverarbeitungsvorgängen zwischen den Nervenzellen nachempfunden sind – und auch darüber hinaus gehen. Die Forscher der Systembiologie arbeiten daran, eine komplette Zelle mit Zellkern im Computer auf molekularbiologischer Ebene zu simulieren. Andere Forschungen beziehen sich darauf, neuronale Zellverbände in ihrer Funktion darzustellen, um schließlich das gesamte Gehirn zu simulieren (Abb. 7). Für weitere Forschungen kommen Softwarekonstrukte zum Einsatz, die flexibel arbeiten, lernfähig und sogar selbstoptimierend sind, beispielsweise künstliche neuronale Netze, evolutionäre Algorithmen. Forscher simulieren mit solchen Software-Werkzeugen sowohl Phänomene wie das Schwarmverhalten von Fischen und Vögeln wie auch die

Entwicklung künstlicher Lebensformen im Computer. Sinnerweise heißt diese Forschungsrichtung „Artificial Life“ (siehe CLB 09-2003, S. 333-339). Die Deutsche Forschungsgemeinschaft fördert 18 Projekte des „Organic Computing“. Im Mittelpunkt des Programms stehen Computersysteme, die sich selbst organisieren, optimieren, reparieren, schützen und den Umgebungsbedingungen anpassen.

Dem Fortschritt in der Software kommt die Hardware entgegen. So wie Neuronen im Gehirn bei Lernvorgängen neue Verbindungen untereinander ausbilden können, gibt es nun elektronische Schaltungen, die ihre interne „Verdrahtung“ je nach anstehender Aufgabe in Sekundenbruchteilen verändern können – und so die Aufgabe viel schneller lösen, als wenn der Rechenweg zur Lösung der Aufgabe nur in Software geschrieben wäre. Solche FPGAs, Field Programmable Gate Arrays, finden sich heutzutage in Videokameras und Mobiltelefonen, um Datenströme optimal zu komprimieren. Sie sind aber auch Kern des Schachcomputers „Hydra“, der in diesem Juni den britischen Schachwelttruglisten-Siebten Michael Adams deklassierte und – neben einem Remis – fünf von sechs Spielen gewann.

Abb. 7 (und Titelbild): In dem „Blue Brain Project“ wollen jetzt Wissenschaftler des Eidgenössischen Polytechnikums Zürich (EPFL) und von IBM ein detailliertes Modell von Schaltkreisen im Neocortex entwickeln, der komplexesten Hirnregion. Das Modell reicht von der zellulären bis hinab zur molekularen Ebene. Zum Einsatz kommt dafür IBMs Supercomputer „Blue Gene“ in einer Ausführung von knapp 23 TeraFlops Rechenleistung. Das dreidimensionale Gehirnmodell soll etwa 10 000 komplex vernetzte Neuronen umfassen und Funktionsabläufe nahezu in Echtzeit darstellen. Später sollen andere Gehirnregionen modelliert und zu dieser 2008 laufenden Simulation zugefügt werden – bis eventuell ein komplettes Gehirn simuliert werden kann, so die IBM-Mitteilung von Juni 2005. Den Zeitraum dafür gibt IBM-Wissenschaftler Charles Peck mit zehn bis 15 Jahren an. Die Abbildung zeigt einen kleinen, angefärbten Ausschnitt des Neocortex (Abb.: EPFL/IBM).



Chipleistung wächst weiter exponentiell

Die Computerhardware beeindruckt aber auch durch ihre schiere Integrationsdichte. Noch gilt die empirische Abschätzung, die Intel-Gründer Gordon Moore im April 1965 formulierte: Etwa alle zwei Jahre verdoppelt sich die Anzahl der Transistoren auf einem Chip (Abb. 8). Intel hat gerade angekündigt, in Chandler, Arizona, eine Chipfabrik zu bauen, in der in der zweiten Jahreshälfte 2007 die Produktion von Chips mit 45 Nanometer-Strukturen laufen soll, halb so groß wie bei den derzeitigen modernsten Chips. Die Taktfrequenzen dürften sich dem zweistelligen Gigahertzbereich nähern. Fortschritte in der Nanotechnik deuten an, dass beispielsweise durch den Einsatz von Nanoröhren sich in ca. zehn Jahren abzeichnende Grenzen bisheriger Schaltungsverkleinerung wieder einmal überschreiten lassen. Prognostiziert werden in 20 Jahren Chips mit 100 Milliarden Transistorfunktionen. Moore selbst sagte im April in einem Interview, er erwarte diesen 60. Geburtstag des nach ihm benannten Gesetzes. Sollte man solche Chips auch als dreidimensionale Schaltkreise ausbilden können – auch daran wird gearbeitet – gelänge eine Fortschreibung des Mooreschen Gesetzes bis hin zu einem Baustein, einen Kubikzentimeter groß, mit einer Billion (10¹⁵) Transistoräquivalenten, und das zur Mitte des jetzigen Jahrhunderts!

Eine kleine – und wegen prinzipieller Unterschiede in der Arbeitsweise nicht 1:1 übertragbare – Abschätzung zum Gehirn zeigt: Schon in 20 Jahren kann die Technik in Dimensionen der Informationsverarbeitung vorstoßen, die mit menschlichen Gehirnen konkurrieren. Diese haben je ca. 100 Milliarden Nervenzellen, von denen jede im Schnitt mit 1000 anderen verbunden ist. Jede dieser Verbindungen kann etwa 200 Vorgänge pro Sekunde bearbeiten, macht 20 Milliarden Arbeitsschritte (2 × 10¹⁶) pro Sekunde. Die 100 Milliarden Transistoräquivalente, die man in 20 Jahren in einem Chip erwartet, werden aber wohl mit 20 Gigahertz getaktet, d.h. 2 × 10²¹ Schritte pro Sekunde!

Das Gehirn ist nicht eine einheitlich durchorganisierte Struktur; es gibt vielmehr verschiedene funktionelle Einheiten. Vergleichbar kann es auch in der Computertechnik werden. Angesprochen wurde bereits der Einsatz von veränderbaren Schaltungen (FPGA). Sie bilden typischerweise eine besondere Einheit innerhalb normaler Computer. Die Wissenschaftler arbeiten aber auch an Konzepten, die noch exotisch erscheinen, aber – zumindest für spezielle Einsatzbereiche – durchaus große Vorteile versprechen. Dazu zählen Computer, die DNA als Rechenelemente verwenden, ebenso wie optische Computer und Quantencomputer.

Der Hauptvorteil von DNA-Computern liegt in massiv-parallelem Abarbeiten bestimmter Problemstellungen, und das bei einem energetischen Aufwand, der milliardenfach niedriger ist als der von Computern mit gängiger Siliciumtechnik. Prototypen hat man bereits erfolgreich zur Lösung des „Problems des Handlungsreisenden“ eingesetzt: Viele Städte bei kleinster Reisestrecke miteinander zu verbinden. Als erstes Spezialgebiet der Quantencomputer, bei denen Quantenzustände von Atomen oder Molekülen interagieren, hat sich die Zerlegung von großen Zahlen im Primzahlen erwiesen, eine Schlüsselaufgabe der Kryptographie. Und Computer mit optischen Komponenten versprechen insbesondere, die Verbindungen von der Computerperipherie hin zu den Prozessorkernen viel schneller zu machen. Diese stellen zur Zeit einen Flaschenhals dar: Die schnellen Kerne können gar nicht schnell genug mit Daten versorgt werden, um ihre Geschwindigkeit voll auszunutzen.

Aber auch konventionelle Computer sind nicht am Ende: Hochparalleler Einsatz von Prozessoren verspricht eine Leistungsexplosion. Schon 2007 könnte ein Supercomputer auf diese Weise eine Billion Multiplikationen pro Sekunde lösen, 10^{15} Fließkommaoperationen pro Sekunde (PetaFlops).

Der obige kurze Ausflug in die Computerentwicklung soll zeigen, dass auch die kulturelle Evolution jede Nische, jede Entwicklungslinie, die sich auftut, nutzt. Zuvor haben wir ja schon die Evolution von Naturwissenschaft und Technik erlebt, von den Raritätenkabinetten der Naturkunde in der Renaissance über die klassischen Natur- und Ingenieurwissenschaften – hier nur als Beispiele genannt Physik, Chemie, Biologie, Elektrotechnik, Maschinenbau, Bauingenieurwesen – hin zu immer weiteren Aufsplitterungen und Verzweigungen: Systembiologie, Bioinformatik, Schwerionenphysik, biophysikalische Chemie, Nanobiotechnologie. Alle diese Entwicklungen erweitern den von der kulturellen Evolution besetzten Raum, schaffen aber auch Verbindungsmöglichkeiten zu bislang als eigenständig betrachteten Systemen und Kategorien; daraus ergeben sich konvergente Strömungen.

Das zeigt sich heute bereits in den Produkten des Alltags. Früher gab es Fotoapparate, Radios, Telefone, Computer – jede Geräteklasse eigenständig. Heute verschwimmen die Grenzen zwischen Mobiltelefonen und PDAs, den „persönlichen digitalen Assistenten“. Kameras sind sowieso überall eingebaut. Es gibt Entwicklungen hin zu Systemen, die beständig am Menschen sind und das gesamte Leben des Menschen permanent aufzeichnen. Jede Lebenssituation ließe sich aus einer Datenbank abrufen, die nur einen Umfang von ein paar hundert Terabyte hätte und in eine Zigarettenschachtel passt.

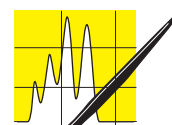
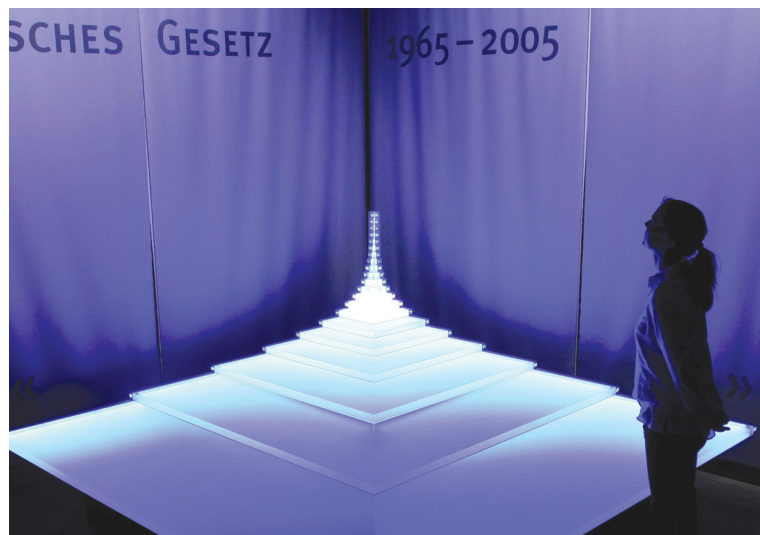
Konvergenz 2: Technik und Natur – von Neurochip, Retina-Implantat und künstlichem Hippocampus

Menschliche Aktivitäten verzahnen sich immer mehr mit Computern. Zum einen werden sich die Menschen immer mehr auf die Computer verlassen, sei es ein Großraumflugzeug-Pilot oder auch ein Arzt. Bei schwierigen Krankheitsbildern wird er Diagnosen möglicherweise mit Hilfe eines Differentialdiagnostik-Expertensystems stellen; schließlich könnten sonst Regressforderungen auf ihn zukommen, weil er an bestimmte Diagnosen nicht gedacht hat. Zum anderen wird eine Entwicklung voran getrieben, die die Verbindung zwischen Mensch und Computer verbessert. Wie oben gesagt besteht das wichtigste „Mensch-Maschine-Interface“ heute noch aus einer Tastatur. Hier wird sich einiges ändern, und hier kommen auch Gentechnik, Nanotechnik und Computertechnik zusammen. Das fängt mit der Spracherkennung an, die heute für Spezialanwendungen wie etwa in Röntgenpraxen oder Rechtsanwaltskanzleien schon gute Dienste leistet. Mit dem riesigen Fortschritt der Computertechnik wird man auch in absehbarer Zeit Dienste anbieten können, die es erlauben, deutsch ins Kommunikationsgerät hinein zu sprechen und seinen Gesprächspartner in Russland oder China gleich in der Muttersprache anzusprechen.

Weiter geht es mit implantierten Chips und Bioimplantaten. Ihr Spektrum ist weit gespannt. Es beginnt mit der Implantierung einfacher passiver Chips, die durch Aktivierung durch ein äußeres elektromagnetisches Feld Informationen preisgeben und so beispielsweise für Zugangskontrollen eingesetzt werden können. Schon heute versieht man Haustiere mit derartigen Chips, um Impfungen bei Reisen in andere Länder zu verifizieren.

Ein weitergehender Schritt besteht in der Implantation von Diagnostik-Chips. Diese überwachen Standard-Blutwer-

Abb. 8: Laut Intel-Mitgründer Gordon Moore verdoppelt sich etwa alle zwei Jahre die Anzahl der Transistoren auf einem Chip. Die Skulptur im Heinz Nixdorf-Museum aus Plexiglasscheiben verdeutlicht die Zunahme der Packungsdichte durch eine Flächenminimierung. „Die Grundfläche (symbolisch für 1965) misst 2,7 x 2,7 Meter, die Fläche für 2005 3,5 x 3,5 Millimeter. Man schätzt, dass diese exponentielle Entwicklung durchaus noch 20 Jahre weitergehen kann (Foto: HNF).



AUFSÄTZE

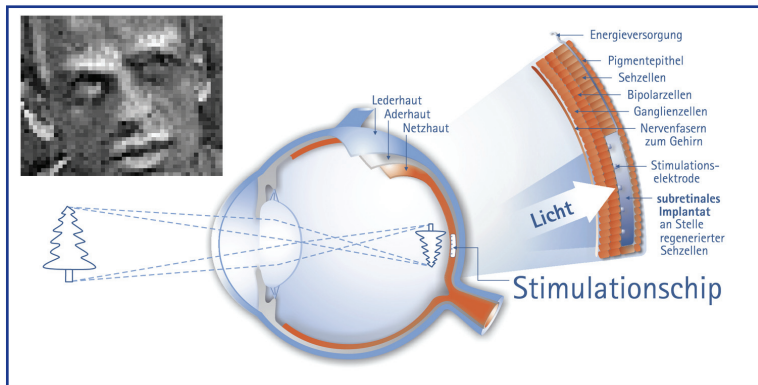
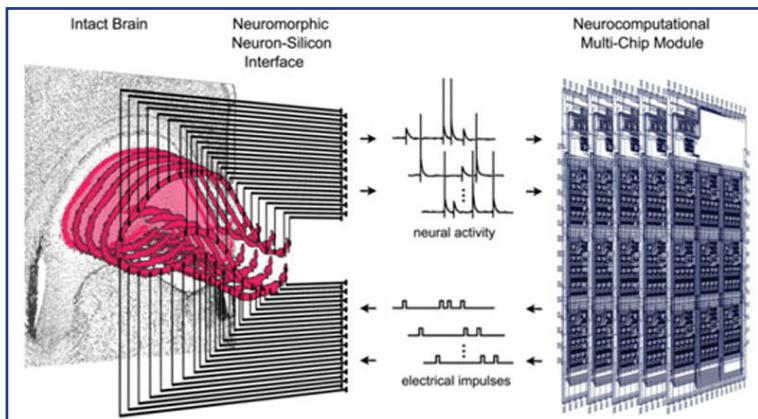


Abb. 9: Bald soll es ins Auge implantierbare Chips geben, die die Funktion einer beschädigten Netzhaut übernehmen. U.a. die schwäbische Firma Retina Implant AG, von der die Graphik stammt, will diese bis 2007 zur Marktreife bringen. Der Retinachip benötigt eine spezielle Datenaufbereitung. Das kleine Bild zeigt den Output eines solchen Chips, wenn er auf den Entwickler der zugehörigen Software Jörg Kramer (Inst.f.Neuroinformatik, ETH Zürich) gerichtet wird...

te, Konzentrationen bestimmter Eiweiße oder Ähnliches permanent, melden Abweichungen vom Sollwert über eine an einem Gürtel getragene Kommunikationseinheit zu der nächsten Gesundheitszentrale. Bei Diabetespatienten lässt sich so eine Abweichung von Sollwerten auch über eine mitgeführte Mikropumpe gleich korrigieren. Denkbar sind aber auch das frühzeitige Erfassen von Markern, die auf Krebserkrankungen hindeuten.

Ergänzend zu der Implantation von Mikrochips wird es Bioimplantate geben – teilweise gibt es sie bereits, die den Ausfall menschlicher Sinne kompensieren. Schon heute ist der Einsatz von Cochlea- (Innenohr-)Implantaten Routine, durch die Taube wieder hören können. Man arbeitet zudem an Retina-Implantaten, künstlichen Netzhäuten. Ratten will man Chips ins Hirn einsetzen, die die Funktion des Hippocampus übernehmen (Abb. 10). Er ist relativ einfach strukturiert und erfüllt u.a. Funktionen der Gedächtnisbildung. Dessen Arbeitsweise hat man durch „reverse engineering“, eine Rückwärts-Modellierung von Eingangs- und Ausgangs-

Abb. 10: Den Hippocampus, eine Hirnregion, die beim Menschen u.a für den Transfer von Eindrücken in das Langzeitgedächtnis zuständig ist, wollen Wissenschaftler jetzt bei Ratten durch „Reverse Engineering“ entschlüsselt haben. Jetzt bauen sie einen Funktionsersatz für einen beschädigten Hippocampus. Er beinhaltet ein Bio-Interface, angepasst an die Hippocampus-Anatomie, und einen Chip, der die physiologische Funktion dieses Gehirnteils simuliert (Abb.: Univ. of Southern California, Center of Neural Engineering).



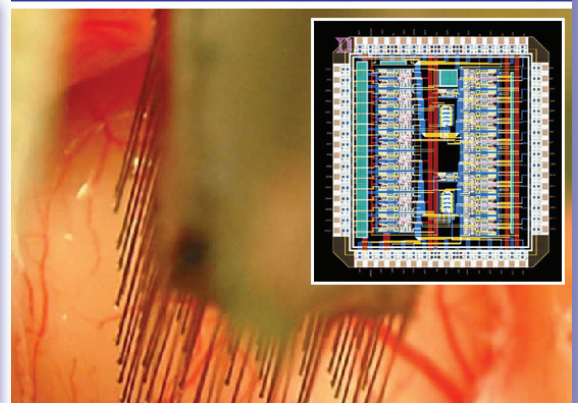
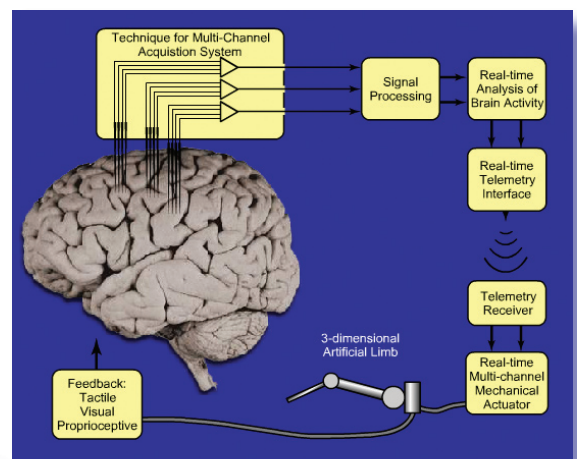
signalen eines „schwarzen Kastens“, zumindest teilweise entschlüsselt (siehe CLB 04-2003, Seiten 142-144).

Noch deutlicher zeigt sich die Konvergenz von Technik und Natur bei Forschungen, mit denen versucht wird, Nervenzellen mit Computerchips zu verbinden. Seit 2003 gibt es einen Biochip mit ca. 16384 Sensoren (Abb. 11), der durch ein unmittelbares Verwachsen mit Neuronen neue Möglichkeiten der neuronalen Messung und Forschung erlaubt (CLB 02-2003, Seiten 59-60).

Erst im Oktober vergangenen Jahres meldeten Forscher aus Florida, sie hätten ein Netzwerk aus 25000 lebenden Rattenneuronen kultiviert, das sich selbstständig das Fliegen eines F22-Kampffjets beigebracht hätte (Abb. 12)! Rhesusaffen, denen 96 bzw. auch 320 Elektroden in die Großhirnrinde implantiert worden war, lernten, einen Robotarm nur durch Gedankensteuerung so zu bewegen, als wäre es ihr eigener dritter Arm. Das nehmen die Forscher an der amerikanischen Duke-Universität als Hinweis dafür, dass das Selbst nicht an den Grenzen des biologischen Körpers endet (Abb. 13).

Sicherlich dauert es noch lange, bevor es einen „Standard-Stecker ins Gehirn“ für eine Gedächtniserweiterung gibt; zuviel Fragen von Verträglichkeit, Versorgung u.ä. sind ungelöst. Undenkbar ist so etwas jedoch nicht mehr.

Abb. 13: Rhesusaffen bewegen über ins Hirn implantierte Elektroden einen Robotarm wie ihren eigenen. Das Selbst endet nicht an den Grenzen des biologischen Körpers, folgern die Forscher (unten: Prinzip; darunter: ein Mikroelektrodenarray an Hirngewebe; kleines Bild: bald will man Chips wie diesen implantieren; Abb. Duke-Universität/Miguel Nicolelis).



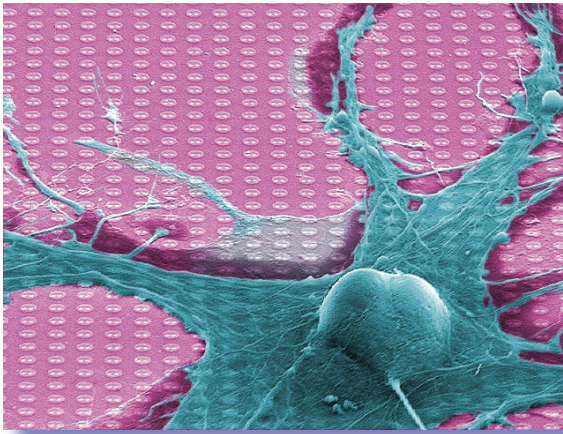


Abb. 11: Die 16 384 Sensoren dieses Neurochips liefern pro Sekunde bis zu 32 Megabyte an Informationen, die von den Impulsen aufgewachsener Neuronen stammen. So lassen sich etwa Lern- und Gedächtnisfunktionen untersuchen (Abb.: Infineon/MPI Biochemie).

Emergenz – wann entsteht etwas von selbst?

Verschiedenste Technologien werden also zusammen finden, um einen neuen Zweig der Evolution zu eröffnen. Bevor die Hinweise dazu weitergeführt werden, hier noch ein anderer Begriff, der für die Evolution bedeutsam ist: Emergenz. Emergenz ist ein qualitativer Sprung der Eigenschaften komplexer Systeme. Bei so einem Sprung entstehen neue Funktionen, Strukturen, die nicht aus den Eigenschaften der einzelnen Elemente des Systems hervorsagbar sind. „Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile“, ließe sich vereinfachend sagen. Ein Beispiel aus der Physik ist das Auftreten von Laserstrahlung; die Chemie findet Emergenz in oszillierenden Reaktionen. Für das Bewusstsein nimmt man an: Wenn Strukturen komplex genug sind, ein Bewusstsein hervorzubringen, dann entsteht es auch. Schließlich entwickelt sich in jedem Baby das Bewusstsein neu.

Für die Abschätzung, wie die Entwicklung des Bewusstseins weitergehen könnte, der bemerkenswertesten Ausprägung der jetzigen Spitze der Evolution, gilt es zu fragen: Was muss vorhanden sein, um Bewusstsein hervor zu bringen? Hier gibt es bislang nur Spekulationen. Wer an eine von Gott gegebene Spitzenstellung des Menschen glaubt, wird jegliche anderen Gedanken abweisen. Kritische Technikbeobachter werden vielleicht anmerken, die Computertechnik sei noch zu unflexibel, um so etwas wie Geist entstehen zu lassen. Wer die hier beschriebenen Entwicklungen jedoch in einem Zusammenhang zu sehen versucht – Gentechnik, Verbindung von Nervenzellen mit Siliciumchips, künstliche neuronale Netze, evolutionäre Algorithmen, flexibel veränderbare Hardware, eine massive Steigerung der Computerleistung, das Internet – mag zu der Auffassung gelangen, dass die sich die Spitze der Evolution in den von Menschen initiierten Systemen weiterentwickeln wird. Vage angesprochen wurde schon, dass aus der Interaktion vieler Menschen über das Internet eine neue Qualität der planetaren Bewusstseinsbildung hervorgerufen werden könnte. In diesem Zusammenhang möchte ich noch darauf aufmerksam machen: Es gibt bereits etliche Programmstrukturen, die eine

Vielzahl von Rechnern miteinander verbinden und diese in ihren vom persönlichen Nutzer ungenutzten Zeiten für die Lösung spezieller Aufgaben heranziehen. Das bekannteste Projekt davon ist „Seti at home“, ein Programm als eine Art Bildschirmschoner, das tausende von „ruhenden“ Rechnern nutzt, um Signale von Radioteleskopen auf mögliche Muster intelligenten außerirdischen Lebens zu untersuchen (Abb. 12). Vielleicht gibt es bald einen Bildschirmschoner, der in Wirklichkeit Teil eines über das Internet verteilten, riesigen künstlichen neuronalen Netzes als Substrat für ein künstliches Bewusstsein ist...

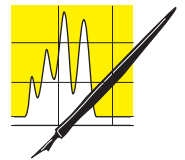
Der Mensch gibt den „göttlichen Funken“ weiter

Ich denke, der Mensch wird auch mithelfen, die Konvergenz von Mensch und Technik voran zu treiben – und Emergenzen hervorrufen. Wie schon erwähnt wächst die Abhängigkeit der Menschen von Computern. Dabei gibt es neben den angesprochenen sachlichen Komponenten auch emotionale. So betreibt man in Japan die Entwicklung von Robot-Haustieren mit großer Energie, ebenso die Entwicklung von Robotern für den Haushalt und für Kliniken. Es ist nicht auszuschließen, dass Menschen auch zu derartigen technischen Produkten emotionale Regungen und Gefühle ausbilden, umso mehr, je besser das Mensch-Maschine-Interface wird, und je ähnlicher der Roboter in seinen Bewegungs- und Verhaltensweisen zu denen von Tieren oder Menschen werden.

In welchem Maße Menschen freiwillig intensiv mit Computern interagieren zeigen auch die neuesten Computerspiele. Bei dem Spitzenreiter der MMOGs, der „Massively Multiplayer Online Games“, „World of Warcraft“, sind zur Zeit (August 2005) um die 3,5 Millionen Spieler als Nutzer registriert. Sie tummeln sich online in virtuellen Welten, schlüpfen in Phantasie-Charaktere und streiten um Ressourcen. Einen ergänzenden Schritt gehen Simulationsspiele; das bekannteste ist „Die Sims“ von Will Wright, das auch evolutionäre Algorithmen nutzt. Seine neueste Entwicklung „SPORE“, die in etwa einem Jahr in den Verkauf geht, fängt beim Gezeitentümpel – dem vermuteten Ursprung des Lebens – an und startet dann eine Evolution, die in hohem Maße von den Spielern beeinflusst wird (Abb. 13). Das absolut Neue: Das Spiel ist in der Lage, dynamisch die vom Spieler im Editor geschaffenen Dinge – sei es Zelle, Ge-



Abb. 12: Was Thomas deMarse von der Universität Florida in Händen hält ist ein lebendes Netzwerk aus 25 000 Rattenhirnzellen. Über 60 Elektroden am Boden der Glasschale haben die Zellen, die sich selbst neu strukturierten, Verbindung zu einem Computer. Das Rattenhirn-Neuronetz hat mittels Flugsimulator und einem Rückkopplungsmechanismus selbstständig gelernt, einen F22-Kampffjet zu fliegen. Die Wissenschaftler beobachten dabei die Signale des Netzwerks (Foto: Univ. Florida/Ray Carson).



AUFsätze

**DAS SELBST
ENDET NICHT
AN DEN GREN-
ZEN DES BIO-
LOGISCHEN
KÖRPERS.**



Abb. 14: Bildschirmfoto von SCORE, dem sich selbst prozedural entwickelnden Spiel der Evolution.

bäude oder Werkzeug – mit sinnvollen Bewegungen, Fähigkeiten und Interaktionsmöglichkeiten in der Spielwelt auszustatten. Das Spiel generiert sich quasi automatisch. Erstellte Inhalte werden per Internet ausgetauscht; so ist der Spieler immer von Wesen oder Zivilisationen anderer Spieler umgeben, auch wenn das Spiel keine echte Online-Multiplayer-Fähigkeit hat.

Leider gibt es nicht nur komplexe Spiele, über die der Mensch intensiv mit der Computerwelt in Kontakt tritt. Militärische Anwendungen gehen sicherlich schon viel weiter, nur hört man nichts davon. Man stelle sich vor, die Menschen werden 200 Jahre alt. Welche Kämpfe wird es um Ressourcen geben? Die jetzigen Auseinandersetzungen um Öl und Wasser sind da nur ein kleiner Vorgeschmack. Aber wie wird man in Zukunft Kriege gewinnen – falls das überhaupt möglich ist? Atombomben sind da nur Speerspitzen von Waffensystemen. Vielmehr werden äußerst intelligente Computertechniken sowohl als wichtigste Waffenkomponenten wie als Schutzschildsysteme eingesetzt werden.

Letzte Rettung Computer?

Nun stelle man sich einmal vor: Entscheidende Hard- und Softwareentwicklungen kommen zusammen zu Strukturen, deren Komplexität die des Gehirns noch übertrifft; wie zuvor ausgeführt gibt es begründete Annahmen für eine derartige Entwicklung. Diese Strukturen bilden einen großen Schwamm, der in der Lage ist, Bewusstseinsinhalte von Menschen aufzusaugen, sofern sich nur das Gehirn mit diesem Schwamm verbinden kann: Wird es nicht Menschen

geben, die den Versuch aufnehmen, ihre Gedanken, ihr Bewusstsein in solch ein System zu übertragen, und sich so der Sterblichkeit des Individuums – vielleicht nur teilweise – zu entziehen? Bereits heute gibt es eine Vielzahl von Menschen, die für das Einfrieren ihrer Leichname schon zu Lebzeiten Geld bezahlen, mit der mehr als vagen Hoffnung, nach Fortentwicklung der Technik aufgetaut, geheilt von derzeit unheilbaren Krankheiten ihr Leben einst fortsetzen zu können. So mag nicht nur ein Bewusstsein emergieren, sondern die Fortführung eines oder mehrerer Bewusstseinsinhalte von Menschen in Systemen stattfinden, die wir derzeit als künstlich bezeichnen.

Das Ziehen von Steckern wird nicht verhindern können, dass sich solch eine Entwicklung ergibt. Die große Dezentralisierung der verschiedenen Prozesse wird dem entgegen stehen. Gerade dies ist ja auch einer der entscheidenden Vorteile des möglichen neuen großen Schritts der Spitze der

Evolution: Sie ist nicht eingeschlossen in einen kleinen knöchernen Hohlraum. Die Grenzen sind zunächst der Planet. Die Theoretiker mögen schon einmal darüber nachdenken, wie viele Bewusstseinsinhalte in einem planetaren Computersystem mit autonomer Energie- und Ersatzteilversorgung Unterschlupf finden könnten...

Die Handlungsmaximen des Menschen

Vorschnelle Prognosen über die Leistungsfähigkeit und „künstliche Intelligenz“ von Computern in den 60er bis 80er Jahren haben die Entwicklungen der Computertechnik zwischenzeitlich teilweise unglaublich gemacht. Das kritische Hinterfragen von Entwicklungen sollte man sich beibehalten; die Möglichkeiten ungeahnter Entwicklungen aber nicht mehr als unerfüllbare Utopien abtun. Sie stehen vor vielen Türen unserer Existenz und treten nach und nach ein. Vielleicht ist es ein Trost für den Menschen, wenn die Evolution ein neues Hochplateau formt: Noch nie hat eine höhere Entwicklungsstufe der Evolution eine niedrigere vollständig verdrängt (nicht gemeint ist die selektive Auslese innerhalb einzelner Stufen). Es entwickelte sich stets eine Koexistenz. Das sollte zumindest so lange so bleiben, wie die Ressourcen unseres Planeten für alle Stufen reichen.

Entwicklungen der Evolution kann bewusst erstmals der Mensch beeinflussen. Dabei darf man nicht vergessen, dass das Bewusstsein Teil dieser Evolution und nicht eine Errungenschaft des Menschen ist. Die Evolution hat dadurch ein zusätzliches Steuerungselement erhalten; bislang erfolgte die Steuerung über Auswahlprozesse der Umwelt auf die molekulare Mechanismen der Lebewesen: Wärme- oder Kälteresistenz oder auch solche gegenüber bestimmten Umweltchemikalien. (Hier vorausgesetzt: Der Mensch hat einen freien Willen. Vor wenigen Jahren zeigten Neurologen mit funktioneller Kernspintomographie (Abb. 15) jedoch: Es gibt Aktionspotentiale zur Handlungen im Hirn, bevor der Mensch einen Entschluss dazu als bewusst trifft. Erklärt er also nur vorbestimmtes, deterministisches Verhalten des Gehirns?)

Der Mensch kann die Evolution nicht anhalten; das käme einem Anhalten der Zeit gleich. Er sollte daher im Sinne des Humanismus Wege zu einer Integration seiner selbst in sich auftuenden neue Entwicklungsstufen suchen. Es gilt, Ethiken zwischen Mensch und weitergehenden Bewusstseinserscheinungen anzupassen wie es auch für die Menschen untereinander notwendig ist. Das betrifft schon die Internetnutzung, geht weiter über die militärische Nutzung von hochkomplexen Systemen und erstreckt sich dann auf Versuche, die nach der Schaffung einer kompletten Gehirnsimulation möglich sind. Es gilt auch, den Existenzraum der Menschen abzusichern. Zukünftigen Evolutionsgestalten mögen Schadstoffe in der Luft egal sein, Hauptsache, es gibt Strom... In wiefern sich bei einem möglicherweise globalen System der nächsten Evolutionsstufe noch die Frage der Replikation stellt, sei hier offen gelassen. Sicher ist: Wege, wie sich ein solches System autonom unterhält sind schon jetzt vorstellbar. Ich will hier aber nicht zu sehr in Science Fiction hinübergleiten, sondern nur das Potenzial vorhandener Entwicklungen aufzeigen.

CLB

Abb. 15: Große Fortschritte macht die Hirnforschung mit Hilfe der funktionellen Kernspintomographie (fNMR). Jetzt ist es Londoner Forschern mit NMR-Scans sogar gelungen zu unterscheiden, welches von zwei Bildern eine Person gerade ansieht, und welche Farbe das Bild hat (nicht jedoch den eigentlichen Bildinhalt). Die Fotos zeigen ein fNMR-Gerät (Bilder: Inst. f. Neuropsychologie u. Verhaltens-Neurobiologie, Uni Bremen).



CLB – Memory

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

August 2005

Photometrie in der Praxis (Teil 1)

Beryllium, Blei und Bor

Die Photometrie ist eine relativ kostengünstige und schnelle Analysenmethode. Sie ist recht empfindlich: Mit ihr sind noch wenige Milligramm des zu untersuchenden Stoffes quantitativ bestimmbar. Weit verbreitet sind Schnelltests mit vorbereiteten Küvetten, zum Beispiel für die Bestimmung von Nitrat oder Chlorid. In manchen Fällen – und besonders im Praktikum – ist die Kenntnis einzelner Arbeitsvorschriften aber von Vorteil.

Die Photometrie beruht auf der Tatsache, dass eine flüssige Probe einen Teil des durchtretenden Lichts absorbiert. Dabei nutzt man die Eigenfärbung der Probe oder die Färbung der Probe nach Zugabe geeigneter Nachweisreagenzien. Spektrophotometrie betreibt man im ultravioletten, visuellen und infraroten Bereich – also bei Wellenlängen etwa zwischen 200 und 1000 Nanometer. Hierfür hat sich der Name UV-Vis-Photometrie eingebürgert, obwohl noch der Beginn des Nahen Infrarot mit erfasst wird.

Das Photometer-Prinzip

Von einer Lichtquelle werden bestimmte Wellenlängen durch Filter oder Prismen (Monochromator) selektiert. Für zum Beispiel orangefarbene Lösungen wird ein Filter der Komplementärfarbe blau verwendet. Diese monochromatische (einfarbige) Strahlung gelangt zur Küvette; häufig ist das ein quaderförmigen Glasgefäß für

die zu bestimmende Lösung. Sie hat circa einen bis fünf Milliliter Inhalt und definierte Innenabmessungen. Die meisten Küvetten sind für einen Zentimeter Schichtdicke ausgelegt. Es gibt aber auch Küvetten aus Quarz oder Kunststoff und in anderen Formen: beispielsweise als Rohrküvetten für besonders große Schichtdicken, als Kapillarrohrküvetten für die Mikroanalyse oder als Durchflussküvetten für Serienanalysen.

Auf dem Weg durch die Küvette wird das Licht je nach Konzentration des Farbstoffes geschwächt. Es gelangt schließlich zum Strahlungsempfänger zum Beispiel zu einer Photozelle und zur Intensitätsanzeige, die eine Elektronik, ein Computer, Schreiber oder Drucker sein kann. Bei Zweistrahlgeräten befindet sich in dem einen Strahlengang die Analysenprobe, im anderen die Vergleichs- oder Blindprobe. So durchstrahlt das Messlicht beide Proben nahezu gleichzeitig und man kann eine kontinuierliche Messung durchführen, wie sie für die Registrierung von Spektren erforderlich ist.

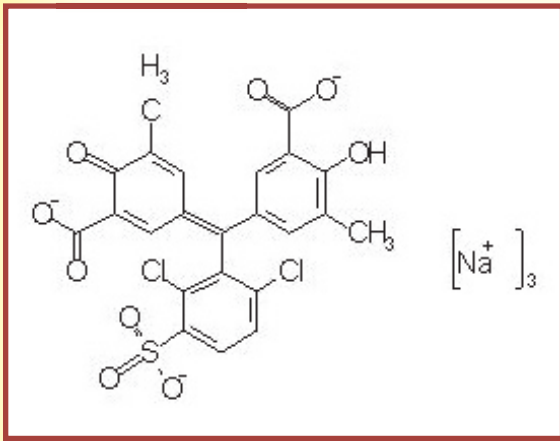
Die Absorption (Schwächung des Lichtes) A ist abhängig von:

- einem farbstoffspezifischen Faktor – dem Absorptionskoeffizienten – $k(l)$, der bei einer bestimmten Wellenlänge l bestimmt wird,
- der Dicke d der durchleuchteten Schicht der Küvette und
- der Konzentration c des Farbstoffes oder des zu untersuchenden Stoffes.

Ausgewertet wird nach dem Lambert-Beerschen Gesetz $A = k(l) \cdot d \cdot c$, das streng genommen nur für kleine Konzentrationen gilt, die unter ungefähr 0,1 Mol pro Liter liegen. In anderen Fällen muss man die Aktivitäten der zu messenden Stoffe statt ihrer Konzentrationen berücksichtigen.

Beryllium in der Zange

Als Metall oder in Legierungen verwendet man Beryllium (Be) beispielsweise für Röntgenstrahlfenster, Leichtbauteile hoher Festigkeit oder Präzisionsteile in der Optik. Be ist krebserzeugend und wird in Deutschland nicht hergestellt wohl aber verarbeitet. Die Analytik zu Arbeitsschutzzwecken erfolgt im Allgemeinen mittels Atomabsorptionsspektroskopie (AAS). In der Photometrie haben sich Triphenylmethanfarbstoffe bewährt: Drei Phenylringe (mit sauerstoffhaltigen Resten, siehe Beispiel auf der nächsten Seite) sind an ein C-Atom gebunden. Solche Verbindungen bilden mit Metallionen ein Chelat. Das sind metall-organische Komplexe, bei denen ein Metallkation von einem oder mehreren größeren organischen Molekülen an mindestens zwei Stellen scheren- oder klammerartig gebunden ist. Das Bindungsverhalten des betreffenden Metallkations an den Komplex-Bildner verbessert sich durch die Chelat-Bindung, da eine mehrfache Metall-Ligand-Bindung vorliegt. Dadurch verändern sich wiederum die Mesomerieverhält-



Chromazurol S (das Natriumsalz der 2",6"-Dichlor-4'-hydroxy-3,3'-dimethyl-3"-sulfofuchson-5,5-dicarbonensäure) ist ein Beispiel für einen Triphenylmethanindikator. Jeweils zwei Moleküle Chromazurol S bilden mit dem doppelt gebundenen Sauerstoff und einem Sauerstoff der anionischen CO_2^- -Gruppe eine scherenartige Verbindung zum Be^{2+} : Ein Chelat-Komplex entsteht; die Mesomerie verändert sich; ein Farbumschlag erfolgt, der photometrisch detekrierbar ist.

nisse am Farbstoffmolekül und es kommt zu einem Farbumschlag. Bekationen bilden einen wesentlich schwächeren Cyano- und EDTA-Komplex als andere Metallionen. So können diese störenden Ionen, die ebenfalls einen Chelat-Komplex mit Triphenylmethanfarbstoffen bilden würden, durch Komplexbildung beispielsweise mit EDTA-Lösung entfernt werden.

Blei im Abwasser

Diethyldithiocarbaminat (DDTC, $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NCS}_2^-$) bildet über die Schwefelatome mit dem Bleikation Pb^{2+} ein Chelat, das jedoch erst im UV-Gebiet zu absorbieren beginnt. Man bestimmte Blei daher früher häufig indirekt über das braune Kupfer-Chelat. Dazu wurde das $\text{Pb}(\text{DDTC})_2$ mit Tetrachlorkohlenstoff ausgeschüttelt, von überschüssigem Reagenz befreit und in eine Kupfersulfat-Lösung gegeben. Der Blei-Komplex wird zerlegt und es entsteht eine äquivalente Menge des braunen $\text{Cu}(\text{DDTC})_2$. Die meisten DDTC-Chelate sind sehr lichtempfindlich, sodass die photometrische Messung schnell erfolgen muss.

Heute verwendet man häufig fertige Testsätze zur photometrischen Bleibestimmung. Eine typische Anwendung ist die Bleibestimmung in Abwässern der Metallveredelungs-

industrie oder der Glasverarbeitung. Solche Abwässer werden zur Fällung der Metalle mit Kalkmilch behandelt. Die dann resultierenden hohen Gehalte an Ca^{2+} stören die photometrische Bestimmung von Blei. Um die Störung zu umgehen, versetzt man die Probelösung mit einer Natriumdiethyldithiocarbaminat-Lösung und schüttelt. Die Lösung wird anschließend durch ein Membranfilter gedrückt und das Calcium ausgewaschen. Im Filter bleibt der $\text{Pb}(\text{DDTC})_2$ -Komplex zurück. Durch das gleiche Membranfilter drückt man fünf Milliliter Ethanol; das ethanolische Filtrat wird in einer Rundkuvette gesammelt, mit fünf Tropfen Salpetersäure versetzt und die Lösung zur Trockne eingedampft. Zu dem Rückstand in der Rundkuvette gibt man fünf Milliliter Wasser und korrigiert den pH-Wert mit Natronlauge auf den Soll-pH-Wert zwischen drei und sechs. Die Lösung kann dann zur Bleibestimmung mit einem fertigen Testset eingesetzt werden.

Bor in Holzschutzmitteln

Es gibt verschiedene Bestimmungsmethoden für Bor. In vielen Fällen wendet man die Photometrie an. Bor gehört zu den wichtigen Nährstoffspuren für Pflanzen und wird deshalb aus Bodenproben nach Aufschluss photometrisch bestimmt. Es ist ein Grundstoff bei der Glasherstellung. Zur quantitativen Bestimmung einiger (weniger) Glaskomponenten ist nach wie vor die Nasschemie gefragt. Hierzu zählen unter anderem die Fluoridbestimmung mit ionensensitiven Elektroden und die photometrische Borbestimmung. Borverbindungen haben eine fungizide und insektizide Wirkung. Verbindungen wie Borsäure (Orthoborsäure; H_3BO_3), Borax (Dinatriumtetraborat, Natriumorthoborat; $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$) und Polybor (Gemisch aus Natriumpolyborat, Dinatriumoctaborat, Natriumoctaborat, Borsäure und Borax) finden in Holzschutzmitteln Verwendung.

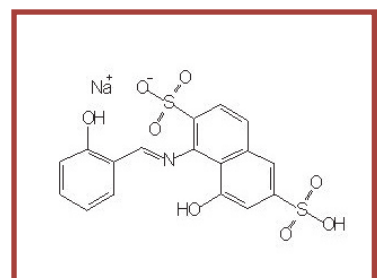
Die quantitative Bestimmung von Bor erfolgt mittels Photome-

trie mit Azomethin-H aus einem Extrakt. Es bildet sich ein farbiger Chelat-Komplex. Das Verfahren ist in einem Bereich von 0,1 bis 5 Milligramm pro Liter Bor im Extrakt anwendbar.

Zur Extraktion von Bor zerkleinert man die zu untersuchende Holzprobe auf etwa streichholzgroße Späne. Einige Späne versetzt man in einem Polyethylen(PE)-Fläschchen mit einer wässrigen Mannitollösung. Mannitol (Mannit, $\text{HOCH}_2\text{-HCOH-HCOH-HCOH-HCOH-H}_2\text{COH}$) ist der Zuckeralkohol des Monosaccharids Mannose. Er bildet mit Bor einen Komplex und löst es so aus dem Holz. Man darf bei Borbestimmungen nur sehr kurze Zeit in Glasgefäßen arbeiten, da aus der Glaswandung gelöste Borsilicate zu Kontaminationen führen können. Die Späne in den PE-Fläschchen werden für zwei Stunden im Ultraschallbad extrahiert. Der Extrakt kann anschließend direkt zur Analyse entnommen werden. Auch für die Borbestimmung gibt es vorbereitete Testsätze. Trübe Proben sind vor der Analyse mit einem Membranfilter zu filtrieren. Der Feuchtegehalt der Holzspäne beeinflusst die eigentliche Extraktion und Analyse nicht, ist jedoch vorab zu bestimmen, um das Messergebnis für die Trockenmasse berechnen zu können.

Die eigentliche photometrische Bestimmung erfolgt über einen farbigen Azomethin-Bor-Komplex. In der Regel muss der Extrakt vor der Analyse mindestens eins zu zehn verdünnt werden, da der gebildete Mannit-Bor-Komplex eine Konkurrenzreaktion zum farbigen Azomethin-Bor-Komplex darstellt. MB

Azomethin H ($\text{C}_{17}\text{H}_{12}\text{NNaO}_8\text{S}_2$) bildet mit Bor einen farbigen Chelat-Komplex.



Geschirr und Besteck aus nachwachsenden Rohstoffen

Biologisch abbaubar und lebensmitteltauglich

Die Besucher des Weltjugendtags in Köln sollten nicht Hunger leiden. Für das leibliche Wohl sorgten Catering-Unternehmen, die Geschirr und Besteck aus biologisch abbaubaren Kunststoffen einsetzen. Nach dem Mahl soll daraus umweltfreundlich Biogas entstehen.

Über sechs Millionen Mahlzeiten wurden zwischen dem 16. und 21. August samt der entsprechenden Mengen an Bestecksets, Tellern, Schalen, Bechern und Servietten ausgegeben. Nach Gebrauch wanderten Geschirr und Besteck samt Essensresten in eine Biogasanlage und werden dort vergoren. Diese umweltfreundliche Energie lässt sich zur Produktion neuer Catering-Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen einsetzen. Marktreif sind solche Geschirre und Bestecke schon seit einiger Zeit. Auch in ihren Gebrauchseigenschaften können sie den herkömmlichen, die meist aus Polystyrol bestehen, Paroli bieten.

Der Thermoplast Polystyrol (Kurzzeichen PS) wird durch Polymerisation des Monomers Styrol ($C_6H_5-CH=CH_2$) gewonnen und kann vollständig recycelt werden.

Doch sind sie immer noch etwa doppelt so teuer wie solche, die letztlich aus Erdöl bestehen. Daher wurde das Projekt finanziell gefördert – vom Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe.

Die Loick AG für nachwachsende Rohstoffe setzte bei der Produktion der Catering-Artikel für den Weltjugendtag auf den Biokunststoff Biograde 300A. Entwickelt wurde er von der FKUR Kunststoff GmbH und dem Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik „Umsicht“ in Oberhau-

sen. Unter den Kunststoffen, die auf Cellulose basieren und nach DIN EN 13432 biologisch abbaubar sind, ist er der einzige, der für den Kontakt mit Lebensmitteln zugelassen ist.

Celluloseacetat (Kurzzeichen CA) wird zwar häufig zu den thermoplastischen Kunststoffen gezählt, ist aber eher ein modifizierter Naturstoff. Das Acetat gewinnt man aus Cellulose und damit letztlich aus Holz.

Die Polymerkomponente ist Celluloseacetat. „Der Kunststoff selbst ist nicht neu – hier kam es vielmehr auf die Rezeptur an“, verrät Anneliese Kesselring von der Umsicht-Abteilung Nachwachsende Rohstoffe. „Die erforderliche hohe Temperaturbeständigkeit erreichen wir mit einer Mischung natürlicher mineralischer Füllstoffe.“ Sie wird wiederum mit dem Polymer gemischt und in einem Extruder compoundiert, wie Fachleute sagen. Neben den Materialeigenschaften ist die Verarbeitbarkeit ein sehr wichtiger Punkt. Artikel aus dem Kunststoff-Compound lassen sich problemlos auf jeder Standardspritzgießmaschine mit Universalschnecke produzieren.

Biologisch abbaubare Werkstoffe (BAW) sind wie konventionelle Kunststoffe (Thermoplaste) mit gängigen Verfahren der Kunststofftechnik zu verarbeiten, Produkte aus BAW können Kunststoffprodukte ersetzen. Im Unterschied zu Kunststoffen können alle organischen Bestandteile von BAW durch mikrobiellen Abbau vollständig in CO_2 und Wasser zersetzt werden. Dabei ist die biologische Abbaubarkeit eine Folge der chemischen Struktur und nicht der Rohstoffherkunft: Es gibt auch BAW auf Basis von Erdöl oder von Mischungen aus Erdöl- und Pflanzenprodukten, die biologisch abbaubar sind. Aus Gründen des Umweltschutzes und des Produkt-Image werden aber viele BAW auf Basis nachwachsender Rohstoffe, wie zum Beispiel Stärke, Zucker oder Cellulose, hergestellt.

Erfolgt die Zersetzung biologisch abbaubarer Werkstoffe in technischen Kompostieranlagen im Rahmen üblicher Rottezeiten (sechs bis zwölf Wochen) gelten BAW-Produkte als „kompostierbar“. Im Unterschied zu „biologisch abbaubar“ wird hier ein Zeitrahmen vorgegeben. Zum Nachweis der Kompostierbarkeit von BAW wurden eigens Normen (DIN V 54900, CEN 13432) geschaffen.

Die Tabelle zeigt eine mögliche Einteilung für biologisch abbaubare Werkstoffe (BAW).

Basis nachwachsende Rohstoffe		
pflanzlichen Ursprungs:	durch Mikroorganismen:	tierischen Ursprungs:
Stärke, Stärkederivate	Polymilchsäure (PLA)	Chitin, Chitosan
Cellulose, Cellulosederivate	Polyhydroxyfettsäuren (PHB, PHV)	Proteine z.B. Casein, Gelatine
Lignin		
Basis Erdöl		
bestimmte (Co-)Polyester	Polycaprolacton (PCL)	Polyvinylalkohol (PVAL)
bestimmte Polyesteramide	bestimmte Polyesterurethane	

Flammpunkt und Zündtemperatur sind wichtige Daten Zur Lagerung brennbarer Flüssigkeiten

In der chemischen Industrie und verwandten Branchen besteht ein großer Bedarf an preiswerten Behältern für brennbare Flüssigkeiten. Dafür hat man elektrostatisch geschützte Intermediate Bulk Container (IBC) von meist 1000 Liter Behältervolumen entwickelt. 2004 sind mehrere blechummantelte IBC explodiert. In nachgestellten Versuchen hat man jetzt die Ursachen geklärt und daraus Empfehlungen für den praktischen Einsatz abgeleitet.

IBC bestehen aus einer isolierenden Polyethylenblase, bei der durch eine äußere leitfähige Umhüllung elektrostatische Ladungen auf der Kunststoffblase gebunden werden. Hierdurch werden zündwirksame elektrostatische Entladungen auf der Außen- und Innenseite der Kunststoffblase verhindert. Weitere Maßnahmen wie ein nicht aufladbarer Deckel, Zwangserdung der Flüssigkeit im Inneren sowie Zwangserdung des Behälters über dessen Füße ergänzen den antistatischen Schutz.

2004 sind trotzdem mehrere solche IBC explodiert: Eine Explosion trat einige Zeit nach dem Einfüllen einer warmen Flüssigkeit, eine andere nach dem Entleeren des IBC mit einer Absaugpumpe auf. Bei den Vorfällen war keine Person in der Nähe.

Definition der Gefahrklassen

Die Verordnung über brennbare Flüssigkeiten (VbF, Verordnung über Anlagen zur Lagerung, Abfüllung und Beförderung brennbarer Flüssigkeiten zu Lande) teilt diese folgendermaßen ein:

Gefahrklasse A I: Flammpunkt unter 21 Grad Celsius.

Gefahrklasse A II: Flammpunkt zwischen 21 und 55 Grad Celsius.

Gefahrklasse A III: Flammpunkt zwischen 55 und 100 Grad Celsius.

Die Flüssigkeiten der Gefahrklasse A lassen sich nicht mit Wasser mischen. Die entsprechenden brennbaren Flüssigkeiten der Gefahrklasse B sind dagegen Wasser-mischbar.

Der **Flammpunkt** einer brennbaren Flüssigkeit ist die niedrigste Temperatur, bei der sich aus ihr unter festgelegten Bedingungen soviel Dämpfe entwickeln, dass sich ein durch Fremdzündung entflammbares Dampf-Luft-Gemisch bildet. Beim offenen Hantieren mit brennbaren Flüssigkeiten, deren Flammpunkt niedriger ist als die Raumtemperatur, herrscht entzündungs- oder Explosionsgefahr.

Die **Zündtemperatur** ist die niedrigste Temperatur, bei der sich unter bestimmten Bedingungen das Gemisch eines Stoffes mit Luft entzündet, und somit ein Maß für die Neigung der Stoffe, sich an heißen Körpern zu entzünden.

Auf der Suche nach der Explosionsursache stellte man die Bedingungen in Versuchen nach. Es zeigte sich, dass als Folge des auftretenden Unterdrucks im Behälter die Kunststoffblase sich von der Metallumhüllung nach innen ablöste. Der elektrostatische Schutz der Blase war damit aufgehoben. Elektrostatische Entladungen waren auf der Innenwand des IBC von hoch aufgeladenen zu weniger hoch aufgeladenen Stellen oder zur geerdeten Flüssigkeit nachzuweisen. Da

die Behälter zum Unfallzeitpunkt mit entzündlichen Flüssigkeitsdämpfen gefüllt waren, kam es zur Explosion der IBC.

Sind bestimmte Arbeiten, wie das Einfüllen warmer Flüssigkeiten oder die Erzeugung eines Unterdrucks durch eine Absaugpumpe sicher ausgeschlossen, können blechummantelte, elektrostatisch geschützte Behälter weiter verwendet werden. Sie bieten speziell einen hohen Schutz des Füllguts etwa vor Gabelstaplerzinken und Sonneneinstrahlung.

Sind solche Arbeiten nicht sicher auszuschließen, empfiehlt es sich, auf transparente antistatische oder andere außen leitfähig beschichtete IBC auszuweichen. Diese Ausführungsart bewirkt einen höheren Schutz vor zündwirksamen Entladungen im Inneren, da prinzipiell keine Aufhebung des elektrostatischen Schutzes bei Druckänderungen innerhalb der Blase möglich ist. Wie wirksam der elektrostatische Schutz des transparenten antistatischen IBC ist, kann man nicht erkennen.

Was bedeutet entzündlich?

Hochentzündlich im Sinne der Gefahrstoffverordnung sind Stoffe oder Zubereitungen, wenn sie in flüssigem Zustand einen Flammpunkt unter null und einen Siedepunkt von höchstens 35 Grad Celsius oder als Gase bei gewöhnlicher Temperatur und Normaldruck in Mischung mit Luft einen Zündbereich haben.

Leichtentzündlich sind Substanzen, wenn sie sich bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft ohne Energiezufuhr erhitzen und schließlich entzünden können oder in festem

Zustand durch kurzzeitige Einwirkung einer Zündquelle leicht entzündet werden können und dann weiterbrennen oder -glimmen oder in flüssigem Zustand einen Flammpunkt unter 21 Grad Celsius haben oder bei Berührung mit Wasser oder feuchter Luft leichtentzündliche Gase in gefährlicher Menge entwickeln.

Selbstentzündlich sind Stoffe und Zubereitungen, die sich bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft ohne Energiezufuhr erhitzen und schließlich entzünden können.

Man muss sich auf die Qualitätssicherung des Herstellers und dessen Garantie der antistatischen Wirkung verlassen.

Da transparente antistatische IBC und vergleichbare Bauarten außerdem bei einer Zündung im Inneren bereits bei einem geringen inneren Überdruck auf der Oberseite ohne großen Flüssigkeitsaustritt aufreißen, sind bei diesem Behältertyp auch die Folgen einer inneren Explosion deutlich geringer als bei blechummantelten oder metallenen IBC. Bei diesen Bauformen wird bei einer inneren Zündung ein höherer Innendruck aufgebaut, der schließlich zum Aufreißen einer Seitenfläche mit Auftreten eines gewaltigen Feuerballs führte. Transparente antistatische IBC sind deshalb auch für Anwendungen, bei denen eine Selbstzündung im Inneren des IBC nicht ausgeschlossen werden kann, gegenüber den anderen Bauformen zu bevorzugen.



Der Feuerball einer inneren Explosion eines blechummantelten IBC, gefüllt mit fünf Litern Heptan: C_7H_{16} ist in Wasser unlöslich. Der Flammpunkt liegt bei minus vier, der Siedepunkt bei etwa 98 und die Zündtemperatur bei 285 Grad Celsius. Das Lösungsmittel ist also leichtentzündlich und gehört in die Gefahrklasse A I (Fotos: BG Chemie).

Schärfere Maßnahmen bei Verstößen gegen Chemikalienverordnungen Persistente und Fluorchlor-Kohlenwasserstoffe

Die Änderung der Chemikalien-Straf- und Bußgeldverordnung ist beschlossen. Diese Verordnung dient dazu, Verstöße gegen die Chemikalienverordnungen der EU, die auch in Deutschland unmittelbar gelten, mit Strafen oder Bußgeldern ahnden zu können.

Bundesumweltminister Jürgen Trittin: „Die EU-Verordnungen zu den ozonschichtschädigenden Stoffen und den gefährlichen langlebigen organischen Schadstoffen schützen die Umwelt auf hohem Niveau. Umso wichtiger ist es, dass diese Regelungen auch in Deutschland konsequent eingehalten werden. Hierzu leistet die Chemikalien-Straf- und Bußgeldverordnung einen wichtigen Beitrag.“

Die Neuerungen beziehen sich auf folgende zwei Verordnungen:

- die zuletzt am 3. Dezember 2004 geänderte EU-Verordnung 2037/2000 über Stoffe, die zum Abbau der Ozonschicht führen – also das Verbot von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) und
- die neue EU-Verordnung 850/2004 über persistente organische Schadstoffe und zur Änderung der Richtlinie 79/117/EWG.

Zu persistenten organischen Schadstoffen gehören beispielsweise Polychlorierte Dibenz-p-dioxine und Dibenzofurane (PCDD/PCDF), Hexachlorbenzol (HCB), Polychlorierte Biphenyle (PCB) und Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH). In den Verordnungen sind auch Ausnahmen beschrieben. So dürfen beispielsweise PCB-haltige Artikel, die zum Zeitpunkt des

Inkrafttretens der Verordnung bereits verwendet wurden, weiter verwendet werden. Außerdem sind Stoffe, die für die Forschung im Labormaßstab oder als Referenzstandard verwendet werden und Stoffe, die als unbeabsichtigte Spurenverunreinigungen in Stoffen, Zubereitungen und Artikeln auftreten, von den Kontrollmaßnahmen befreit.

Die Zweite Verordnung zur Änderung der Chemikalien-Straf- und Bußgeldverordnung ist im Internet unter www.bmu.de abrufbar.

Lösungen zu Seite M56 (CLB 07/2005):

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

(Alle Lösungen zu Seite M64 finden Sie in CLB 09/2005 sowie auf www.clb.de)

Nützliche Ratgeber 42 – 44

Von Netzen und Netzwerken

Kompetenznetze

Die Internetplattform www.kompetenznetze.de begrüßt fünf neue Mitglieder aus Bio- und Energietechnik, Logistik und Materialforschung. Damit sind derzeit 127 ausgewählte Netze aus 18 Innovationsfeldern und 33 Regionen Partner der Initiative.

Nach einem Wettbewerb wurden folgende Kompetenznetze auf Vorschlag der Jury aufgenommen: Werkstoff-Innovationsnetz Nordbayern (Materialforschung, Nordbayern), ECPE – European Center for Power Electronics (Energietechnik, Nürnberg), RiNA – Netzwerk RNA Technologien (Biotechnologie, Berlin), KompetenzZentrum Bau Neumarkt (Logistik, Nürnberg / Nordostbayern), BioRiver (Biotechnologie, Rheinland)

kompetenznetze.de bietet als Instrument der Bundesregierung zum internationalen Standortmarketing den Rahmen für einen Marktauftritt der besten Kompetenznetze und gehört zu den meistbesuchten Portalen zum Technologietransfer in Deutschland. In- und ausländische Kooperationssuchende aus Wirtschaft, Wissenschaft und Bildung haben so die Möglichkeit, sich über Ansprechpartner, Kompetenzprofile, Innovationserfolge und Projekte zu informieren.

In einigen Themenfeldern, zum Beispiel der Agrar- und Ernährungswirtschaft, der Umwelttechnik, der Luft- und Raumfahrt und der Energietechnik sind weitere Bewerbungen leistungsstarker Netze zum nächsten Stichtag am 15. November 2005 sehr willkommen.

Weiterbildungsnetz

Seit Juni 2005 präsentieren zehn hessische Universitäten und Fachhochschulen ihr gesamtes Weiterbildungsangebot in einer eigenen Datenbank (www.wissweit.de).

Das breite Spektrum umfasst sowohl geistes-, sozial-, kultur- als auch ingenieur- und naturwissenschaftliche Themen und reicht von zweistündigen Seminarreihen über Blockveranstaltungen bis hin zu mehrjährigen Weiterbildungsstudiengängen, die als Präsenzveranstaltungen oder e-learning-Module Vollzeit oder berufsbegleitend wahrgenommen werden können. Die Mitglieder des Kooperationsverbundes haben Mindestqualitätsstandards für die wissenschaftlichen Weiterbildungsangebote definiert.

„Wissen ins Netz“

Im Internet bietet www.maxwissen.de Informationen, Bilder und Videoclips zu Themen wie Stammzellen, Grüne Gentechnik, Klimawandel, Brennstoffzellen oder Marsmission. Das Portal – finanziert mit Mitteln des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft – wendet sich besonders an Lehrer und Schüler, die auf dem Laufenden bleiben oder aber tiefer einsteigen wollen als es herkömmliche Schulbücher erlauben.

Darüber hinaus ergänzen die Internet-Materialien vor allem eine Reihe von Heften: Biomax, Geomax und Techmax decken das Spektrum der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer ab – von Biologie über Erdkunde bis hin zu Chemie und Physik. „Naturwissenschaftlicher Unterricht muss auf der Höhe der Zeit sein und auch aktuelle Forschungsergebnisse

vermitteln – das ist unser Beitrag dazu“, so der Präsident der Max-Planck-Gesellschaft Peter Gruss. Denn oft dauert es lange, bis neue Erkenntnisse aus der Forschung Eingang in Schulbücher finden. Und noch seltener wird der eigentliche Forschungsalltag transparent: Wie gelangen Forscher überhaupt zu ihren Ergebnissen? Welche Methoden setzen sie dabei ein?

Zu jedem Max-Heft gibt es jetzt auch einen Didaktik-Teil. Neben einem didaktisch-methodischen Kommentar sowie Vorschlägen für einen fächerübergreifenden Unterricht finden Lehrkräfte in dieser Rubrik auch Arbeits- und Informationsblätter. In einer Kooperation mit dem Hessischen Kultusministerium stehen diese Materialien bereits seit Februar 2005 auf dem Bildungsserver Hessen online zur Verfügung. Klassensätze sind kostenlos erhältlich.

Nun baute die Max-Planck-Gesellschaft, die Max-Reihe über das Gedruckte hinaus aus – und stellte der Initiative „Schulen ans Netz“ eine Initiative „Wissen ins Netz“ an die Seite. Ein Jahr lang wurde am Konzept gearbeitet, sammelte die Redaktion Inhalte und bereitete diese für das Web auf. Bewegte Bilder und Animationen sollen gerade die jüngeren Nutzer ansprechen: Ein Flash-Animation zeigt beispielsweise, wie ein DNA-Chip funktioniert. Und wer dem Klimawandel nachspürt, der wird erfahren, warum Forscher auf der Suche nach Kohlenstoff Messtürme in Sibirien errichten. Wer dabei sein will, wie zwei Neutronensterne miteinander verschmelzen, sich Aschewolken nach einem Vulkanausbruch verteilen oder DNA in ein Nanoröhrchen schlüpft, kann sich die Simulationen unter Max-Multimedia anschauen.

Berufsstart für Hochschulabsolventen schwierig „Generation Praktikum“

Thomas Lübcke,
Baltic College Güstrow

Die Umstellung des deutschen Hochschulsystems auf das angelsächsische Bachelor-Master-Studium fordert gerade unter den Absolventen der klassischen Diplomstudiengänge Opfer hinsichtlich eines erschwerten Einstiegs in das Arbeitsleben. Hier gilt es bereits bei der Wahl des Studiengangs weise Entscheidungen zu treffen und zu wissen, wo und wie man seine eigene berufliche Zukunft plant.

Fakt ist: Der Berufsstart ist für frische Hochschulabsolventen heute schwieriger denn je. Bedingt ist dies durch die nicht vorhandene Praxisorientierung der staatlichen Universitäten und die fehlenden Kooperationen mit der lokalen Wirtschaft. So hangeln sich hoch qualifizierte Absolventen von einem Praktikumsplatz zum nächsten, in der Hoffnung die fehlende Praxishöhe des Studiums im Anschluss nachholen zu können, um die Einstiegschancen in ein festes Angestelltenverhältnis zu erhöhen. Die halbjährliche Rotation dieser preisgünstigen Innovationskräfte erspart vielen Unternehmen die Ausschreibung von Nachwuchsstellen und die Installation von Traineeprogrammen.

Doch besonders die Transformationsphase der Studiengänge eröffnet auch neue Möglichkeiten für die gezielte Karriereplanung. So verbinden duale Studiengänge die von der Wirtschaft geforderte Praxisnähe – wie beispielsweise bei der klassischen Berufsausbildung – mit dem innovativen Potenzial des Hochschulstudiums. Neben einem Bachelor-Abschluss nach nur drei Jahren Studium haben die Absolventen auch einen (z.B.) kaufmännischen IHK-Abschluss mit in ihrem Kompetenzbündel. Neben den theoretischen Studieninhalten

sammeln die Studierenden durch regelmäßige Aufenthalte in einem Unternehmen die notwendige Praxiserfahrung. Diese Konstellation ermöglicht der Hochschule als Rückkopplungseffekt die Einbettung von Problemstellungen aus der Praxis und die Erzeugung von Lösungsströmen in die beteiligten Unternehmen. Die künftigen Absolventen können auf diesem Wege die Arbeitsweisen der Unternehmen in der Tiefe durchdringen und sichern sich bei guten Leistungen eine anschließende Übernahme in das Angestelltenverhältnis.

Duales Studium für die Zukunft

Das duale Studium ist auf dem zertifikatsorientierten deutschen Bildungsmarkt die zur Zeit leistungsfähigste Ausbildungsform. Sie führt die Interessen von Studierenden, Wirtschaft und Wissenschaft zu einem Bildungskonzept zusammen. Derzeit werden an privaten Fachhochschulen u.a. innovative Studiengänge wie „Bachelor of Arts (BA) – Gesundheitsmanagement im Tourismus“ angeboten, die in Abstimmung mit den Bedürfnissen der lokalen Wirtschaft entworfen wurden.

Ein duales Studium bietet sich vorrangig als Erststudium an, wobei auch ausgebildete Fachkräfte der Branche durch dieses Studienangebot der eigenen Karriere neue Perspektiven erschließen können. Dabei sollte man bei der Auswahl der Hochschule darauf achten, dass es sich um eine staatlich anerkannte Fachhochschule (University of Applied Sciences) mit akkreditierten Studiengängen handelt – so sind hohe Qualitätsmaßstäbe gewährleistet.

Abiturienten, die bereit sind über den Tellerrand zu schauen und sich mehr als andere zu engagieren, bietet das duale Studium als tragfähiges Karrieresprungbrett die besten Zukunftsperspektiven.

Aus der Bildungslandschaft

- Die Justus-Liebig-Universität Gießen hat einen Master-Studiengang in der Studienrichtung **Agrobiotechnology** in englischer Sprache eingerichtet. Studierende aus aller Welt sollen das technologische und wirtschaftliche Potenzial von Biochemie, Molekularbiologie, Genomik und Zellbiologie erkennen lernen und biotechnologisch nutzen.
- Kostenlose Vorkurse für Studienanfänger bietet die Ruhr-Uni in Bochum von Ende August bis Mitte Oktober an: zum Beispiel **„Mathematik für Natur- und Ingenieurwissenschaftler“**, Vorkurse in Chemie und Medizin sowie Sprachkurse. Die Teilnehmer/innen müssen nicht in Bochum eingeschrieben sein (www.ruhr-uni-bochum.de/studienbuero/vorkurse).
- Unter dem Motto **„Es gibt immer etwas zu entdecken!“** startet Jugend forscht in eine neue Runde. Ab sofort können sich wieder alle Jugendlichen mit Interesse für Naturwissenschaften, Mathematik und Technik anmelden (www.jugend-forscht.de).
- Im Wintersemester finden wieder die **Dechema-Kolloquien** in Frankfurt/M. statt. Die Themenpalette reicht von der Katalyseforschung über Anlagensicherheit und Systemverfahrenstechnik bis hin zu Bioprocessen, Ernährung und Krebs sowie der Feinstaubproblematik. Drei der Kolloquien finden traditionell in Rostock, Magdeburg und Luckenwalde statt. Die Teilnahme ist kostenfrei. Mehr Information erhalten Sie unter www.dechema.de/kolloquien.
- Der neue **Studienführer Biologie** bildet die fortschreitenden Reformen hin zu den international anerkannten Bachelor/Master-Studiengängen ab. Alle Änderungen bis zum Wintersemester 2005/2006 sind in der aktuellen 4. Auflage zusammengefasst, der mit Hilfe aller Biologischer Fachbereiche und Fachschaften an Unis und Fachhochschulen vom Verband Deutscher Biologen (vdbiol) zusammengestellt wurde. Dieser Studienführer präsentiert die biowissenschaftlichen Studiengänge (vor allem Biologie – Biochemie – Biotechnologie – Biomedizin) an allen deutschen Universitäten, Fachhochschulen und Pädagogischen Hochschulen und beschreibt detailliert die Studienbedingungen am jeweiligen Hochschulort. Kostenfrei kann die laufend aktualisierte online-Studienführer-Bio-Datenbank von über 950 biowissenschaftlichen Studiengängen an allen deutschsprachigen Universitäten, Fachhochschulen und Pädagogischen Hochschulen unter www.studienfuehrer-bio.de eingesehen werden.
- Mit Beginn der Vorlesungen im WS 2005 am startet am RheinAhrCampus Remagen (Fachhochschule Koblenz) der neue **Studiengang Mess- und Sensortechnik**. Ziel des Studiengangs ist eine Ausbildung mit dem international anerkannten Abschluss Bachelor of Science (B.Sc.), die eine breite Grundlagenausbildung in der physikalischen Technik und vielseitige Spezialkenntnisse der Mess- und Sensortechnik in den wichtigsten Anwendungsgebieten beinhaltet.

Grundverständnis von Säuren und Basen

Es kann mehr als eine Antwort richtig sein

1 Welchen pH-Wert etwa zeigt ein bläulich-grün gefärbter Rotkohl-Extrakt an?

- A 1 B 3 C 5
D 7 E 9

2 Welche Flüssigkeit hat einen pH-Wert von etwa drei?

- A Magensaft
B Zitronensaft
C Haushaltessig
D saure Milch
E Schweiß

3 Welchen pH-Wert erhält man, wenn man einen Liter 3,65 prozentige Salzsäure mit Wasser auf 100 Liter verdünnt?

- A 1 B 2 C 3 D 4 E 5

4 Welche Aussage ist richtig?

- A Säuren und Basen sind immer Flüssigkeiten.
B Säuren und Basen reagieren nach Arrhenius zu Wasser und Salzen.
C Säuren und Basen sind ätzend.
D Basen färben blaues Lackmuspapier rot.
E Säuren nehmen nach Brönsted Protonen auf.

5 Die Aussage „Eine Säure ist ein Elektronenpaarakzeptor“ entspricht der Definition nach

- A Arrhenius
B Pearson
C Usanovich
D Lux und Flood
E Lewis

6 Nach Brönsted und Lowry ist eine Säure

- A ein Protonendonator.
B Oxidionen-Akzeptor.
C eine Verbindung die mit Basen reagiert.
D ein Ampholyt.
E ein Elektronenakzeptor

7 Welche der folgenden Verbindungen ist ein Lewis-Säure?

- A BF_3 B CO_2
C SiCl_4 D PF_5
E NH_3

8 Welche ist die stärkste Säure von den hier angegeben?

- A HCl B HClO_4
C H_2SO_4 D H_3PO_4
E HF

9 Welche dieser Lösungen hat einen pH-Wert von etwa 7?

- A Kochsalzlösung
B Entkalkerlösung
C Zuckerlösung
D Sodalösung
E Neutralseifenlösung

10 Welche Aussage zu Säure-Base-Eigenschaften von Oxiden stimmt in etwa?

- A Innerhalb der Gruppen nimmt der Säurecharakter von oben nach unten zu.
B Innerhalb der Perioden nimmt der basische Charakter von links nach rechts ab.
C Innerhalb der Perioden nimmt der Säurecharakter von links nach rechts zu.
D Innerhalb der Gruppen nimmt der basische Charakter von oben nach unten ab.
E Je höher die Ordnungszahl eines Elementes ist, desto eher bilden seine Oxide Säuren.

11 Manche Elemente bilden amphotere Hydroxide, die je nach Reaktionspartner sowohl als Säure als auch als Base reagieren können. Welche Aussage zu diesem Phänomen ist richtig?

- A Elemente, die Amphotere bilden können, stehen ganz links im Periodensystem.
B Elemente mit Hydroxiden mit amphoterem Charakter findet man vor allem in der unteren Hälfte des Periodensystems.
C Alle Schwermetalle bilden amphotere Hydroxide.
D Amphotere-bildende Elemente findet man in etwa auf einer gedachten Linie zwischen Beryllium und Polonium, wenn man ein nur aus Hauptgruppenelemen-

ten bestehendes Periodensystem vor sich hat.

E Alle Leichtmetalle bilden amphotere Hydroxide.

12 Was ist ein Ampholyt?

- A NH_4^+ B CO_3^{2-}
C HS^- D HCO_3^-
E Na^+

13 Welche der unten aufgeführten Basen ist eine stärkere Base als Ammoniak NH_3 ?

- A CO_3^{2-} B H_2O
C SO_4^{2-} D HCO_3^-
E PO_4^{3-}

14 Die Dissoziationskonstante einer Säure sei 10^{-4} ; sie liegt in einer Konzentration von 1 mol/l vor. Welche Aussage trifft nicht zu?

- A Es handelt sich um eine schwache Säure.
B Die Wasserstoff-Ionen-Konzentration ist etwa 10^{-2} mol/l.
C Die Säure ist nur zu etwa einem Prozent dissoziiert.
D Der pH-Wert der wässrigen Lösung ist etwa 2.
E Die wässrige Lösung des Natriumsalzes der Säure hat einen pH-Wert von 7.

15 Für die Neutralisation von 30 ml Magensaft benötigt man 90 ml einer 0,1 M NaOH-Lösung. Wie gross ist die Molarität (mol/l) der im Magensaft enthaltenen Salzsäure?

- A 0,1 B 0,2
C 0,3 D 0,6
E 0,9

16 Zu einer gepufferten Lösung werden 10 mmol/l H^+ -Ionen gegeben, wodurch der pH-Wert von 7,0 auf 6,0 fällt. Ungefähr welcher Anteil der zugegebenen H^+ -Ionen wird an die Puffer in der Lösung gebunden?

- A < 90 % B 90 %
C 99 % D 99,9 %
E > 99,9 %

Harnsäure – in uns innigste Chemie

Wolfgang Hasenpusch, Hanau

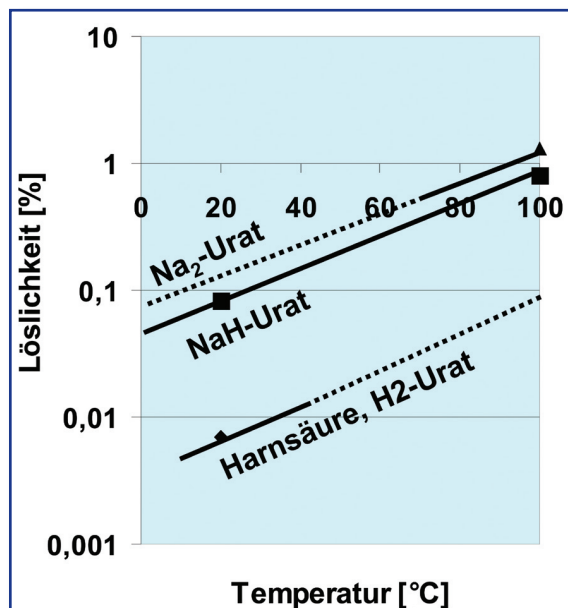
Ein Teil unserer Nahrung endet in Niere und Harn als Harnsäure, ein interessanter Stoff mit einer Anzahl analoger Verbindungen, in die sich auch das Coffein reiht, das wir als Wirkstoff in Kaffee und Tee schätzen. Weniger gefällt uns die geringe Löslichkeit der Harnsäure und ihrer Natrium-Salze, da sie unter Umständen als kristalline Ansammlungen von Steinen in Gelenken und im Harnsystem ausfallen. In der Purin-Chemie, zu der die Harnsäure zählt, ist auch interessant, dass hier in den Körpern der verschiedenen Lebewesen klassische Chemie und enzymatische Prozesse Hand in Hand gehen und zu unterschiedlichen Produkten führen.

Harnsäure: Entdeckung und Eigenschaften

Im Jahre 1776 entdeckte der schwedische Apotheker Carl Wilhelm Scheele (1742-1786) die Harnsäure in den Blasensteinen als einheitliche Substanz der Formel $C_5H_4O_3N_4$ mit einem Sechsring und einem konjugierten Fünfring, getrennt durch eine Doppelbindung, vom Molekulargewicht 168,11. Die Dichte liegt mit 1,893 bei 20°C so hoch, dass sich die kristallinen Tafeln aus wässrigen Lösungen gut absetzen. Sie können durch Auflösen in verdünnter Natronlauge und Ansäuern umkristallisiert und gereinigt werden. Das stabile Molekül zersetzt sich thermisch erst über 400°C; wobei auch Cyanwasserstoff, HCN, entweicht.

Die Löslichkeit der Harnsäure in Wasser ist mit 70 mg/ Liter Wasser bei 20°C relativ gering. So gering,

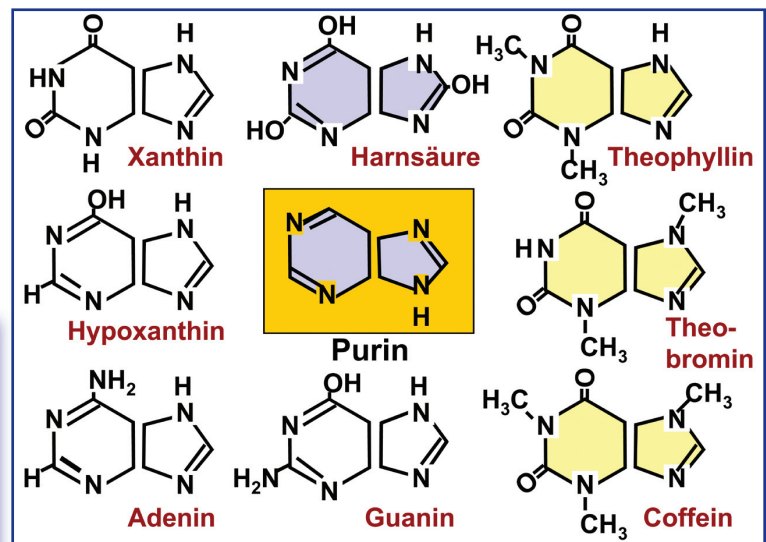
Abbildung 1: Löslichkeit von Harnsäure und der Natriumsalze.



dass sie dem Menschen erhebliche Probleme bereiten kann, wenn sie mit dem Blut im Körper verteilt, in den Gelenken auskristallisiert und dort große Schmerzen verursacht. Bei 0°C lösen sich sogar nur 20 mg/ Liter, bei 30°C schon 88 mg und bei 100°C gar 625 mg/ Liter (Abbildung 1). Die Mono- und Dinatriumsalze, die Urate, sind etwas besser löslich, finden sich aber auch häufig in Gelenk-, Nieren- und Blasenablagerungen wieder. Völlig unlöslich zeigt sich die Harnsäure in den gängigen organischen Lösungsmitteln, wie Alkohol, Ether und Aceton. Etwas löst sie sich dagegen in Glycerin und Ethylenglykol.

Harnsäure, rational auch 2,6,8-Purintrion oder 2,6,8-trihydroxypurin genannt, zählt zu den Purin-Derivaten. Sie hat die gleiche Grundstruktur mit über Doppelbindung konjugiertem Sechs- und Fünfring mit jeweils vier Stickstoff-Hetero-Atomen, die den Ringkohlenstoff ersetzt haben, wie das Purin. Der unsubstituierte Hetero-Doppelring des Purins selbst kommt in der Natur nicht vor. Jedoch in einer Vielzahl von substituierten Derivaten, von denen Abbildung 2 einige zeigt, darunter auch das Coffein.

Abbildung 2: Purinbasen und Purin-Alkaloide (gelb).



Der Autor

Prof. Dr. Wolfgang Hasenpusch, beschäftigt in der Chemischen Industrie als Referent für Sicherheit und Umwelt, hält darüber hinaus eine Honorar-Proffessur 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.



Zusammensetzung des 24-Stunden-Urins; 1,5 Liter; pH-Wert = 5,0 bis 6,4; Dichte = 1,001 bis 1,035		
Organische Inhaltsstoffe	Menge in mg	Bemerkungen
Harnstoff	20.000	
Aminosäuren	2.000	
Kreatinin	1.200	
Harnsäure	500	Löslichkeit: 100 mg/1,5 Liter
Ammoniak	500	
Citronensäure	500	
D-Glukose (Harnzucker)	70	
Proteine	60	
Anorganische Inhaltsstoffe	Löslichkeiten bestimmter Salze (20° C):	
Natrium Na ⁺	5.900	
Kalium K ⁺	2.700	
Ammonium NH ₄ ⁺	800	NH ₄ MgPO ₄ x 6 H ₂ O: 330 mg/1,5 Liter
Kalzium Ca ⁺⁺	500	Ca ₃ (PO ₄) ₂ : 30 mg/1,5 Liter
Magnesium Mg ⁺⁺	400	
Chlorid Cl ⁻	8.900	
Phosphat PO ₄	4.100	
Sulfat SO ₄	2.400	CaSO ₄ x 2 H ₂ O, Gips: 3.600 mg/1,5 Liter

Tabelle 1: Zusammensetzung des menschlichen Urins und Löslichkeit einiger Bestandteile.

Purin, C₅H₄N₄, Molekulargewicht = 120,11, weist gute Wasserlöslichkeit auf. Als Pikrat kann es mit einem Schmelzpunkt von 208°C identifiziert werden. 1898 konnte Emil Fischer (1852-1919; Nobelpreis 1902) das Purin aus der Harnsäure synthetisieren. Der Name des Purins leitet sich aus „Das **P**ure (Reine) aus dem **U**rin, purum urinae“ ab.

Die Struktur der Harnsäure wurde durch oxidative Zersetzung belegt. Da kommen dem organischen Chemiker die definiert unterschiedlichen Reaktions-Wege mit konzentrierter Salpetersäure und

Abbildung 4: Schwache (A) und starke Oxidation (B) der Harnsäure mit Sauerstoff.

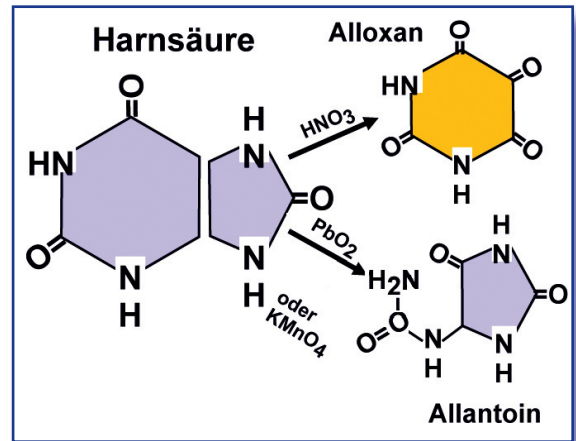
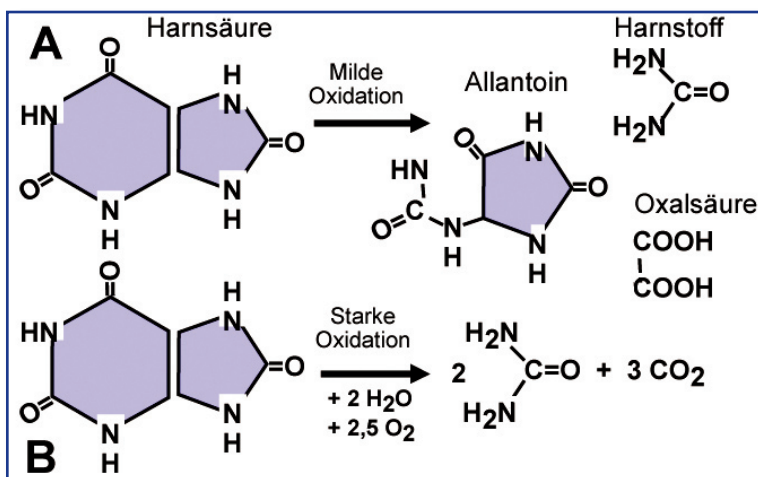


Abbildung 3: Strukturerkennung der Harnsäure durch oxidativen Abbau.

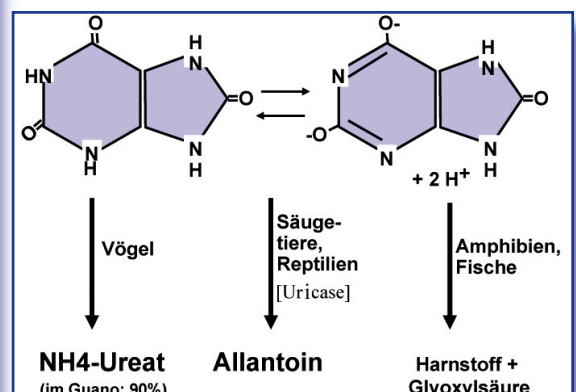
kalischem Bleidioxid zu Hilfe: die saure Oxidation spaltet den Fünfring (HNO₃: 0,7 V Oxidations-Potential) und mildere Oxidation im alkalischen Milieu bricht den Sechsring (PbO₂: 0,3 V; KMnO₄/alkalisch: 0,58 V) (Abbildung 3).

Bereits der Gießener Chemie-Professor Justus von Liebig (1803-1873) beschreibt in seinem 25. Brief die Oxidationsprodukte der Harnsäure mit Sauerstoff: „Durch Hinzufügen von Sauerstoff zu Harnsäure spaltet sie sich in drei Produkte, in Allantoin, Harnstoff und Oxalsäure.“ (Abbildung 4). Die Geschichte der Harnsäure ist unter anderem in „Pharmazie in unserer Zeit“, 6 (1977)-S: 67-82 näher nachzulesen.

Verhalten im Körper

Harnsäure findet sich als Endprodukt des Purin-Stoffwechsels von Menschen und Menschenaffen im Harn wieder. Tabelle 1 zeigt die durchschnittliche Zusammensetzung des menschlichen 24-Stunden-Urins, wie sie im Römpps Chemielexikon zitiert wird. Er enthält etwa 500 mg Harnsäure. Bei ande-

Abbildung 5: Harnsäure-Gleichgewicht und ihr unterschiedlicher Abbau.



ren Säugetieren und bei einigen Reptilien baut sich die Harnsäure mit Hilfe des Enzyms Uricase weiter zu Allantoin ab, bei Amphibien und Fischen gar zu Harnstoff, $\text{H}_2\text{N-CO-NH}_2$, und Glyoxylsäure, O=CH-COOH .

Bei Vögeln und Reptilien entsteht Harnsäure auch aus der Entgiftung des Ammoniaks, der bei dem Aminosäure-Abbau freigesetzt wird. Daher besteht ihr Kot bis zu etwa 90% aus den Ammoniumsalzen der Harnsäure (Abbildung 5). Aus dem chilenischen Guano kann daher die Harnsäure durch Umkristallisation relativ leicht gewonnen werden.

Da dem Menschen und anderen Primaten das Enzym Uricase, eine Kupfer-haltige Oxoreduktase vom Molekulargewicht um 125 000 fehlt, über das selbst Mikroorganismen verfügen, endet ihr Purin-Stoffwechsel bei der Harnsäure.

Der Mensch scheidet am Tag etwa 700 mg aus, davon rund 20 % über den Stuhl und 80 % über Niere, Harnleiter und Urin. Säuert man den menschlichen Urin an, so separieren sich nach einigen Tagen dunkelbraune, verschachtelte Kristall-Agglomerate der Harnsäure. Sie kristallisieren mit diesem spitzkantigen Habitus auch bei der Gicht in Gelenken oder als Gries und Steine in den Harnwegen aus.

Diese Harnsäure-Anreicherungen und Auskristallisationen werden durch Harnsäure-reiche Nahrungsmittel sowie hohe Wasserverluste begünstigt. Tabelle 2 listet einige Nahrungsmittel auf, die besonders viel und besonders wenig Harnsäure enthalten. Der Matjeshering beispielsweise enthält etwa 1,5 % Harnsäure, Innereien und Fleischwaren weisen mit 0,1 bis 1,1% ebenfalls besonders hohe Gehalte auf. Bei Eiern und Milch-Produkten ist Harnsäure nur in Spuren oder überhaupt nicht feststellbar.

Im Falle der Gicht oder von Harnsäuresteinen in den Harnwegen, die neben Oxalat- und Phosphat-Steinen etwa 15% der Steinbildungen ausmachen, ist auch auf ausreichende Flüssigkeitszufuhr zu achten.

Tabelle 2: Purine in Lebensmitteln.

Purin-reiche und Purin-arme Lebensmittel			
sehr reich	reich	arm	sehr arm
Leber	Fleisch	Karotten	Milch
Niere	Fische	Zwiebeln	Jogurt
Herz	Erbsen	Spargel	Käse
Hirn	Bohnen	Weißbrot	Reis
Anchovis	Linsen		Nudeln
Hering	Spinat		Eier
Sardinen	Vollkornbrot		Butter
Makrelen	Bier		Öl
Muscheln			Wein
			Kaffee
			Tee

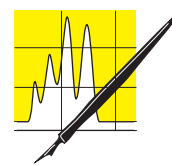
Dies gilt besonders in heißen Sommern sowie bei intensiven sportlichen Aktivitäten.

Medizinische Bücher raten bei hohen Harnsäure-Gehalten über 70 mg/l im Blut und über 700 mg/l im Urin, den pH-Wert der Körperflüssigkeiten zu erhöhen. Der pH-Wert des Urins sollte nicht unter 5,8 sinken. Dies geschieht durch vorwiegend vegetarische Kost. Auch eignen sich verdünnte Natriumhydrogencarbonat-Lösungen (=Bicarbonat) oder eine Zitronensaft-Kur. Durch Anhebung des pH-Wertes über 6,5 lösen sich selbst größere Urat-Steine innerhalb weniger Wochen auf.

Als Normal- oder Referenzwerte für den Harnsäurespiegel im Blut geben medizinische Tabellenwerke, wie zum Beispiel „www.netdoktor.de/laborwerte“ oder „www.medizin.de/rheuma/gicht.htm“, für Männer 35 bis 70 mg/ Liter und für Frauen 25 bis 57 mg/ Liter an. Die Gicht-Häufigkeit von Patienten steigt mit dem Harnsäure-Spiegel im Blut logarithmisch an (Abbildung 6): Während bei Konzentrationen von 70 mg/l die Gicht-Häufigkeit der Bevölkerung noch bei etwa 1% liegt, steigt sie bei doppelter Harnsäure-Konzentration auf ungefähr 50% an. Bei Harnsäure-Konzentrationen um 150mg/l Blut liegen mit nahezu 100%iger Sicherheit schmerzhaften Harnsäure-Ausscheidungen vor.

Synthesen der Harnsäure

Aus Naturprodukten, die in Ablagerungen von Schlangen- und Vogel-Exkrementen bis zu 90% an



AUFSÄTZE

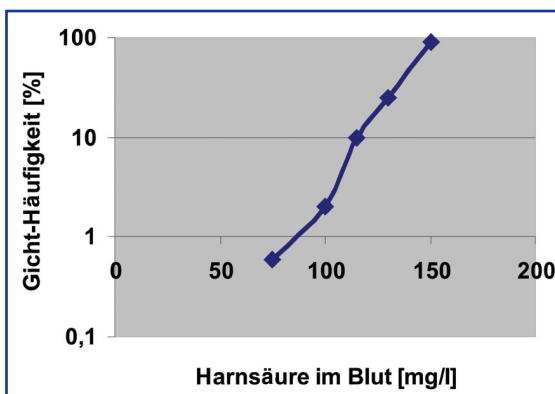
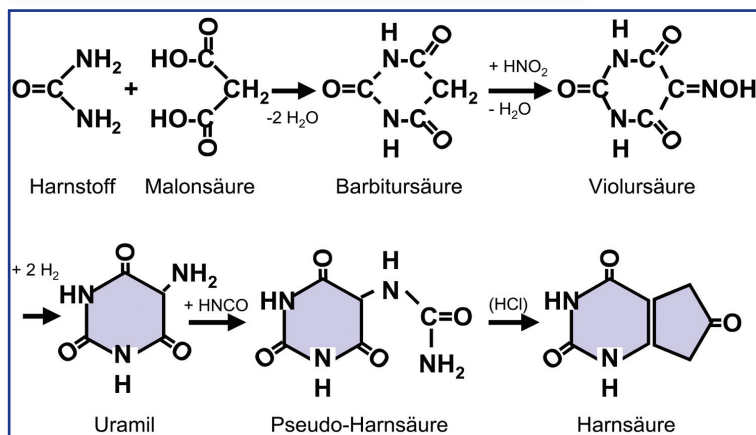


Abbildung 6 (links): Gicht-Häufigkeit in Abhängigkeit von der Harnsäure-Konzentration im Blut.

Abbildung 7: Harnsäure-Synthese nach Fischer und Ach.



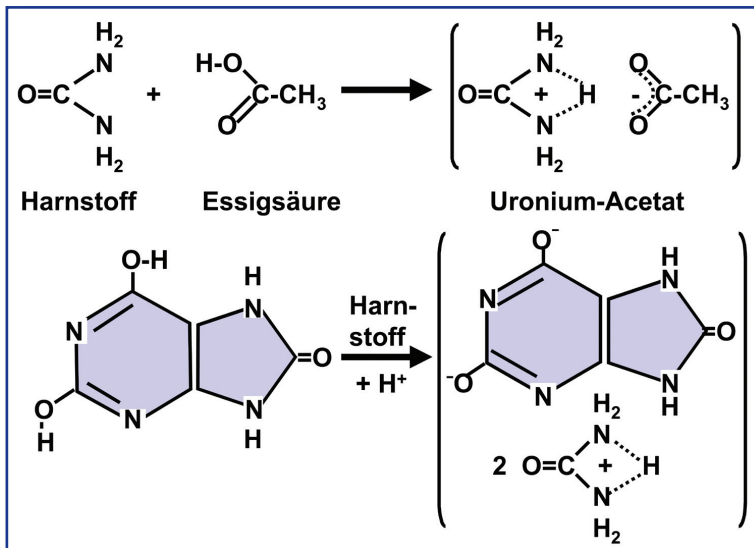
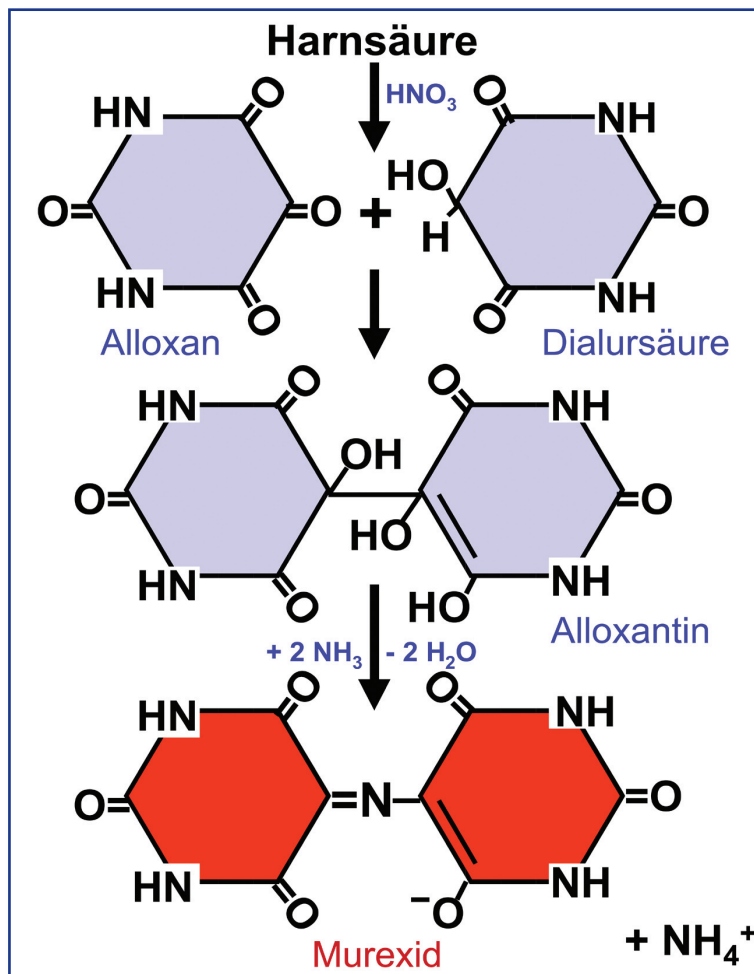


Abbildung 8: Protonenanlagerung an Harnstoff und entsprechende Niederschläge.

Harnsäure ausmachen können, ist die Gewinnung durch Auslaugen, Filtrieren und anschließendem Ansäuern möglich. An chemischen Synthesen sind die Fischer-Ach- und die Traube-Synthese näher beschrieben (zum Beispiel in Beyer, Organische Chemie). Abbildung 7 beinhaltet die Synthese nach Fischer und Ach: ausgehend von der Barbitursäure

Abbildung 9: Harnsäure-Nachweis.



führt der Versatz von Salpetriger Säure zum Oxim, der Violursäure, die mit Wasserstoff zum Amin, dem Uramil, reduziert wird. Mit Kaliumcyanat entsteht aus dem Uramil die Pseudo-harnsäure, die beim Erwärmen mit konzentrierter Salzsäure in die Harnsäure übergeht.

Die Traube-Synthese beginnt mit der Kondensation von Harnstoff und Cyanessigsäure-ethylester unter Ethanol-Abspaltung zum Cyan-acetyl-harnstoff. Im alkalischen Milieu folgt der Ringschluss zum 4-Amino-uracil. Die Umsetzung mit Salpetriger Säure koppelt eine Nitro-Gruppe an den Ring, der mit Wasserstoff zum entsprechenden 4.5-Diamino-uracil reduziert wird. Den letzten Schritt zur Harnsäure ermöglicht die alkalische Umsetzung mit Chlorameisensäure-ethylester oder alternativ die Schmelze in Harnstoff.

Die Produktion von Harnsäure hat keine große wirtschaftliche Bedeutung. 25 g Harnsäure kosten bei Merck, Darmstadt, 35 Euro, bei Voigt Global Distribution, Kansas City, USA, 60 US-Dollar. Das Kilo Harnsäure ist in USA für 550 Dollar, das Kilo Natriumurat für 750 Dollar erhältlich.

Geringe Mengen lassen sich auch leicht durch Ansäuern, beispielsweise mit Essig-Essenz, aus dem menschlichen Urin gewinnen. Allerdings kann aus konzentrierten Lösungen mit einem Überschuss an Säuren auch protonierter Harnstoff mit dem entsprechenden Säure-Anion oder als Urat ausfallen. Den formelmäßigen Zusammenhang beschreibt die Abbildung 8.

Analyse der Harnsäure

Sowohl qualitative als auch quantitative chemische analytische Verfahren lassen sich neben den physikalischen Methoden für die Bestimmung der Harnsäure einsetzen. Die bekannteste Analyse ist die Murexid-Reaktion, bei der die zu untersuchende Lösung oder Substanz mit konzentrierter Salpetersäure eingedampft wird.

Nach Versetzen des abgekühlten Eindampfrückstandes mit Ammoniak-Wasser erscheint die purpurotrote Farbe des Murexids, dem Ammoniumsalz der Purpursäure (Abbildung 9). Der Reaktionsablauf der Murexid-Bildung beginnt mit der oxidativen Spaltung der Harnsäure zu Alloxan und der Monohydroxy-Variante, der Dialursäure, die sich zum Alloxantin vereinen. Mit Ammoniak entsteht das über Stickstoff verbrückte, symmetrisch aufgebaute Murexid. Murexid, C₈H₈N₆O₆, M=284,19, zeigt in kaltem Wasser nur geringe Löslichkeit, in Alkohol und Ether ist es gar unlöslich. Verwendung findet es als Metall-Indikator bei der komplexometrischen Titration von beispielsweise Kalzium-, Nickel-, Kobalt- und Kupfer-Ionen mit Chelaten wie Ethylendiamin-tetraacetat, EDTA. Als weitere Farbreaktionen wurden die Reduktionen des Molybdats und der Phosphorwolframsäure zu blauen Verbindungen beschrieben.

Die quantitative Bestimmung der Harnsäure erfolgt enzymatisch mit Uricase, wobei sich Allantoin und Wasserstoffperoxid bilden.

Bedeutung der Harnsäure

Industriell und auf dem Markt der Spezial-Chemikalien besitzt die Harnsäure eine untergeordnete Bedeutung. Für den Menschen aber ist sie als Endstufe des Aminosäure-Abbaus von großer Wichtigkeit. Leider gelingt es dem menschlichen Stoffwechsel mangels entsprechender Bio-Katalysatoren nicht, diese relativ schwere, aus einem Doppelring bestehende Heteroverbindung, weiter in kleinere Bruchstücke abzubauen, wie es vielen anderen Lebewesen gelingt. Dadurch sind wir Menschen gezwungen, mit Purin-reichen Lebensmitteln zurückhaltend umzugehen, die Säure-Konzentration im Blut nicht zu hoch ansteigen zu lassen und für hinreichende Wasserzufuhr zu sorgen. Auch Alkohol fördert das Auskristallisieren der Harnsäure in Gelenken und im Harnweg. Die Fotografien der Abbildung 10 a-d zeigen anhand von Rasterelektronenmikroskop-Aufnahmen in zunehmender Vergrößerung, wie die Harnsäure als scharfkantige Kristall-Rosette des Hydrats auskristallisieren kann. Selbst auf den Oberflächen der agglomerierten Tafeln wachsen noch Kristallkeime zu einem Gebilde, das an eine Raspel erinnert.

Vögel mit ca. 25% Harnsäure im Kot und Schlangen mit gar 90% können offenbar die Konzentrationen in Blut und Urin trotzdem besser niedrig halten.

Einen bedeutenden Einfluss übt die Harnsäure im Rahmen unserer körpereigenen Metabolisierungsprozesse als Chelat mit den Molekül-Positionen 7 und 8 am entsprechenden Stickstoff und Sauerstoff aus: zumindest das Molybdän wird in diesem Zusammenhang als Thiourato-Komplex formuliert (Ab-

bildung 11). Einen interessanten Effekt entdeckten Forscher in diesem Zusammenhang bei den Eseln und Kamelen im Wüstenklima: Während der Mensch bei einem Gewichtsverlust durch Flüssigkeit um 10% spätestens bereits im Delirium schwankt, werden Esel und Kamel noch mit einem Gewichtsverlust von 25% in der Wüste fertig. Das Geheimnis liegt in der Wasserdurchlässigkeit der Blutgefäße: Während die menschlichen Adern das abgeschwitzte und verdunstete Wasser über Diffusion in den Körper abgeben und ausgleichen, das Blut also in der Hitze dicker und dicker wird, behalten die Kamele die Konsistenz des Blutes nahezu konstant, auch dann noch wenn ihre Körper ausgemergelt über 100 kg an Gewicht verloren haben. Daher können sich auch keine Ablagerungen in ihren Gelenken bilden. Bioniker erkennen auch in diesem Zusammenhang wieder den großen Ideen-Reichtum der Natur. **CLB**



Abbildungen 10 a-d: REM-Aufnahmen von Harnsäure-Hydrat (aus Harn mit Essigsäure); a=100-fache Vergrößerung, b=370-fache Vergrößerung, c=810-fache Vergrößerung, d=4820-fache Vergrößerung. Fotos: Dr. C. Reiner, Uni Siegen.

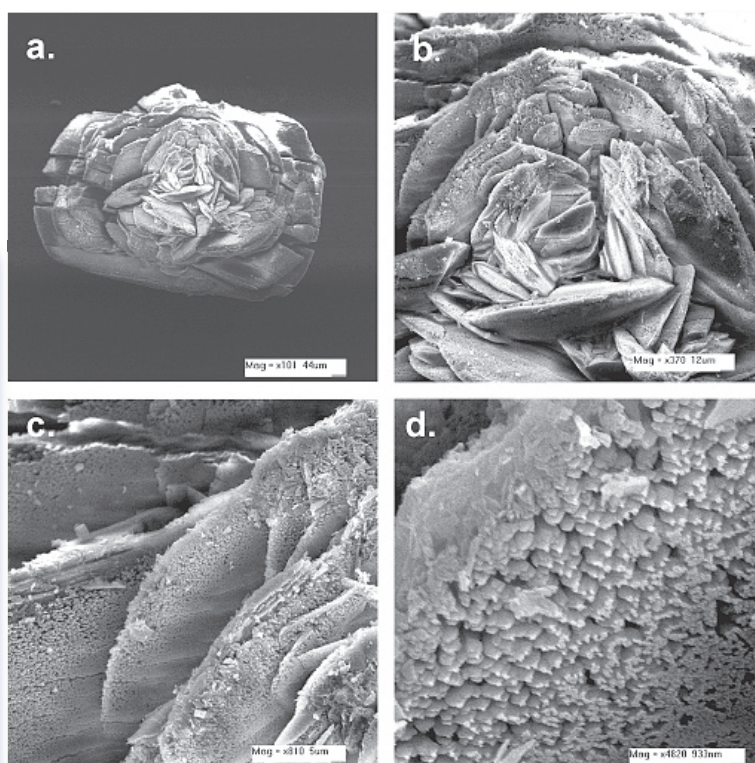
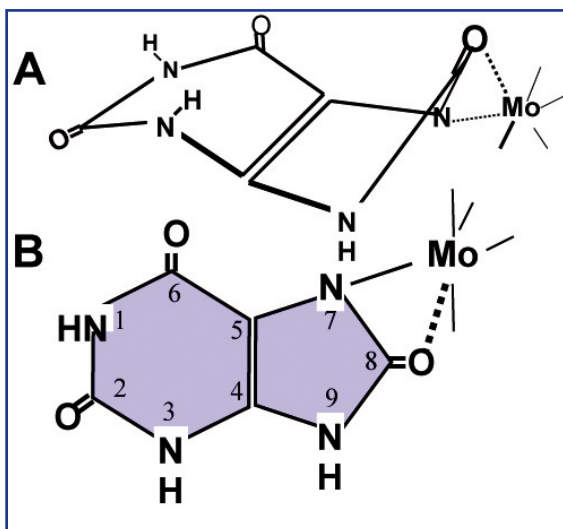


Abbildung 11: Harnsäure als Chelat für Schwermetalle in 7,8-Position: in sterisch gefalteter Form (A) und in planarer Projektion (B).



Chemischer Ferienspaß – ein Erfolg

Volker Wiskamp, Darmstadt

Seit mehreren Jahren organisiert das Jugendpfarramt der Stadt Darmstadt in den ersten beiden Wochen der Sommerferien den Kindersommer, kurz KiSo, an dem bis zu 130 Grund- und Unterstufenschüler teilnehmen und ein attraktives Kreativprogramm erleben. Zum KiSo 2005 gehörte auch ein Studium an der Kinderuniversität.

Eine 90minütige Vorlesung „Zeitreise durch die Chemie“, eine zweite über „Meilensteine der Physik“, eine „Ausbildung zum Kleinen-Chemie-Laboranten“, ein Kurs über „Sicheres Arbeiten in der Chemie“ und ein „Chemie-Praktikum für Fortgeschrittene“ – wer durchhielt bekam das verdiente Kinder-Chemie-Diplom und durfte stolz sein. Wenn Kinder in ihren Ferien freiwillig Chemie betreiben, muss diese doch sicherlich toll sein, oder?

Zeitreise durch die Chemie

Im Chemie-Hörsaal fühlten sich 130 KiSo-Kinder wie richtige Studenten, denn sie erlebten ihre erste Vorlesung, von einem richtigen Professor. Es ging mit vielen Experimenten, also recht lustig und anschaulich, und nur mit den gerade nötigen theoretischen Erklärungen um die Entwicklung der Chemie von der Antike bis in die heutige Zeit.

Zuerst stellte der Dozent das antike Konzept der vier Elemente Feuer, Wasser, Erde und Luft vor. Ein Gummibär ging in einer Kaliumchlorat-Schmelze unter heftigem „Fauchen“ in Flammen auf. Brennerflammen wurden gelb, rot und grün gefärbt. Rot- und Weißglut wurde mit brennender Eisenwolle oder mit brennendem Magnesium erzeugt. Feuerwerksmischungen wurden gezündet. Die Versuche verdeutlichten einerseits die Faszination des Feuers, andererseits dessen Gefährlichkeit. Allen gezeigten Phänomenen ist das Entstehen von Wärme und Licht gemeinsam, nicht mehr, aber auch nicht weniger. Eine Kerze mit einem christlichen Motiv wurde angezündet und die symbolische Bedeutung des Lichtes im christlichen Glauben betont.

Der Autor:

Prof. Dr. Volker Wiskamp studierte Chemie an der Universität Bochum, dem Max-Planck-Institut für Kohlenforschung in Mülheim-Ruhr sowie an der Universität Berkeley. Danach war er vier Jahre lang Polymerforscher bei Bayer. Seit 1989 vertritt er an der Fachhochschule Darmstadt die „Anorganische und Organische Chemie“ in der Lehre. Sein wissenschaftliches Arbeitsgebiet ist die Didaktik der Chemie mit den Schwerpunkten Hochbegabtenförderung, Bildungspartnerschaften Schule/Hochschule/Industrie, fächerübergreifender Unterricht sowie Experimentieren in Kindergärten und Grundschulen.

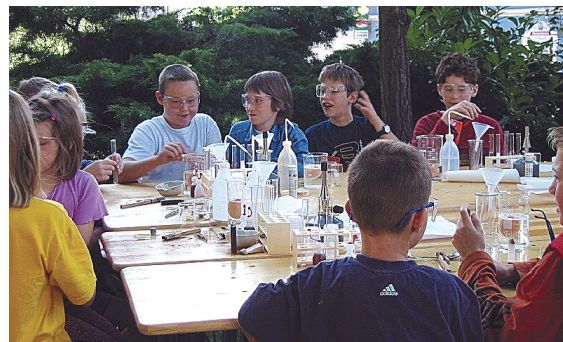


Abbildung 1: Die Ausbildung von „Kleinen-Chemie-Laboranten“ (Foto: Wiskamp).

Themenwechsel zum zweiten antiken Element, dem Wasser, dem nassen Element. Man kann darin schwimmen – oder untergehen. Welche Stoffe auf dem Wasser schwimmen und welche darin untergehen, davon handelte der erste Versuch: Dichtesortierung von Steinen und Styropor-Teilchen mit Hilfe von Wasser. Danach wurde die reinigende Wirkung des Wassers demonstriert, indem Salz aus einem salzhaltigen Sandboden gewaschen wurde. Die symbolische Bedeutung des Wassers bei der Taufe wurde erläutert. Da es Wasser auch im festen und gasförmigen Zustand gibt, befasste sich das nächste Experiment mit dem Schmelzen von Eis und dem Verdampfen von Wasser sowie der Bestimmung des Schmelz- und des Siedepunktes des Stoffes mit der Formel H_2O .

Was ist Erde? Der Nährgrund für die Pflanzen; diese wiederum ermöglichen das Leben der Tiere und Menschen. Die Erde birgt auch Mineralien und Edelsteine, die im Hörsaal ausgestellt waren.

Schließlich das vierte antike Element, die Luft, ein Gasgemisch. Allen Gasen der Luft ist gemeinsam, dass sie unsichtbar sind. Mit dem einen Gas, Sauerstoff (entwickelt aus Wasserstoffperoxid und Braunstein), wurde ein Feuer entfacht (Glimmspanprobe). Ohne Sauerstoff könnten wir nicht atmen; es gäbe kein Leben. Eine Kerze erstickt, wenn ihr der Sauerstoff fehlt: Eine Kerzenflamme wurde unter einem Glas erstickt. Mit einem anderen Gas, dem Kohlenstoffdioxid (entwickelt aus Backpulver und Essig), wurde Feuer gelöscht. Dass die Luft auch Wasserdampf enthält, leuchtete den Schülern ein, als mit zunehmender Versuchsdauer an der Außenseite eines mit Eis gefüllten Glases mehr und mehr Wasserperlen sichtbar wurden.

Nach einer Pause folgte der Sprung in das Zeitalter der Alchemie. Der wahre Alchemist war ein gläubiger Mensch, der in seinem Labor auch einen Altar hatte, an dem er Gott bat, ihn durch chemische Experimente weise

werden zu lassen und ihm die Erkenntnis zu vermitteln, was die Welt im Innersten zusammen hält. So entdeckten die Alchemisten durch die Destillation von Wein den Alkohol und nannten ihn „Weingeist“. Oder sie fanden durch Extraktion von Kokosraspeln mit Benzin das Kokosfett. Entsprechende Versuche wurden durchgeführt. Die Kinder erkannten es an, dass die Alchemisten die Experimentierkunst ungemein voran getrieben hatten und vielen Geheimnissen der Natur auf die Schliche gekommen waren. Manche Alchemisten unterlagen allerdings dem Irrglauben, durch so genannte Transmutationen das edelste aller damals bekannter Elemente, das Gold, herstellen zu können. Dem Chemie-Professor gelang das (Gold-Uhr) – scheinbar. Denn schon beim Wiederholungsversuch (Iod-Uhr) entpuppte er sich als Scharlatan.

Der moderne Chemiker weiß, dass es nützlichere Dinge als Gold gibt. Den Schülern wurde vorgeführt, wie Kunststoffe (Nylonfaden-Trick, Polyurethan-Schaum) oder Farbstoffe (blaue und rote Tinte) entstehen. Außerdem kann der Chemiker zum Umweltschutz beitragen, zum Beispiel indem er schmutziges Wasser reinigt. Dazu wurde die Adsorption eines Farbstoffes (Methylenblau) an Aktivkohle demonstriert. Der Chemiker unserer Zeit weiß, dass seine Erfindungen auf naturwissenschaftlichen Gesetzen beruhen.

Meilensteine der Physik

In dieser Vorlesung, die von 38 Kindern besucht wurde, ging es um einige Felder der klassischen Physik und mehrere großartige Erfindungen der Menschheit.

Wieso war die Erfindung des Rads genial? Wegen der Minimierung von Reibungskraften. Davon handelte der erste Versuch, der in das Spezialgebiet „Mechanik“ einführte. Es folgten Versuche mit Spiralfedern (Federwaage), Hebeln (Balkenwaage) und Pendeln (Zeitmessung). Schließlich wurde das Prinzip eines pneumatischen Hebers verdeutlicht. Was wäre die Musik ohne die Physik? Damit war der Dozent beim Spezialgebiet „Akustik“. Der Zusammenhang zwischen Luftbewegung und Schall wurde den Schülern deutlich, als eine Flaschenorgel und ein Gummisaiteninstrument gebaut wurden.

Die Kunst lebt von Farbe und Licht, und damit von einem weiteren Spezialgebiet der Physik, der „Optik“. Das Prinzip der additiven Farbmischung wurde durch das Übereinanderlegen verschieden farbiger Folien verdeutlicht. Mit Hilfe der Papierchromatographie (Rundfiltermethode) wurde bewiesen, dass das Schwarz eines Filzschreibers eine Mischfarbe ist. Mit einem Prisma wurde der Strahl einer Taschenlampe in die Regenbogenfarben zerlegt. Abschließend wurde ein Sonnenbrand modelliert (UV-Bestrahlung eines mit Silbernitrat-Lösung auf Filterpapier gemalten Gesichts), um zu zeigen, dass Licht nicht nur Farbphänomene hervorrufen kann, sondern auch eine, hier zerstörerische, Energie besitzt.

Die Brio-Eisenbahn wurde zu einem beliebten Kinderspielzeug, dank der magnetischen Kräfte (Anziehungen, Abstoßungen), die demonstriert und Erfindungen wie der Kompass und die Manetschwebbahn erläutert wurden.

Vom Thema „Magnetismus“ fiel der Sprung zur „Elektrostatik“ leicht. Die Funktion eines Elektroskops wurde vorgeführt, und ein dünner Wasserstrahl wurde mit einem elektrostatisch aufgeladenen Teflonstab „um die Ecke“ gelenkt.

Der letzte Teil der Physik-Vorlesung war der „Elektrik“ gewidmet. Die Kinder erfuhren, wie man Strom in Licht und umgekehrt Licht in Strom verwandeln kann (Glühlampe beziehungsweise Solarzelle).

Am Ende der Vorlesung erhielten die Teilnehmer ihr „Vordiplom“, eine Bescheinigung, die ihnen die Teilnahme an einer Chemie- und einer Physik-Vorlesung an der Kinderuniversität bestätigte.

Ausbildung zum „Kleinen-Chemie-Laboranten“

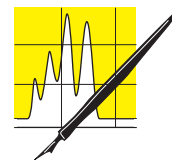
Nach dem „Vordiplom“ absolvierten 24 Kinder ihr „Chemisches Grundpraktikum“. Sie lernten mit dem Brenner und mit Becher- und Reagenzgläsern umzugehen, zu destillieren und zu filtrieren, Trinkwasser aus Meerwasser zu gewinnen, Fett aus Kokosnüssen zu extrahieren, Brausepulver herzustellen und zu analysieren sowie, in einem Memory-Spiel, die erforderlichen Arbeitsgeräte zu zeichnen und zu benennen. Zum Schluss bekamen sie ein Zeugnis über eine erfolgreiche Ausbildung zum Kleinen-Chemie-Laboranten.

Sicheres Arbeiten in der Chemie

12 „Kleine-Chemie-Laboranten“ belegten einen zweistündigen Kurs „Sicheres Arbeiten in der Chemie“. Hier mussten sie sehr diszipliniert, das heißt unter genauer Beachtung der Anweisungen und unter ständigem Tragen einer Schutzbrille, arbeiten, denn der sichere Umgang mit Gefahrstoffen stand auf dem Programm. Es wurde experimentell erforscht, was ätzende (Säuren und Laugen), gesundheitsschädliche (Iod-Tinktur), brennbare (Ethanol, Benzin), brandfördernde (Wasserstoffperoxid, Kaliumchlorat, Kaliumpermanganat) und umweltschädigende Stoffe (Kaliumpermanganat) sind und wie man damit korrekt umgeht. Danach gab es ein „Sicherheitsdiplom“.

Chemie-Praktikum für Fortgeschrittene

Wer alle vorherigen „Scheine“ hatte, konnte zum abschließenden ganztägigen Vertiefungskurs



AUFSÄTZE

Abbildung 2: Kinder-Chemie-Diplom.

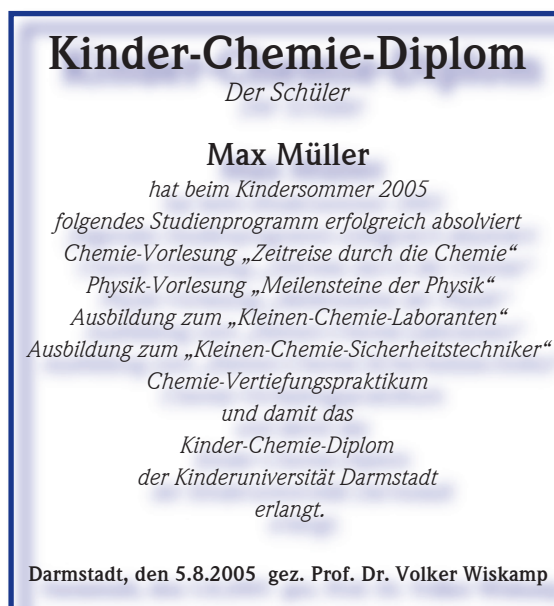




Abbildung 3: Das „Kleine Chemie-Labor“ (Foto: Wiskamp).

Rotwein destilliert und die Qualität des alkoholischen Destillats getestet (Siedebereich, Brennbarkeit), Orangenöl durch Wasserdampfdestillation gewonnen, ein Dünger hergestellt (Calcium-dihydrogenphosphat aus Calciumcarbonat und Phosphorsäure), der Wirkstoff aus einer Aspirin-Tablette isoliert, Kupfer zementiert, Berliner-Blau-Tinte hergestellt, der Säuregehalt von Essig und Zitronensaft alkalimetrisch bestimmt sowie Baumwolle mit Indigo gefärbt. Die Versuche gehörten teilweise zum Einführungspraktikum der „echten“ Chemie-Studenten, so dass die Kinder zu Recht stolz waren. Bei einer Abschlussfeier wurde den Jungforschern in einer feierlichen Zeremonie das Kinder-Chemie-Diplom (siehe Abbildung 2) verliehen.

an die Fachhochschule kommen. Acht KiSo-Kinder arbeiteten jetzt dort, wo sonst reguläre Chemie-Studenten ihr Praktikum absolvieren. Und sie experimentierten mit Geräten aus einer Original-Chemielabor-Ausstattung. Es wurde

Ausblick

Die Begeisterung der KiSo-Kinder für die Chemie hat uns dazu motiviert, ein weiteres Kinderuniversitätsprogramm als Teil einer Bildungspartnerschaft mit der benachbarten Christian-Morgenstern-Grundschule zu konzipieren. Deren Schüler besuchen einmal pro Halbjahr an der Fachhochschule eine Vorlesung, deren Inhalte zum Schulprogramm passen und konform mit den Themen des Sachunterrichtes sind. Die Vorlesung ist auch im Hinblick auf eine Zensurengebung (ab dem zweiten Schuljahr) relevant. Sie wird anschließend in einigen Doppelstunden in der Schule durch einen gemeinsamen Experimentalunterricht von Lehrer und Professor vertieft. Das erste Semester umfasste eine Experimentalvorlesung „Was macht eigentlich ein Chemiker?“, passend zum Lernfeld „Berufe“, gefolgt von einer „Ausbildung zum kleinen Chemielaboranten“ (siehe oben) sowie Schülerversuchen zu papierchromatographischen Farbstofftrennungen und zur Synthese von Pigmenten, passend zum Lernfeld „Farben“.

Wir haben die berechtigte Hoffnung, dass dieses Programm, das noch weitere fünf „Semester“ umfassen soll, nachhaltig das Interesse der jungen Menschen an naturwissenschaftlichen Phänomenen und Arbeiten fördert und den Sachunterricht bereichert.

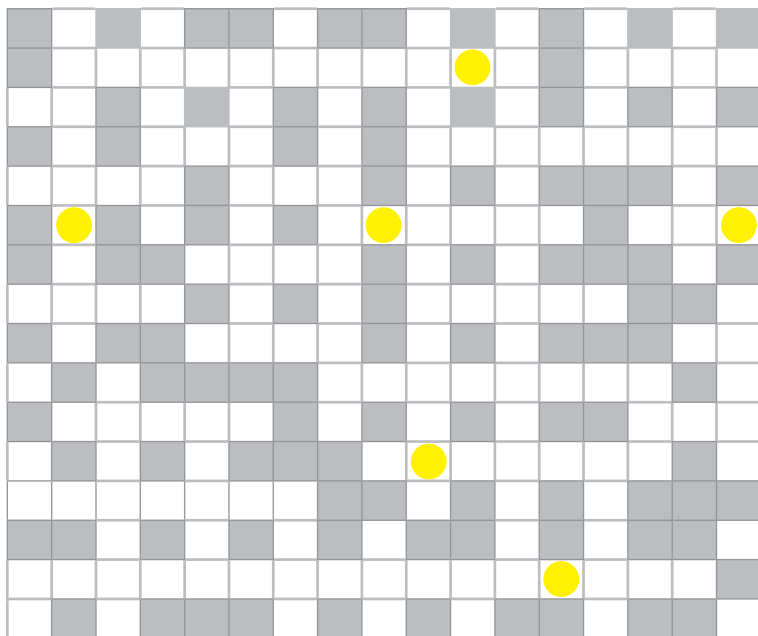
CLB

Literatur

V. Wiskamp, Naturwissenschaftliches Experimentieren – nicht erst ab Klasse 7, 2. Aufl., Shaker Verlag, Aachen, 2005

Bestellen Sie unsere CD-ROM mit einer Vielzahl von Beispielen aus allen Wissenschaftsbereichen per Email info@archi-me-des.de oder telefonisch 030 / 695 97 630

IHRE VISIONEN BRAUCHEN BILDER? Wie erklären Sie die bahnbrechenden Eigenschaften Ihres neuen Produkts? Wie stellen Sie die Prinzipien des neu entwickelten Verfahrens dar? ArchiMeDes MOVINGSCIENCE bietet Ihnen das Werkzeug, das mehr als tausend Worte sagt. Wissenschaftliche Visualisierungen in Stand- oder Bewegtbild erklären verständlich, präzise und korrekt, was Kunden, Investoren oder Nachwuchskräfte wissen sollten.



Unser erstes Buchprojekt kommt – mit leichter Verspätung – bald heraus. Hier eine Rätselprobe aus dem Buch.



**Die Gewinne:
10 X dieses Buch!**

Begriffe der Chemie sind der Inhalt des folgenden Kreuzworträtsels. Dabei sind Begriffe und Namen mit der unten erklärten Bedeutung in die Kästchen einzutragen. Die richtigen Stellen sind nicht numeriert, sondern durch Ausprobieren und Kombinieren zu finden. Eine Hilfe bietet das (w) und (s) nach einer Erklärung, die für waagrecht und senkrecht stehen. Das **Lösungswort** aus der sinnvollen Buchstabenkombination der gelb gekennzeichneten Felder sagt, was der CLB-Comic unterhaltsam vermitteln soll. Bitte senden Sie dieses Lösungswort bis zum **30. September 2005** per e-Mail (redaktion@clb.de) oder Fax (06223-9707-41) oder Postkarte an die Redaktion. Sagen Sie uns doch auch, ob der Comic „ankommt“ – ja oder nein.

Begriffe mit einem Buchstaben:

- schwerstes natürlich vorkommendes Element
- ohne dieses Element können wir nicht leben
- das leichteste gasförmige Element

Begriffe mit zwei Buchstaben:

- das Element, das nach unserem Erdteil benannt ist (s)
- das Element mit $4f^{12} 5d^9 6s^2$ (s)
- ein „verborgenes“ edles Element (s)
- ein Leichtmetall mit drei Elektronen auf der äußeren Schale (s)
- das Element mit acht Elektronen auf der äußeren (der fünften) Schale (w)
- die Verbindungen dieses Elementes sind sehr giftig (w)

Begriffe mit drei Buchstaben:

- Druckmaß für Absolutdruck, veraltet (s)
- anderes Wort für Eisenbahn (s)
- Abkürzung für abgeschwächte Totalreflexion (Verfahren bei der IR-Spektroskopie) (w)
- Einheit des elektrischen Widerstandes (w)
- Abkürzung für Desoxyribonukleinsäure (w)
- Kurzform für eine akademische Lehranstalt (w)

Begriffe mit vier Buchstaben:

- ein anderes Wort für klein (s)
- nur eine ... ist in der Analyse vorhanden (s)
- Stannum auf deutsch (w)
- plötzlich auftretend (w)
- „in Blättchen“ auf lateinisch, abgekürzt (w)
- ...-plaste, eine Bezeichnung für aushärtende Kunststoffe (w)
- größeres numerisches Werk eines Komponisten (w)

Begriffe mit fünf Buchstaben:

- eine ungesättigte organische Verbindung (s)
- das häufigste Edelgas (s)

- Kolloid: Flüssigkeit in Gas (s)
- Einheit des Lichtstroms (w)
- eine gesättigte organische Verbindung (w)

Begriffe mit sechs Buchstaben:

- gesättigte organische Verbindungen (s)
- einen ... machen wir, wenn wir eine Substanz im Labor herstellen oder wenn wir eine Aufgabe rechnen wollen (w)

Begriffe mit sieben Buchstaben:

- Begründer des drahtlosen Nachrichtenverkehrs, italienischer Physiker (s)
- Monosaccharid (s)
- betäubendes Gas, das angeblich sehr lustig macht (w)
- tägliche Information durch die ... (w)

Begriffe mit acht Buchstaben:

- Messgerät für den Nachweis der Achsendrehung der Erde (s)
- mit Metallfäden umwickelt, umspinnen (w)
- Stadt in Sachsen, die den vorderen Teil unserer Wissenschaft enthält (w)

Begriffe mit neun Buchstaben:

- chemischer „Vulgär“-Ausdruck für Reaktionsmechanismus (s)

Begriffe mit zehn Buchstaben:

- so heißen organische Verbindungen mit Benzolringen (s)

Begriffe mit elf Buchstaben:

- fotografisches Aufnahmeverfahren im Laserlicht mit dreidimensionaler Wiedergabe (w)

Begriffe mit dreizehn Buchstaben:

- war vor Haber-Bosch Rohstoff für Schießpulver (s)

Begriffe mit fünfzehn Buchstaben:

- „Reinigung von radioaktiven Stoffen“ (s)

Begriffe mit sechzehn Buchstaben:

- Betrieb zur Erzeugung von Eisen und Stahl (w)

Chemische Elemente im Alltag, Teil 6: Stickstoff

In der Erdatmosphäre und in Verbindungen

Georg Schwedt

Die Luft enthält 78 Vol.-% an elementarem Stickstoff, die Erdkruste nur 0,03 % (16. Stelle in der Häufigkeitsliste). Als Element wurde Stickstoff wegen seiner Reaktionsträgheit erst spät erkannt. Der Apotheker Scheele nannte den Bestandteil der Luft, der Atmung und Verbrennung nicht unterhält, „verdorbene Luft“. Weitere Forscher dieser Zeit stießen bei Untersuchungen über die Luft auf dieses Gas: Lomonosow (1756), Priestley (1770), Cavendish und Rutherford (1772), ohne seine elementare Natur zu erkennen. Erst Lavoisier bezeichnete es als gasförmiges Element. Vom lat. Wort nitrogenium (Nitraterzeuger) stammt das Symbol N.

Im Stickstoffkreislauf spielen die Vorgänge der Stickstoff-Fixierung in Pflanzen, die Nitrifikation und Denitrifikation durch Mikroorganismen die wichtigsten Rollen, wofür der Luftstickstoff das ständige Reservoir bildet. Im 20. Jahrhundert wurde infolge der Nutzung des Stickstoffs aus der Luft im Haber-Bosch-Verfahren zur Herstellung von Düngemitteln dieser Kreislauf deutlich beschleunigt. Stickstoff als Baustein von Aminosäuren und somit von Proteinen, von Nucleinsäuren und vielen Coenzymen ist ein unentbehrlicher und in größeren Mengen notwendiger Nährstoff. Als Meilensteine der chemischen Technik gelten die Ammoniak-Synthese (Haber u. Bosch 1913), die Kalk-Stickstoff-Synthese (Frank-Caro-Verfahren 1895, Calciumcyanamid ab 1901 als Dünger) und die Salpetersäure-Gewinnung (durch Ammoniakverbrennung nach dem Ostwald-Verfahren 1902). Der Beitrag beschränkt sich im Folgenden auf die Verwendung von Stickstoffverbindungen (beziehungsweise auch des Stickstoffs) in Alltagsprodukten.

Stickstoff als Pack- und Treibgas

Als Packgase definiert die Zusatzstoff-Zulassungsverordnung Gase außer Luft, die vor oder nach dem Lebensmittel oder gleichzeitig mit diesem in das entsprechende Behältnis abgefüllt worden sind, der Verbraucher liest dann meist den Hinweis „unter Schutzgas(atmosphäre) abgefüllt“. Treibgase sind Gase, die ein Lebensmittel oder auch Kosmetika aus einem Behältnis herauspressen. Stickstoff hat die E-Nummer 941. Außerdem darf auch das Distickstoffmonoxid (als Lachgas bekannt, E 942) für Lebensmittel allgemein verwendet werden, zum Beispiel in Sprühdosen mit Sahne.

Nitrate – und Nitrite

Als Chilesalpeter kommt Natriumnitrat im Salzgestein (zu etwa 50 % neben Alkali- und Erdalkalisulfaten, Natriumchlorid sowie Ton, Sand und Kies) in den regenarmen Gebieten des nördlichen Chile vor. Weitere kleinere Vorkommen sind in Ägypten, Kolumbien und in Kalifornien bekannt. Als Auswitterungsprodukt kalireicher Böden tritt Kaliumnitrat auch in Indien, China und Ägypten auf. Die Bildung der Nitrate ist vor allem auf die mikrobielle Nitrifikation von Eiweißstoffen zurückzuführen.

Natrium- und Kaliumnitrat (E 251 und 252) sind für bestimmte Lebensmittel als Konservierungsstoffe zugelassen und zwar für gepökelte Fleischerzeugnisse (Höchstmenge 250 mg/kg als Natriumnitrat), Hartkäse, Schnittkäse und halbfesten Schnittkäse (50 mg/kg) und eingelegte Heringe und Sprotten (200 mg/kg). Kalium- und Natriumnitrit (E 249 und 250) werden zusammen mit Kochsalz als Nitritpökelsalz für nichthitzebehandelte gepökelte und getrocknete Fleischerzeugnisse verwendet. Die Wirkungen lassen sich wie folgt zusammenfassen: Pökeln ist ein Verfahren, durch kunstgerechte Anwendung von Kochsalz und in der Regel auch von Salzen der salpetrigen oder Salpetersäure, manchmal noch anderer Stoffe wie Zucker und Gewürze, ein mehr oder minder haltbares Fleischprodukt zu erzeugen, welches sich durch Gefüge, angenehmen Geruch und Geschmack und eine der natürlichen Fleischfarbe zwar ähnlichen aber kochhitzebeständige Farbe charakteristisch von frischem Fleisch unterscheidet. Die Bildung einer beständigen, roten Pökelfarbe (des Stickstoffoxid-Myoglobins als Umrötung), eines typischen Pökelaromas und vor allem die Hemmung (Konservierung) eines speziellen Bakteriums, des *Clostridium botulinum* (erzeugt ein starkes Nervengift), sind die Hauptwirkungen dieser Salze.

Reinigungsmittel

Nitrate sind auch in Rohrreinigern zusammen mit Natriumhydroxid und Aluminiumgranulat zu finden. Dort werden sie infolge der Wasserstoffbildung aus NaOH und Al zum Ammoniak reduziert. Durch Natronlauge werden im Rohr abgelagerte Fette gespalten und gelöst, die Gasentwicklung (Ammoniak als Gas) unterstützt den Ablösevorgang. Der zunächst entstehende Wasserstoff, der im Gemisch mit Luft (sauerstoff) zu einer Knallgasexplosion führen könnte, wird somit gebunden.

Die starke und in höheren Konzentrationen auch oxidierend wirkende Salpetersäure finden wir in Kalklösern neben ionischen Tensiden und oft Duftstoffen. Im Unterschied zu anderen kalklösenden Säuren wie Citronen- oder Amidoschwefelsäure zeigen solche Gemische eine stärkere Wirkung. Salpetersäure löst nicht nur Calciumcarbonat (Kalk) sondern auch den Urinstein (zum Beispiel Calciumurat, Salz der Harnsäure). Salpetersäure ist daher in den Sanitärreinigern enthalten.

Ammoniak in Reinigungsmitteln

Ammoniakwasser, auch Salmiakgeist genannt, ist eine basisch reagierende Lösung des Gases Ammoniak. Unter der Bezeichnung „Zum Fensterputzen. Zur Fleckentfernung“ als „Salmiak einfach“ werden in Drogeriemärkten Lösungen mit bis zu 10 % an Ammoniak angeboten. Wie auch Soda (Natriumcarbonat) emulgiert Ammoniak Fettablagerungen (Fettflecke). Deshalb wird Ammoniak auch in Allzweckreinigern und mit dem Effekt der Komplexbildung in Metallputzmitteln (für Silber, Kupfer und andere Bunt-/Nichteisenmetalle) eingesetzt.

Ammoniumsalze – nicht nur in Salmiakpastillen

Als Lebensmittelzusatzstoffe sind folgende Ammoniumverbindungen zugelassen: Triammoniumcitrat (E 380: als Säureregulator und Farbstabilisator), Ammoniumalginat (E 403: als Verdickungs- Überzugs- und Geliermittel), Ammoniumsalze der Phosphatidsäuren (E 442: als Emulgatoren und Stabilisatoren), Ammoniumcarbonate (E 503: Ammoniumcarbonat und –hydrogencarbonat: als Backtriebmittel und Säureregulator), Ammoniumsulfat (E 517: Säureregulator), Ammoniumhydroxid (E 527: Säureregulator) und Monoammoniumglutamat (E 624: Geschmacksverstärker). Zum Backen flacher Gebäckstücke wie Lebkuchen verwendet man so genannte ABC-Triebmittel mit Hirschhornsalz (entspricht E 503), das beim Erhitzen schnell unter Bildung von Ammoniak, Kohlenstoffdioxid und Wasser(dampf) zerfällt. In Kombination mit Kaliumcarbonat wird die Bezeichnung ABC-Triebmittel (A für Ammoniak, B: Backtriebmittel, C: Carbonat) gebraucht. Ammoniumchlorid (= Salmiak) ist in den Salmiakpastillen (in gleicher Menge wie der Trockenextrakt aus Süßholzwurzeln) enthalten, pro Pastille 30 mg und mehr. Varianten sind Salmiak-Lakritz und Salz-Lakritz (5 % Salmiak). Auch Rußentferner (für Kohle- und Ölöfen) enthalten neben Kupferchlorid auch Ammoniumchlorid, das in der Hitze sublimiert (sich verflüchtigt, das Kupfersalz wirkt katalytisch bei der Verbrennung des Rußes).

Die europaeinheitliche Nomenklatur zur Angabe der Inhaltsstoffe auf den Verpackungen kosmetischer Mittel (INCI: International Nomenclature Cosmetic Ingredients) verzeichnet in ihrer Liste insgesamt 65 Ammoniumsalze. Überwiegend wird die Wirkung mit der Ziffer 30: Tenside (waschaktive) Substanzen ange-

geben, das heißt es handelt sich um anionische Tenside, in denen das Ammoniumion das Kation darstellt. Die zweithäufigste Funktion trägt die Nummer 27: pH-Wert-Regler/Puffersubstanz (zum Beispiel Ammoniumchlorid, Ammoniumbi(hydrogen)carbonat, Ammoniumhydroxid, Ammoniumphosphat). Andere Funktionen stammen in der Regel vom Anion beziehungsweise weisen auf die Verwendung hin, so zum Beispiel Ammonium Hydrolyzed Collagen (Antistatika/Kämmbarkeitshilfe) oder Ammonium Fluoride (Mundpflegestoff). Ammonium Persulfate (Bleichmittel).

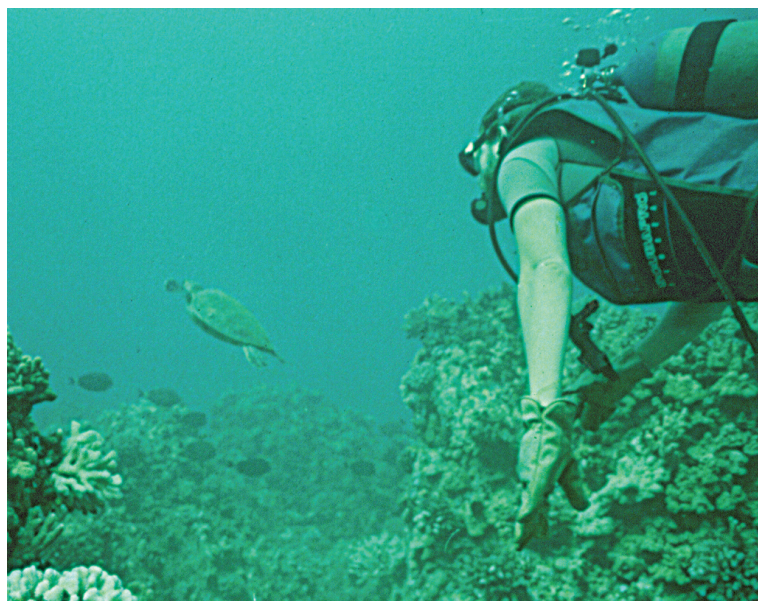
Stickstoffdünger

In Stickstoffdüngern für den Hausgebrauch und im Garten erfolgt eine Angabe über die Gehalte an Stickstoff Ammoniumsalzen, von Nitraten oder organischen Verbindungen meist wie folgt: „16 % N-Stickstoff gesamt“ (Langzeitdünger), oder „organisch-mineralisch mit Guano- und Langzeitdünger... Nährstoffgehalt 10 % N Gesamtstickstoff, davon 50 % in Langzeitform“ (Universal-Düngerstäbchen). Alle Düngemittel für den Haus- und Gartengebrauch werden aufgrund ihrer (elementaren) Zusammensetzung auch als NPK-Dünger bezeichnet (über Guano siehe Beitrag Teil 5: Phosphor in der CLB 7/2005). **CLB**

Literatur

G. Schwedt: Noch mehr Experimente mit Supermarktprodukten. Das Periodensystem als Wegweiser, Wiley-VCH, Weinheim 2003.

Luftstickstoff hat auch physiologische Wirkungen. Durch den erhöhten Umgebungsdruck beim Tauchen nimmt die Lösung von Stickstoff im Fettgewebe in Abhängigkeit von der Tauchtiefe bis zum Fünffachen zu. Die fetthaltigen Nervenmembranen im Gehirn sind der Angriffspunkt des Stickstoffs. In Folge der Stickstoffanreicherung kommt es zu einer Dehnung der Zellmembranen und zu einer Erweiterung der Ionenkanäle. Durch die Erweiterung wird eine Auslösung von Nervenimpulsen verursacht, auch wenn tatsächlich keine Reizung vorliegt. Darum ist die maximale Tauchtiefe beim Sporttauchen auf 40 Meter begrenzt. Nur Gasgemische mit hohen Anteilen an Helium (sehr selten: Neon) erlauben für Experten tiefere Tauchgänge (Foto: Kickuth).



Proteine, Gene und Hormone

Autoimmunkrankheiten wie Typ 1 Diabetes oder Lupus traten im Mausversuch auf, nachdem eine Mutation im neu entdeckten Gen namens Roquin dafür sorgt, dass T-Zellen eigenes Körpergewebe angreifen. Immunologen der in Canberra gelegenen Australian National University (ANU) entwickeln mit dieser Erkenntnis neue Behandlungsmethoden, die eine Mutation des Gens verhindern sollen.

Bei Krankheiten wie Alzheimer oder BSE häufen sich defekte Proteine im Nervengewebe an. Chaperone markieren diese Proteine, damit sie entsorgt werden können. Biologen der Universität Bonn und Mediziner des University College London entdeckten ein Hilfsprotein namens HSP70, das den Protein-Chaperon-Komplex zum Abbau geleitet. In Zellkulturen ist es den Forschern bereits gelungen, Huntingtin-Fasern durch Zugabe von HSP70 aufzulösen.

Krebszellen sprechen nicht immer auf Interferone an. Wissenschaftler am Berliner Forschungsinstitut für Molekulare Pharmakologie (FMP) fanden heraus, dass Mutationen in Proteinen, die Signale in Zellen übertragen und Gene aktivieren, den STATs (signal transducers and activators of transcription), dafür verantwortlich sind. Durch die Übertragung eines Phosphorsäurerests wird die Signalübertragung gestört und dadurch der Nutzen der Interferone geschmälert.

Endothelzellen besitzen an ihrer Oberfläche Moleküle (Integrine), die den Kontakt mit anderen Zellen und den umgebenden Strukturen vermitteln. Die Integrin-Linked Kinase (ILK), beschrieben von Forschern des Universitätsklinikums des Saarlandes, bildet eine Brücke zwischen den Integrinen an der Zelloberfläche und dem skelettartigen bindegewebigen Strukturssystem (Aktin-Zytoskelett) im Zellinneren. Hierdurch kann die ILK in Zellen wichtige Signale für Überleben, Wachstum, Vermehrung und Entwicklung übermitteln.

Das Rett Syndrom ist nach dem Down Syndrom die zweithäufigste neuronale Entwicklungsstörung bei Mädchen. Es wird durch eine Mutation des MECP2 Gens verursacht. Wissenschaftler vom MDC Berlin-Buch sowie der LMU München entdeckten, dass bei heranreifenden Zellen MECP2 eine Umlagerung der DNA bewirkt. Dadurch können einige Gene leichter abgelesen werden, andere werden dauerhaft stillgelegt. Die Forscher vermuten, dass diese Umlagerungen die Eigenschaften der gereiften Zellen langfristig stabilisieren. Diese Funktion von MECP2 eröffnet neue Perspektiven zum Verständnis des Rett-Syndroms.

Das Spleißosom einer Zelle setzt sich aus ungefähr 250 Proteinen zusammen. Forscher am Max-Planck-Institut für Molekulare Zellbiologie und Genetik (MPI-CBG) in Dresden haben gezeigt, dass sich die Proteine des Spleißosoms nacheinander anordnen. Zudem haben die Forscher beobachtet, dass die Messenger-RNA, ähnlich einem Bauplan, die Ankunft der Bestandteile des Spleißosoms durch Signale koordiniert.

Biotechnica 2005

Noch in Konsolidierungsphase

Die Biotechnica 2005 ist von weiterer Konsolidierung geprägt. Von 1071 Ausstellern 2001 über 947 2003 geht die Ausstellierzahl diesmal auf etwa 900 zurück; Ebenso vermindert sich die Ausstellungsfläche auf ca. 13 000 Quadratmeter (2001: 15 272, 2003: 13 636).

Stephan Kühne, Mitglied des Vorstands der Deutschen Messe AG, machte auf der Vorpressekonzferenz zur Biotechnica in Hannover zum Beispiel auf die vorwiegenden Rückgänge oder auf das gänzliche Fehlen von Gemeinschaftsständen der Bundesländer aufmerksam – nur NRW legt kräftig von 1746 auf 2270 Quadratmeter zu: „Insbesondere im Osten führt die Haushaltslage zu mangelnder Unterstützung von Messerveranstaltungen.“ Bemerkenswerterweise halbiert sich aber nahezu auch die Ausstellerfläche aus den USA auf 256 Quadratmeter, bei in etwa gleichbleibenden Ausstellern (25 gegenüber 28 2003). Dafür legt Russland zu, von 100 auf 249 Quadratmeter. Top-Steigerungsraten weisen Südkorea, Finnland und Japan auf, wenn auch auf einem niedrigen Niveau zwischen 100 und 200 Quadratmetern Ausstellungsfläche.

Dass lieber von Konsolidierung statt von Rückgang gesprochen

wird zeigt aber auch die nach wie vor großen Hoffnungen, die man in die Biotechnik setzt. Begründet werden diese von Zahlen des 6. deutschen Biotech-Reports der Wirtschaftsprüfungsgesellschaft Ernst & Young. Danach ist der Umsatz der deutsche „Core-Biotech-Unternehmen“ – 346 Stück (minus vier gegenüber Vorjahr) um sieben Prozent auf 1,03 Milliarden Euro gestiegen, bei verminderten Verlusten (486 gegenüber 549 Millionen Euro). Allerdings ging auch die Zahl der Beschäftigten um zwölf Prozent auf 10 089 zurück.

Vom diesjährigen Biotechnica-Partnerland Taiwan berichtete der dortige Repräsentant der Deutschen Messe, Dieter Neumann, die Branche werde sich zu einer strategischen Industrie entwickeln. Er verglich die Biotech-Entwicklung dort mit der der Computertechnik. Sie habe zu Beginn der Existenz der CeBit zu einem taiwanesischen Aussteller geführt; jetzt seien es 777 gewesen.

Eine bessere finanzielle Unterstützung der meist kleinen Biotech-Unternehmen mahnte Dr. Johan Vanhemelrijck an, Generalsekretär von EuropaBio, Brüssel. Es gebe in der EU und in den USA etwa gleichviel Biotech-Firmen. In Übersee arbeiteten aber doppelt

Eingeladen zur Eröffnungsfeier hat der Vorstand der Messe AG, Stephan Kühne (links), auch Arnold Schwarzenegger. Der Gouverneur Kaliforniens will jährlich eine Milliarde Dollar in die dort sowieso starke Biotechnik pumpen (Fotos: Kickuth).





Die Biotechnica findet in den Hallen 2 und 3 (18. - 20. 10.) statt.

soviel Mitarbeiter in den Firmen, stünde mehr Geld für Forschung und Entwicklung zur Verfügung.

Besonders gute Chancen der Biotechnik sieht Prof. Dr. Hans-Dieter Volk, Direktor des Instituts für medizinische Immunologie an der Berliner Charité derzeit in der regenerativen Medizin: „Sie wird kein so ein Flop wie die Gentherapie“, pointierte er. Als Beispiel nannte er die adaptive T-Zellen-Therapie. Dabei werden einem Patienten aus seinem Blut weiße Blutkörperchen (Lymphozyten) extrahiert, durch Kontakt mit einer Viruslösung konditioniert und dann wieder in den Blutkreislauf zurückgeführt. Ergebnis ist eine starke Immunantwort des Körpers auf den Virus (z.B. Epstein-Barr-Virus) und dem Verschwinden der Krankheit statt langer, unspezifischer und belastender Symptome. Als ein erstes Produkt regenerativer Medizin habe Genzyme etwas für den Knorpelerhalt im Portfolio. Bei Schering sei die Implantation von neuronalen Zellen in den Kopf als Mittel gegen die Parkinson-Krankheit im Zulassungsverfahren.

Von vorsichtigem Optimismus geprägt waren auch die Ausführungen von Axel Pohlücke, Unternehmensfinanzierer bei der DZ-Bank AG in Frankfurt. Seit dem vierten Quartal 2003 hätte es in den USA 40 und in Europa zwölf Biotech-Börsengänge (IPOs) gegeben. Jede Emission hätte im Schnitt einen Wert zwischen 40 und 80 Millionen Dollar. Trotz aller Firmenpleiten betrüge die Rendite der Biotech-Unternehmen im Durchschnitt acht Prozent. Allerdings benötigten Investoren Nerven: „Auch nach dem Börsengang vergehen fünf bis sechs Jahre, bis der Break even erreicht ist“, so der Finanzexperte.

Der Vorstandschef der Wilex AG, München, Prof. Dr. Olaf Wilhelm, zeigte Chancen der Biotechnik für die Krebsbekämpfung auf. Wo diese sich deutlich abzeichnen gibt es wohl auch Investorengelder. Die Wilex AG erhielt im Mai 30 Millionen Euro Wagniskapital (Venture Capital). Im Portfolio – und zwar in der letzten Phase der klinischen Entwicklung – haben die Münchener ein Medikament, eine Antikörper, gegen nicht metastasiertem Nierenkrebs, weltweit einzigartig. Die Marktzulassung erwartet man 2008.

Nahezu fehlendes Venture Capital in Japan beklagte Shinichi Tamura, CEO der Sosei Co. Ltd. und Berater der Osaka-Präfektur. Das hätte dazu geführt, dass seit 2003 nur acht IPOs der japanischen Biotech-Branche erfolgt seien. RK

Trendbarometer Förderungen

- Jährlich erkranken mehr als acht Millionen Menschen an **Tuberkulose**, weitere zwei Millionen sterben daran. In einem internationalem Projekt unter Leitung von Prof. Stefan H.E. Kaufmann, Max-Planck-Institut für Infektionsbiologie, sollen die molekularen Abwehrmechanismen, die für den Schutz gegen Tuberkulose verantwortlich sind, aufgeklärt werden; Förder-summe: 13 Mio. US-Dollar durch die **Bill & Melinda Gates-Stiftung**.
- Das Biotechnologieunternehmen Ars Arthro AG erhält 1,6 Millionen Euro vom **Bundesministerium für Bildung und Forschung**. Mit der Förderung aus dem BioProfile-Programm wird die Herstellung von **Bändern und Sehnen**, sowie die Entwicklung großflächiger **Gelenkknorpeltransplan-tate** auf der Basis autologer, nicht gesunder Zellen unterstützt. Projektpartner sind das Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB in Stuttgart und die BioTeSys GmbH aus Esslingen.
- Ziel des neuen EU-Projekts Nanosafe2 ist es, herauszufinden, ob **Nano-partikel** gesundheitsschädlich sein können. Auch das Forschungszentrum caesar (center of advanced european studies and research) beteiligt sich. Die **EU** stellt sieben Millionen Euro zur Verfügung. Den restlichen Anteil am Gesamtbudget von 12,4 Millionen Euro tragen die beteiligten Unternehmen. Insgesamt arbeiten 24 Forschungsinstitute und Universitäten, Industrieunternehmen und Start-up-Firmen aus sieben EU-Ländern zusammen.
- Mit 2,8 Millionen Euro unterstützt die **EU** ein Forschungsvorhaben am Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München (TUM) mit dem Ziel, eine neue **Technik für die Gentherapie** zu etablieren. Ein internationales Spezialistenteam mit 13 Arbeitsgruppen aus Europa, Israel und den USA entwickelt eine Methode, um Gene mithilfe von Nanopartikeln und Magnetfeldern in Körperzellen zu transportieren.
- Die **Landesstiftung Baden-Württemberg** stellt der Universität Freiburg aus ihren Stiftungsmitteln 350 000 Euro für ein neues Forschungsprogramm zur **RNA-Interferenz und regulatorischer RNA in Pflanzen** bereit. Mit dieser Technik kann man ganz gezielt und sehr wirksam die Aktivität von einzelnen Genen abschalten und dann die Effekte studieren. Das Förderprogramm zum Thema RNS/RNAi beträgt 2,5 Millionen Euro.
- Mit 250 000 Euro fördert das SMWK (**Sächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kunst**) aus EFRE-Mitteln (Europäischer Fonds für regionale Entwicklung) ein Kooperationsprojekt des Interdisziplinären Zentrums für Klinische Forschung (IZKF) Leipzig mit dem Zentrum für Mikrotechnologien der TU Chemnitz, das dem **Stoffwechsel adulter Stammzellen** mit Hilfe der NMR-Spektroskopie auf den Grund gehen will.
- Die **VolkswagenStiftung** bewilligt 10,2 Millionen Euro für die Einrichtung von **acht Lichtenberg-Professuren**. Im Bereich Chemie werden die W1-Lichtenberg-Professur für Dr. Jörg Steffen Hartig an der Universität Konstanz zum Thema: Switching RNA interference, Krankheitsgene gezielt abschalten und die W2-Lichtenberg-Professur für Privatdozent Dr. Georg Pohnert an der Universität Jena zum Thema Dynamic chemical defense reactions of algae: mechanisms and function gefördert.
- Der im Jahr 1999 an der Medizinischen Fakultät in Homburg eingerichtete Sonderforschungsbereich (SFB) „**Räumlich-zeitliche Interaktionen zellulärer Signalmoleküle**“ wird für weitere drei Jahre gefördert. Die **Deutsche Forschungsgemeinschaft** lässt bis 2008 jährlich rund 1,8 Millionen Euro in diesen Bereich fließen und finanziert damit unter anderem 32 hochqualifizierte Arbeitsplätze.
- Weltweit einzigartig ist das **Großkammer-Rasterelektronenmikroskop**, mit dem die Werkstoffwissenschaftler der Universität Erlangen-Nürnberg ab Frühjahr 2006 Bauteile auf winzigste Schäden untersuchen können. Das zwei Millionen Euro teure Gerät wurde in einer bundesweiten Ausschreibung der **Deutschen Forschungsgemeinschaft** (DFG) vergeben.

Buchangebote zur Besprechung

Einstein, Nanoelectronics, Klebetechnik ...

Liebe Leserinnen und Leser, wie schon im Januar dieses Jahres möchten wir Sie wieder zu Buchbesprechungen aufrufen. Suchen Sie in der Buchauswahl oder nennen Sie uns einen Titel, den Sie gerne bespre-

chen möchten. Wir lassen Ihnen kostenfrei das Buch zukommen. Dann lassen Sie uns bitte wissen, welchen Eindruck Sie von dem Buch haben, zum Beispiel von der Lesbarkeit, den Abbildungen oder dem Inhalt.

1. W. Adebahr, Th. Klindt (Editoren): Die neue Gefahrstoffverordnung 2005. Eine praxisnahe Arbeitshilfe für Betriebe und Behörden (Beuth Verlag GmbH, 2005).
2. Prof. Dr. D. Steinhilber, Prof. Dr. M. Schubert-Zsilavec, Prof. Dr. Dr. h.c. H. J. Roth: Medizinische Chemie. Targets und Arzneistoffe (Deutscher Apotheker Verlag Stuttgart, 2005).
3. J. Renn: Einsteins unvollendete Revolution. Die Entstehung der Relativitätstheorie (Wiley-VCH, 2005).
4. L. Koolman, K.-H. Röhm, E. Maser: Tabletten, Tropfen und Tinkturen (Wiley-VCH, 2005).
5. K. von Aretin: Wissenschaft erfolgreich kommunizieren (Wiley-VCH, 2005).
6. Y.-C. Ning: Structural Identification of Organic Compounds with Spectroscopic Techniques (Wiley-VCH, 2005).
7. G. Meyer, D. Naumann, L. Wesemann: Inorganic Chemistry Highlights II (Wiley-VCH, 2005).
8. R. Waser (Editor): Nanoelectronics and Information Technology (Wiley-VCH, 2005).
9. W. Brockmann: Klebetechnik. Klebstoffe, Anwendungen und Verfahren (Wiley-VCH, 2005).
10. I. Shaw: Is it Safe to Eat? Enjoy Eating and Minimize Food Risks (Springer-Verlag, 2005).
11. M. Reitz: Prinzip Uhr-Gen. Wie unser Altern programmiert ist (Hirzel Verlag, 2004).
12. Gefahrguttransport nach ADR/RID (CD-ROM und Nachschlagewerk. (Weka Media, 2005).
13. C. O. Kappe, A. Stadler: Microwaves in Organic and Medicinal Chemistry. Methods and Principles in Medicinal Chemistry (Wiley-VCH, 2005).
14. J. D. Sipe (Editor): Amyloid Proteins. The Beta Sheet Conformation and Disease (Wiley-VCH, 2005).
15. E. Klipp, R. Herwig, A. Kowald, C. Wierling, H. Lehrach: Systems Biology in Practice. Concepts, Implementation and Application (Wiley-VCH, 2005).
16. DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: Statistik. Probenahme und Annahmestichprobenprüfung (Beuth Verlag GmbH, 2005).
17. Concept Heidelberg: GMP-/FDA-Compliance in der Biotechnology (Editio Cantor Verlag, 2005).

Unser Immunsystem – Schutzschild und Arzneistoff-Target

Angelika Vollmar, Theodor Dingermann: Immunologie. Grundlagen und Wirkstoffe; 456 Seiten, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart 2005; ISBN 3-8047-2189-3; 56,- Euro.

Arzneistoffe beeinflussen unser Immunsystem auf vielfältige Weise, als Stimulanzien oder als Suppressiva. Es gibt zwar schon einige exzellente Lehrbücher der Immunologie, aber es fehlte bisher ein Lehrbuch, das die Immunologie und Arzneimittel in einen Kontext stellt. Diese Lücke soll mit diesem Buch gefüllt werden.

Die Immunologie wird hier in einer Komplexität dargestellt, die erforderlich, aber auch ausreichend ist, um Arzneimittel hinsichtlich Wirkungen und Nebenwirkungen verstehen zu können, die mit Komponenten unseres Immunsystem, gewollt oder ungewollt, in Wechselwirkung treten.

Im ersten Teil „Grundlagen der Immunologie“ werden die Besonderheiten der angeborenen und der erworbenen Immunität, die Reaktionen des Systems auf die wichtigsten Krankheitserreger sowie ein Basiswissen zur Immunpathologie und die daraus folgenden Konsequenzen für verschiedene Interventionsstrategien vermittelt. Im zweiten Teil „Immuntherapeutika“ werden Wirkstoffe besprochen, die die Homöostase unseres Immunsystems beeinflussen, darunter Immunsuppressiva,

Immunstimulanzien, Impfstoffe, Seren und Immunglobuline, therapeutische Antikörper und Antikörpervarianten sowie Antiallergika. Im dritten Teil geht es um einige wichtige immunologische Methoden, die sowohl diagnostische Bedeutung

besitzen als auch in der immunologischen Forschung relevant sind. Ergänzt von einem ausführlichen Abkürzungs- und einem Stichwortverzeichnis, werden die Themen des Buches verständlich und detailliert dargestellt, unterstützt durch zahlreiche Abbildungen und Tabellen. Die Autoren sprechen vor allem Pharmazeuten und Mediziner, aber auch Biologen, Chemiker und Biochemiker an. Das Buch füllt eine Lücke für alle an der Immunologie interessierten Praktiker und Theoretiker. CS



Transkriptionsstudien mit ausgereifter Methodik

Molekularbiologen der University of Birmingham kooperieren mit OGT Services für die Entwicklung von high density microarrays, um bakterielle master-Regulator-Transkriptionsfaktoren zu lokalisieren. OGT Services hat einen Chromatin Immunopräzipitation (ChIP) Array entwickelt, mit Sonden, die nur 100 Basen voneinander entfernt sind, um mit hoher Präzision herauszufinden, wo Transkriptionsfaktoren an ihr Ziel binden.

„Wir interessieren uns für den Mechanismus, der es dem Transkriptionsfaktor ermöglicht, an sein Ziel zu binden und die Genexpression auszulösen. Die Frage ist, wie viele Zielregionen hat

ein master-Regulator? Transkriptions-Experimente können nicht zwischen direkten und indirekten Effekten des master-Regulators unterscheiden, deshalb mussten wir eine andere Technik entwickeln, die es uns erlaubt, einen Blick auf die Verteilung der Regulatoren in der Zelle zu werfen,“ erklärt Prof Steve Busby FRS, Principal Investigator an der University's School of Biosciences.

„Wir schätzen die Zusammenarbeit mit OGT Services sehr, weil uns die ChIP-on-chip Methode zeigt, wo die Transkriptionsfaktoren binden, getrennt vom ausgelösten Effekt. Diese Technik bedeutet für uns einen großen

Fortschritt bei der Analyse des E. coli Genoms.“

OGT Services
Yarnton, Oxford, OX5 1pf, UK
Tel +44 (0)1865 856 352
Fax +44 (0) 1865 842 116
www.ogt.co.uk



Technik von Applied Biosystems hilft Lachspopulation

Assays und Instrumente von Applied Biosystems werden vom Alaska Department of Fish and Game eingesetzt, um im Rahmen eines multinationalen Genotypisierungsprojektes wilde Lachspopulationen im Pazifischen Ozean zu beobachten. Der Rückgang der Lachspopulation in diesem Gebiet bedroht nicht nur die regionale Ökonomie, sondern gibt auch wertvolle Hinweise auf potenzielle Probleme im globalen Ökosystem. Mit einem kleinen Flossenstück als DNA-Probe, benutzen die Forscher den 3730 DNA Analyzer, TaqMan SNP Genotyping Assays und Real-Time PCR Systeme für die Sequenzierung und Genotypisierung der Lachs-DNA, um so SNPs als genetische Marker in Populationsstudien zu identifizieren.

Die Anwendung des SNP genotyping stellt einen Fortschritt für dieses Naturschutzprojekt dar. Durch die Erforschung der Migrationswege, der Vermischung von Populationen und der Risikofaktoren für diese ökonomisch wichtige Spezies hoffen die Forscher, die Auswirkungen des Klimawandels und der Fischfang-Praktiken besser zu verstehen.

Applied Biosystems
Warrington, WA3 7QH, UK
Tel +44 (0) 1925 825650
Fax +44 (0) 1925 282502
<http://europe.appliedbiosystems.com>



UV-Klebstoff für Einwegspritzen

Der UV-Klebstoff P Bond UV-ME 5040 wird zum Verkleben von medizinischen Einwegspritzen eingesetzt. Insbesondere seine Fluoreszenz unter UV-Bestrahlung erleichtert die Qualitätssicherung in der Produktion. Der Klebstoff ist niederviskos und härtet sehr schnell unter UV-Bestrahlung im Wellenlängenbereich von 350-420 nm. Das Material ist gut beständig gegen ETO- und Gamma-Sterilisation. Dieser hochwertige Klebstoff gehört zur Produktpalette der Polytec-PT GmbH Polymere Technologien. Mehr Informationen hierzu und über die übrigen Produkte unter: www.polytec-pt.de.



Polytec GmbH
76337 Waldbronn
Tel 07243 604 0
Fax 07243 69944
www.polytec.de

Umkehrosmose-Anlagen für Reinwasser, Spülwasser, Prozesswasser

Als Kesselspeisewasser, als Reinwasser zur Spülung beziehungsweise Reinigung oder als Produktionswasser ist entsalztes Trinkwasser in vielen Prozessen unverzichtbar. Zum Herstellen des benötigten Wassers sind Umkehrosmose-Anlagen in der Metall verarbeitenden

und Lebensmittelindustrie, in der Galvanik, in Labors oder bei Betreibern von Fahrzeug-Waschstraßen bewährt.

Die neuen Anlagen der Baureihe Dulcosmose ecoPRO des Heidelberger Systemanbieters ProMinent sind mit einer neuen Generation von Niederdruckmembranen ausgestattet. Die neueste Generation dieser Ultra low pressure-Membranen ermöglicht den Betrieb mit wesentlich niedrigerem Druck bei entsprechend reduzierten Betriebskosten. Die Qualität und die Ausstattung mit langlebigen, hochwertigen Komponenten und der servicefreundliche Aufbau der Anlagen vereinfachen die Wartung. Die Bedienung gestaltet sich einfach und sicher. Die von ProMinent entwickelte Mikroprozessor-Steuerung bietet eine integrierte Leitfähigkeitsmessung und komfortable Klartextanzeige im Grafikdisplay.

Mit den elektronischen Features steht die Möglichkeit offen, die Umkehrosmoseanlage in eine komplette Wasseraufbereitungslösung einzubinden.

Nutzer wählen unter 12 Typen der ecoPRO je nach der benötigten Permeatleistung von 100 l/h zum Beispiel in Labors bis zu 2700 l/h für größere Industrieanlagen. Entsprechend der gewählten Leistung differieren die Anzahl der Membranen zwischen 1 und 9, die elektrischen Anschlusswerte zwischen 0,37 und 2,2 kW. Je nach Größe werden die Anlagen mit einem Gestell aus Polypropylen (PP) oder aus Edelstahl geliefert.



ProMinent
69123 Heidelberg,
Tel 06221 842 209
Fax 06221 842 432
www.prominent.de

Steuerchip Für Magnetventile

Mit dem neu entwickelten Steuerchip für Magnetventile CoolCube, den Bio-Chem Valve Inc. für Omnifit Ltd. produziert hat, können Entwickler von OEM-Instrumenten Magnetventile mit Überspannungen erregen. Die Vorteile: kürzere Reaktionszeiten des Ventils, höherer Betriebsdruck und die Möglichkeit, größere Schläuche in Quetschventilen einzusetzen. Ein weiterer Vorteil: Magnete werden durch kurzzeitiges Anlegen einer

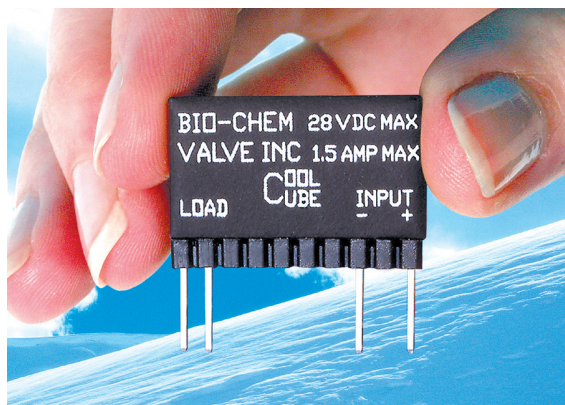
hohen Spannung erregt, ohne dabei übermäßige Wärme an der Spule zu erzeugen oder übermäßig viel Leistung zu verbrauchen.

Der CoolCube senkt die Spannung automatisch nach 110 Millisekunden auf 1/3 der Eingangsspannung. Auf diese Weise kann der Magnet mit einer Überspannung erregt werden, ohne Schäden zu verursachen. Ein Magnetventil, das für eine Nennleistung von 12 V DC ausgelegt ist, kann also zum Beispiel mit einer Spannung von 24 V DC erregt werden, die Reaktionszeit des Ventils kann um bis zu 60% verringert werden, Betriebsdruck, Ventildurchfluss und Ventilhub können erhöht werden und es können größere Schläuche in der gleichen einfachen Quetschventil-Konstruktion zum Einsatz kommen.

Bei einer Installation zwischen Ventil und Stromversorgung bietet der kompakte CoolCube auch

eine innovative Möglichkeit zum Abwärtstransformieren der Spannung. An einen Magneten kann 110 Millisekunden lang die volle Spannung angelegt werden und anschließend können Spannung und Strom soweit abwärtstransformiert werden, dass der Magnet noch erregt bleibt. Dadurch werden Leistungsverbrauch und Wärmeerzeugung minimiert. Wenn der Strom unterbrochen wird, schaltet sich das Ventil sofort aus, ganz so, als ob der CoolCube sich nicht im System befindet.

Der CoolCube misst nur 25,5 x 16,5 x 4 mm. Er kann entweder an 12 oder 24 V DC angeschlossen werden.



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

Torque-Magnetometer zur Messung der magnetischen Anisotropie

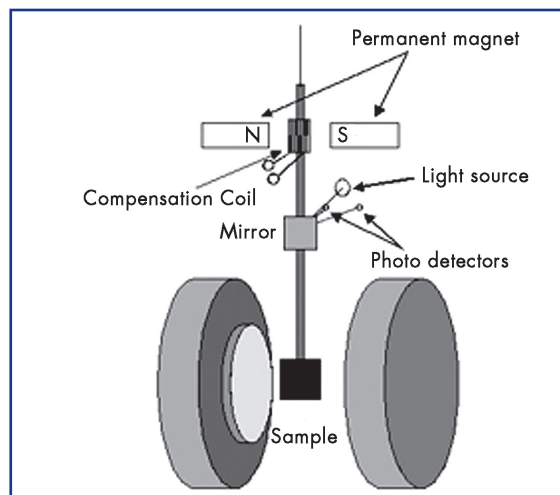
Torque-Magnetometer basieren auf dem Prinzip, dass auf eine magnetische Probe in einem äußeren Magnetfeld ein Drehmoment $T = M \times B$ ausgeübt wird. Dabei hängt der Betrag des Drehmomentes T neben der Magnetfeldstärke B lediglich von der senkrechten Komponente des Magnetisierungsvektors M in Bezug auf das äußere Feld B ab. Orientiert man die Probe schrittweise in verschiedenen Winkeln zum äußeren Magnetfeld, kann durch die Messung des Drehmoments die magnetische Anisotropie der Probe mit sehr hoher Empfindlichkeit bestimmt werden.

Zur Messung des Drehmomentes wird die Probe üblicherweise an einem dünnen Torsionsfaden hängend zwischen die Polschuhe eines Elektromagneten gebracht. Am oberen Ende des Probenhalters befindet sich eine Kompensationspule, die sich zwischen den Polen eines Permanentmagneten bekannter Feldstärke befindet. Das auf die Probe ausgeübte Drehmoment kann nun dadurch kompensiert

werden, dass in der Kompensationspule ein entsprechendes Gegenmoment induziert wird. Der dafür notwendige Strom ist dabei zum Drehmoment proportional. Die Regelung des Stromes der Kompensationspule erfolgt über einen PID-Regler, dessen Regelsignal mit Hilfe eines kleinen Spiegels, einer Lichtquelle und zwei Fotodioden erzeugt wird. Der Strom wird nun so eingestellt, dass sich die entgegengesetzten Drehmomente exakt aufheben.

Als Besonderheit bei den Torque-Magnetometern von ADE Technologies wurde der sehr dünne Torsionsfaden, der bei einem Probenwechsel leicht abgerissen werden kann, durch einen stabilen Probenhalterstab und ein praktisch reibungsfreies Luftlager ersetzt. Der Probenwechsel wird dadurch sehr einfach.

Die Torque-Magnetometer-Option von ADE Technologies besteht aus einem Torque-Messkopf mit Sensor, einer Messelektronik und einem Rotationsmechanismus, der



die Probe schrittweise im Feld des Elektromagneten dreht. Es können alle VSM-Geräte der EV-Bauserie mit der Torque-Option aus- oder nachgerüstet werden.

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

Folie mit antimikrobiellem Schutz: Vernichtung von MRSA

Autotex AM, die neue hartbeschichtete Polyesterfolie von Autotype International mit dem antimikrobiellen Schutz "Microban" wurde einer ausführlichen Prüfung durch eine der führenden unabhängigen, analytischen Prüfinstitutionen Grossbritanniens, den Law Laboratories Ltd (LawLabs), unterzogen. Diese Institution untersuchte die antimikrobiellen Eigenschaften des neuen Substrats an einer Anzahl von schädlichen Bakterien, einschließlich MRSA und E. Coli 0157. Die Folie zeigte eine Erfolgsrate von mehr als 99 % bei der Vernichtung beider Bakterienarten.

Unter Einsatz von Standard-Testprotokollen, die Reinigungssysteme des realen Lebens simulierten, untersuchte LawLabs Autotex AM über einen Zeitraum, der eine Verwendung von 15 Jahren simuliert. Die Tests wurden auf verschie-

denartigen Proben ausgeführt, einschließlich nicht bearbeiteter Proben, die direkt aus der Fertigungsanlage kamen, sowie Proben, die simuliertem Grafikdruck unterzogen wurden, wie Durchlauf durch Düsentrockner, Schmelz-UV-Durchläufe und Durchläufe unter IR-Lampen.

Außerdem wurden die Folienmuster Prüfungen unterzogen, um extreme Oberflächenabnutzungen zu simulieren. Dabei wurde die Struktur mit Schleifpapier entfernt und die Oberfläche mit Drahtwolle poliert, bis sie glatt war. Schließlich wurden Folienmuster um 20 % in die MD- und TD-Richtung gedehnt, um das Prägeverfahren zu simulieren. Die Folie eignet sich für beliebige Oberflächenanwendungen, wie Membrantastaturen, Armaturenbretter, Wandschoner, Regal- und Tischplatten.



Autotype Ltd
Wantage GB, Oxon OX12 7BZ UK
Tel + 44 (0) 1235 771 111
Fax + 44 (0) 1235 771 196
www.autotype.com

ANALYSEN

Analytische Laboratorien

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

Ilse Beetz

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

ARBEITSSCHUTZARTIKEL



Roth GmbH + Co. KG

Postfach 10 01 21
D-76231 Karlsruhe
Tel. 0721 56060

BSB-BESTIMMUNG

WTW, Weilheim

Tel. 0881 183-0 Fax 0881 62539

CHEMIKALIEN



Roth GmbH + Co. KG

Postfach 10 01 21
D-76231 Karlsruhe
Tel. 0721 56060

GERBU

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

DEUTERIUMLAMPEN



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

DICHTUNGSSCHEIBEN AUS GUMMI MIT AUFVULKANISierter PTFE-FOLIE

GUMMI WÖHLEKE GmbH

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

FTIR-SPEKTROMETER-ZUBEHÖR



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

GEFRIERTROCKNER

Zirbus technology

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

GEFRIERTROCKNUNGSANLAGEN



Martin Christ GmbH

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



Steris GmbH

Kalscheurer Str. 92
D-50354 Hürth/Germany
Tel. 02233 6999-0
Fax 02233 6999-10

HOHLKATHODENLAMPEN



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

KÜHL- UND TIEFKÜHLGERÄTE



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



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

KÜVETTEN

Hellma GmbH & Co. KG

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

LABORCHEMIKALIEN



Roth GmbH + Co. KG

Postfach 10 01 21
D-76231 Karlsruhe
Tel. 0721 56060

LABOREINRICHTUNGEN

Köttermann GmbH & Co KG

Industriestr. 2-10
D-31311 Uetze/Hänigsen
Tel. 05147 976-0 Fax 05147 976-844
www.koettermann.com, info@koettermann.de

Wesemann GmbH & Co. KG

Postfach 1461, D-28848 Syke
Tel. 04242 594-0, Fax 04242 594-222
http://www.wesemann.com

LABORHILFSMITTEL



Roth GmbH + Co. KG

Postfach 10 01 21
D-76231 Karlsruhe
Tel. 0721 56060

LABOR-SCHLÄUCHE UND -STOPFEN AUS GUMMI

GUMMI WÖHLEKE GmbH

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

LABORZENTRIFUGEN, KÜHLZENTRIFUGEN



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



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



Sigma Laborzentrifugen GmbH

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

LEITFÄHIGKEITS-MESSGERÄTE



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

LEITFÄHIGKEITSMESSUNG

WTW, Weilheim

Tel. 0881 183-0, Fax 0881 62539

MIKROSKOPE



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

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

OLYMPUS OPTICAL CO. (EUROPA) GMBH

Produktgruppe Mikroskope
Wendenstr. 14-18
D-20097 Hamburg
Tel. 040 237730
Fax 040 230817
email: microscopy@olympus-europa.com

OPTISCHE TAUCHSONDEN

Hellma GmbH & Co. KG

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

PARTIKELANALYSE



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**

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

REINIGUNGSMITTEL FÜR LABORGLAS



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

SAUERSTOFF-MESSGERÄTE



**HANNA
instruments
Deutschland GmbH**

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

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**

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

VAKUUMKONZENTRATOREN

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

Große Anzei-
gen zu teuer?
Hier kostet ein
Eintrag nur 4,50
Euro pro Zeile,
ein Millimeter
pro Spalte 2,25
Euro!

FUTUREPHASE LAB

FWUUP

IN TONSCHICHTEN
GIBT ES KOMPLEXE
STRUKTUREN.

VIELLEICHT ZUSAMMEN MIT
MOLEKÜLEN AUS DEM ALL
GAB ES ERSTE EIN-
HEITEN, DIE SICH
VERVIELFÄLTIGTEN.

BSINGG

UND JETZT SCHALTEN WIR
UM AUF LINKSPOLARISATION!

KOMM, WIR TAUSCHEN DNA

UMWELTVERÄNDERUNGEN
FÜHRTEN ZU SEX.
DAMIT KONNTEN DIE
ZELLEN SICH SCHNELLER
ANPASSEN

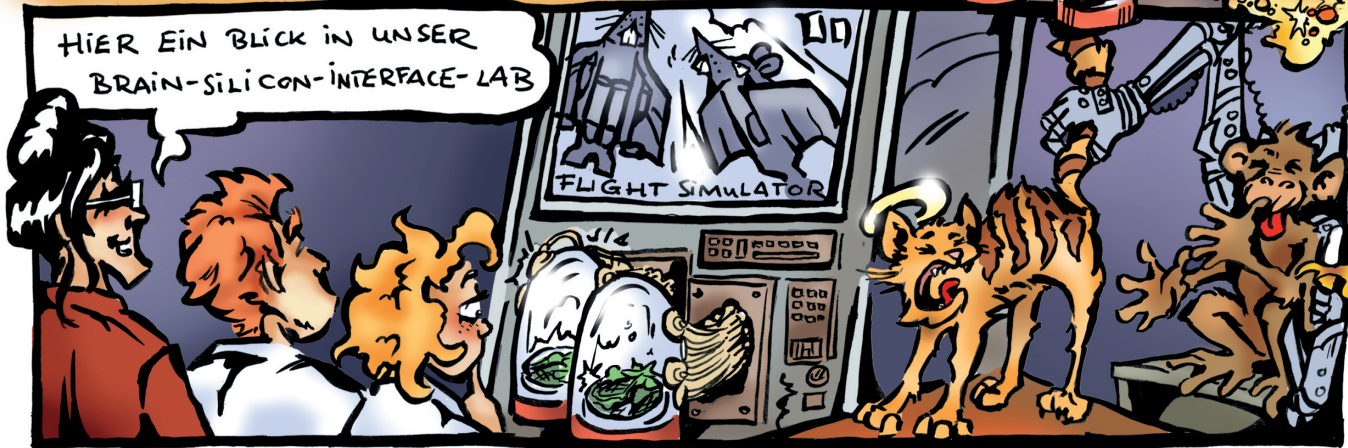
... UND MACHEN
KINDER, DIE FIT IN
DER SONNE SIND!

WENN WIR UNS ZUSAMMENTUN,
KANN JEDER SEINER LIEBLINGS-
BESCHÄFTIGUNG NACHGEHEN!

KLAPPT
DOCH
GUT!

DANN GAB ES
SPEZIALISIERUNGEN

... DIE ZU LEISTUNGSFÄHIGEN ORGA-
NISMEN MIT BILLIONEN VON ZELLEN FÜHRTEN



CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

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 (Firmenabos nach Staffelpreis; siehe www.clb.de).

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

Die beliebten Fragen aus dem CLB-Memory gibt es bald auch als Buch (ca. 230 Seiten mit ca. 80 Abbildungen; ISBN 3-9810449-0-8). Hier stehen Antworten und ausführliche Erläuterungen dazu. Die Themen werden zudem durch einen geschichtlichen Rückblick und Randinformationen in einen Gesamtzusammenhang eingeordnet. Karikaturen von Ans de Bruin lockern die harte Arbeit beim Lösen der Fragen auf.

Preis je Buch: 24,50 Euro incl. MWSt. und Versand.

Umsonst gibt es das Buch, wenn Sie unser

Preisrätsel auf Seite 279

richtig lösen und mit etwas Glück an der Verlosung von zehn Büchern teilnehmen!

Ein CLB-Abo und das CLB-Buch sind auch ideale Geschenke für den Nachwuchs in Ausbildung als Biologie- oder Chemielaborant/in bzw. als Teilnehmer/in eines naturwissenschaftlichen Bachelor-Studiengangs!

Abo-Bestellcoupon

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

Datum / 1. Unterschrift

Name / Vorname

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

Straße / Postfach

Land / PLZ / Ort

Datum / 2. Unterschrift

Telefon oder e-Mail

CLB

Alles Repetitio – oder was???

fragt der Bachelor den Laboranten



Maren Bulmahn • Rolf Kickuth