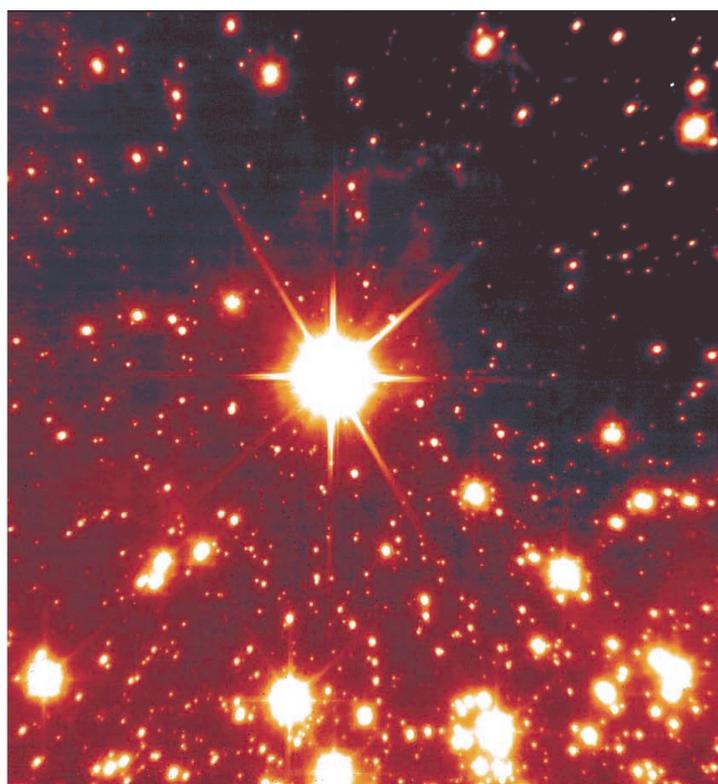
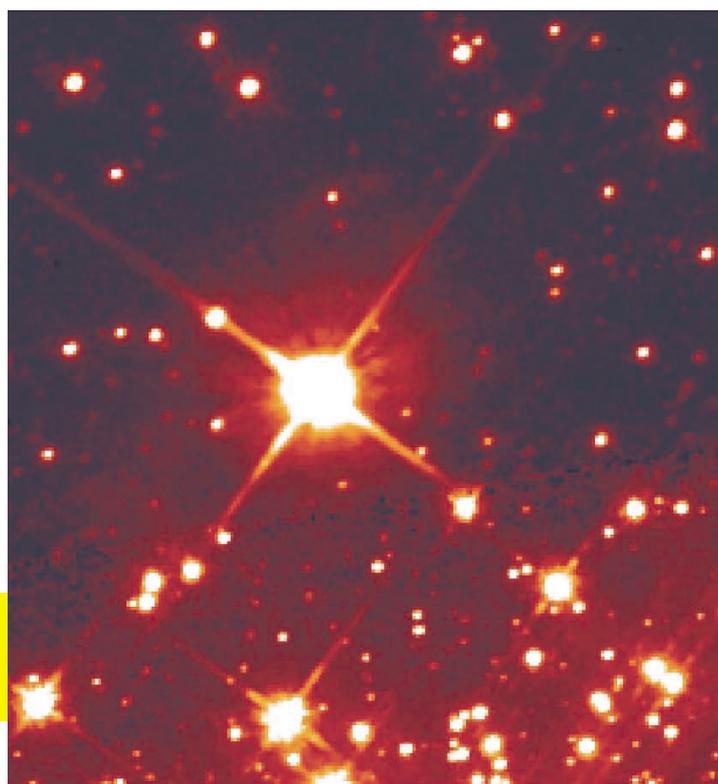


CLB

CHEMIE IN LABOR UND BIOTECHNIK

12
2001



Proteinanalytik

Frauen in der Wissenschaft

Ionische Flüssigkeiten

Werner Heisenberg

Chemische Elemente in Sternen

100 Jahre Umweltschutz

Rubikon

Agentur und Verlag
für technische und
wissenschaftliche Fachinformation

- Zeitschriften
- Broschüren
- Korrespondenzen

verständlich über
technische und wissenschaftliche
Themen im Zusammenspiel mit
Wirtschaft, Umwelt
und Gesellschaft

in Eigenproduktion
und Auftragsarbeit

www.rubikon.de

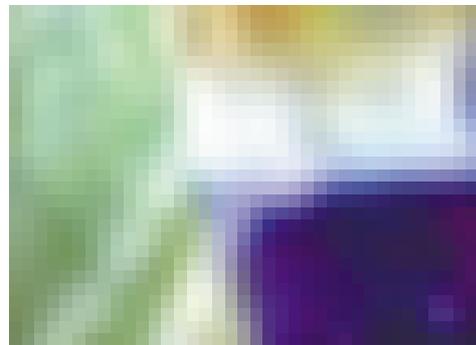


Wir helfen
bei Ihrer
Kommunikations-
aufgabe !

Preisausschreiben Ausschnitt aus??

Liebe Leser,

hier sehen Sie einen Ausschnitt aus einem Foto, das in dieser Ausgabe der CLB abgebildet ist. Wenn Sie uns die Seitenzahl des Ursprungsfotos nennen und zusätzlich sagen, welche Information aus dieser CLB Ihnen besonders wichtig war – sei es ein Fachartikel, ein Umschau-Artikel, eine Firmenpräsentation oder eine Produktvorstellung, dann nehmen Sie an der Verlosung von zwei Flaschen eines ausgesuchten Rotweins teil. Er stammt aus Südafrika, ist erdig-schwer, und zufällig trägt er einen Namen, der dem unseres kleinen Verlags mit Ausnahme einer Schreibweisen-Differenz gleicht. Es ist ein Wein, den man auch auf Grund seines Preises nicht jeden Tag trinkt.



Auf welcher Seite befindet sich das Foto, dem dieser Ausschnitt entnommen worden ist?

Einsendungen mit der richtigen Antwort und einem Hinweis auf die interessanteste Information aus dieser CLB nehmen an der Verlosung des Rubikon-Weines (siehe nebenstehendes Bild) teil, wenn sie bis zum Freitag, den **14. Januar 2002** die Redaktion erreichen (Brief, Fax oder e-Mail; siehe Impressum). Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.

Die Lösung des Preisausschreibens aus der November-Ausgabe der CLB war: Seite 429.

Die Gewinner sind:
Dr. Volker Butz, Speyer;
Andrea Giese, Lübeck

Herzlichen Glückwunsch!

Besonders sachlich, informativ und verständlich fanden die meisten Leser den Artikel über Detektoren für chemische Kampfstoffe, aber auch die Bioinformatik-Artikel sowie den Artikel über die Entwicklung von der X-Strahlung zur Röntgenspektrometrie (100 Jahre Nobelpreis).



Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,

kaum habe ich mich über ein interessantes Titelbild gefreut – das zudem gut in die Weihnachtszeit passt –, da finde ich die Abbildungen auch schon im „Focus“ vom 10. Dezember. Nicht nur aus guter Nachbarschaft zu den „Conica“-Entwicklern (das MPI für Astronomie in Heidelberg liegt in Fußentfernung zur Redaktion der CLB) habe ich das Titelbild dennoch belassen, zeigt es doch beispielhaft, wie unterschiedlichste Herangehensweisen an Aufgabenstellungen zum Erfolg führen können. Gerade bei Themen wie der Stammzellenforschung (CLB 7/2001) sollte man dies berücksichtigen.

Andere Beiträge in diesem Heft zeigen ebenfalls, wie man durch „Denken um die Ecke herum“ zu vorteilhaften Entwicklungen gelangen kann. Wasser oder Alkohol mögen sich intuitiv als Lösungsmittel aufdrängen; ionische Flüssigkeiten bieten Vorteile (Artikel Seite 457). Der Artikel weckt sicherlich Assoziationen an integrierten Umweltschutz. Hat man früher versucht, Schadstoffe von der Umwelt fern zu halten – oder musste man sie sogar entfernen, lässt man sie heute gar nicht mehr entstehen. Und dies geht oft einher mit verfahrenstechnischen, also auch ökonomischen Vorteilen. Dass Umweltschutzdenken heute auch Kommunikation mit einbezieht, beschreibt der Artikel „Hundert Jahre Umweltschutz bei Bayer“.

Etwa 30 Prozent der CLB-Leserschaft sind Frauen. Ein etwas anderes Denken über ihre Entfaltungsmöglichkeiten in der Wissenschaft öffnet ebenfalls neue Türen. Die Notwendigkeit dazu, aber auch die Chancen daraus beleuchtet der Artikel von Dr. Uta Neubauer (Seite 453). Die CLB-Redaktion jedenfalls ergreift eine solche Chance: Im nächsten Jahr wird unser Team durch eine neue Redakteurin verstärkt. Die Ausrichtung der Zeitschrift kennt sie sehr gut als langjährige Leserin und von ihrer Arbeit zunächst als chemisch-technische Assistentin bis hin zur promovierten Chemikerin in der Industrie.

Ich wünsche Ihnen allen auch, dass das kommende Jahr viel Positives für Sie bereit hält. Mit diesem Wunsch und dem für ein frohes, besinnliches Weihnachtsfest verbleibt

Ihr



Impressum

CLB
Chemie in Labor und Biotechnik

Verlag:

Agentur & Verlag Rubikon
für technische und wissenschaftliche Fachinformation
Rolf Kickuth

Anschrift:

CLB, Agentur & Verlag Rubikon
Bammentaler Straße 6–8
69251 Gaiberg bei Heidelberg
Deutschland
E-Mail: redaktion@clb.de

Herausgeber:

Dr. Dr. U. Fitzner, Düsseldorf · Prof. Dr. W. Fresenius, Taunusstein ·
Prof. Dr. K.-H. Koch, Dortmund · Prof. Dr. G. Kreysa, Frankfurt · Priv.
Doz. Dr. H.-M. Kuß, Duisburg · Prof. Dr. Georg Schwedt, Clausthal-Zel-
lerfeld · Prof. Dr. G. Weichbrodt, Aalen · Prof. Dr. G. Werner, Leipzig.

Redaktion:

Rolf Kickuth (verantwortlich; E-Mail: kickuth@clb.de), Susanne Knuth
Telefon (0 62 23) 97 07 43, Fax (0 62 23) 97 07 41

Redaktion CLB-Memory:

Reinhold Ellmer, Am Kornfeld 49, 58239 Schwerte
Telefon (0 23 04) 8 18 54, Fax (0 23 04) 8 32 71

Ständige Mitarbeiter:

Dr. Mechthild Kässer, Diekholzen; Prof. Dr. Erika Krakovská, Kosice;
Hans Dietrich Martin, Köln; Dr. Ognian Serafimov, Konstanz; Dr. Hans-
Heinrich Vogt, Alzenau; Jürgen Wagner, Weinheim; Hans-G. Winkler,
Meyenfeld; Dr. Röbbbe Wünschiers, Uppsala.

VBTA-Verbandsmitteilungen:

Thomas Wittling, Raiffeisenstraße 41, 86420 Diedorf,
Telefon (08 21) 3 27-23 30, Fax (08 33 8) 96 48 50

Anzeigenberatung: Lutz Krampitz

Am Schützenhaus 8, 47055 Duisburg
Telefon (02 03) 73 85-1 64, Fax (02 03) 73 85-1 65
E-Mail: anzeigen@clb.de

Abonnenbetreuer: Natalia Khilian

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

Layout und Satz: Agentur & Verlag Rubikon

Druck: Printec Offset, Ochshäuser Straße 45, 34123 Kassel

CLB erscheint monatlich.

Bezugspreise:

CLB Chemie in Labor und Biotechnik mit der Beilage „CLB-MEMORY“.
Einzelheft – außerhalb des Abonnements – DM 13,50, im Abonnement
jährlich DM 138,- zuzüglich Versandkosten; ermäßigter Preis für
Schüler, Studenten und Auszubildende (nur gegen Vorlage der Be-
scheinigung) jährlich DM 111,60 zuzüglich Versandkosten, inkl. 7%
MwSt. Ausland auf Anfrage. Bezug durch den Buchhandel und den
Verlag. Das Abonnement verlängert sich jeweils um ein weiteres Jahr,
falls nicht 8 Wochen vor Ende des Bezugsjahres Kündigung erfolgt.
Erfüllungsort ist Heidelberg. Mitglieder des VDC sowie des VBTA er-
halten CLB zu Sonderkonditionen.

Anzeigenpreisliste:

Nr. 41 vom 1.3.2001. Bei Nichterscheinen infolge Streiks oder Störung
durch höhere Gewalt besteht kein Anspruch auf Lieferung.

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbil-
dungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb
der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung
des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervi-
elfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeiche-
rung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Für die Rückgabe unverlangt eingesandter Buchbesprechungsexem-
plare kann keinerlei Gewähr übernommen werden.

ISSN 0943-6677



EDITORIAL

AUFSÄTZE

Seite
444

GPC von Proteinen und Immunglobulinen II Umfangreiche strukturelle Daten in einer einzigen Untersuchung

Dr. Christian Dauwe, Dr. Günter Reinhold, Mainz

In der Proteomforschung sind GPC-Untersuchungen von Proteinen ein wichtiger Baustein. Diese GPC-Untersuchungen werden in gepufferten wässrigen Eluenten wie auch in wässrig-organischen (verdampfenden) Eluentenmischungen durchgeführt. Hier präsentieren wir Neuentwicklungen von Protein-GPC-Trennungen in vollständig verdampfenden wässrig-organischen Eluenten. Vorteile liegen in der Gewinnung umfangreicher struktureller Daten in einer einzigen Untersuchung. Die Peakposition im GPC-Eluogramm beschreibt die molekulare Größe des Proteins im Eluenten, die vollständige Verdampfbarkeit des Eluenten erlaubt die Kopplung der GPC-Untersuchung mit modernen massenspektroskopischen Methoden. Diese neue Analysenmethode erschließt somit umfangreiche neue Einsatzfelder, insbesondere für die Proteomforschung.

Seite
450

Chemie und Philatelie Werner Heisenberg

Hans-Günther Winkler, Meyenfeld

„Für die Begründung der Quantenmechanik, deren Anwendung zur Entdeckung der allotropen Formen des Wasserstoffs geführt hat“, wird Werner Heisenberg, Professor der theoretischen Physik an der Universität Leipzig, 1932 der Nobelpreis für Physik verliehen. Damit wurde ein Wissenschaftler geehrt, der bereits in jungen Jahren auf dem Gebiet der theoretischen Physik Berühmtheit erlangt hatte.

Seite
453

Frauen in der Wissenschaft Hürden auf dem Weg nach oben

Dr. Uta Neubauer, Frankfurt am Main

Vorbei sind die Zeiten, als Frauen die Universitäten gar nicht oder nur durch den Hintereingang betreten durften. Studieren ist für sie heute ebenso selbstverständlich wie für Männer, eine Karriere in der Wissenschaft hingegen nicht. Was verhindert den Aufstieg der Frauen?

Seite
457 **Ionische Flüssigkeiten**
Effektivere Synthese

Dr. Mechthild Kässer, Diekholzen

Für die meisten chemischen Umsetzungen ist es vorteilhaft, die Ausgangsstoffe in gelöster Form zu verwenden, da sie dann in feinsten Verteilung vorliegen und besonders reaktionsfreudig sind. Als Lösungsmittel geeignet ist grundsätzlich jedes flüssige Medium. In der Praxis werden fast ausschließlich wässrige bzw. organische Lösungsmittel verwendet. Der Einsatz ionischer Flüssigkeiten könnte den Verbrauch an organischen Lösungsmitteln und Katalysatoren deutlich einschränken und die Effektivität chemischer Syntheseverfahren steigern.

RUBRIKEN

- 442 **IMPRESSUM**
- 449 **TERMINE**
- 469 **LITERATUR**
- 470 **SOFTWARE**
- 471 **WIRTSCHAFT**
- 473 **FORSCHUNG UND TECHNIK**
- 476 **NEUE PRODUKTE**
- 479 **BEZUGSQUELLEN-VERZEICHNIS**

Titelbild

Das Titelbild zeigt einen Vergleich von astronomischen Aufnahmen desselben Sternengebiets mit unterschiedlichen Instrumenten. Das linke Bild wurde vom Weltraumteleskop Hubble aufgenommen, das rechte mit der Infrarotkamera „Conica“, montiert am „Very Large Telescope“ der Europäischen Südsternwarte in Chile. U.a. durch eine adaptive Optik ist die Aufnahme der 20 000 Lichtjahre entfernten Weltraumregion (NGC 3603) im Sternbild Carina mittels Conica erheblich schärfer als die des Weltraumteleskops (Bild links: Wide Field Planetary Camera 2, Hubble-Teleskop, NASA; Bild rechts: Conica, ESO); siehe Artikel Seite 468.

UMSCHAU

- 461 **Arbeiten im Park: Gemeinsam die Infrastruktur vorteilhaft nutzen**
- 463 **Thema „From Genomes to Cures“ schafft Ausbildungsfragen: Strukturierungspläne für naturwissenschaftlichen Unterricht**
- 464 **Hundert Jahre Umweltschutz bei Bayer: Verantwortlich handeln – nachhaltig wirtschaften**
- 467 **Entstehung der Elemente in Sternen: Millionen Jahre in Tagen messen**
- 467 **Panasonic nutzt blaues Laserlicht für Super-DVD: 50 Gigabyte Speicherplatz**
- 468 **Adaptive Optik: Erdgerät schlägt Raumkamera**



Bayer ist es gelungen, bis 2000 den Ausstoss der Treibhausgase um ein Drittel zu vermindern und plant bis 2010 einen weiteren Abbau auf die Hälfte des Ausgangswerts. (siehe Seiten 464 ff.)

CLB-MEMORY

- Thermodynamic Aspects of the Chemistry of the s Block Metals (Part 2) M 89
- Notfallchemie: Asbest – eine latente Gefahr M 91
- Stilblüten M 92
- Labortipps (12)..... M 93
- Flammenfärbung deutlich M 94
- Ein neues Lehrbuch..... M 94
- Die EN-Werte und ihre Historie (Teil 11)M 95
- 100 Jahre Nobelpreis.....M 96

Umfangreiche strukturelle Daten in einer einzigen Untersuchung

Dr. Christian Dauwe, Dr. Günter Reinhold, Mainz

In der Proteomforschung sind GPC-Untersuchungen von Proteinen ein wichtiger Baustein. Diese GPC-Untersuchungen werden in gepufferten wässrigen Eluenten wie auch in wässrig-organischen (verdampfbar) Eluentenmischungen durchgeführt. Hier präsentieren wir Neuentwicklungen von Protein-GPC-Trennungen in vollständig verdampfbar wässrig-organischen Eluenten. Vorteile liegen in der Gewinnung umfangreicher struktureller Daten in einer einzigen Untersuchung. Die Peakposition im GPC-Eluogramm beschreibt die molekulare Größe des Proteins im Eluenten, die vollständige Verdampfbarkeit des Eluenten erlaubt die Kopplung der GPC-Untersuchung mit modernen massenspektroskopischen Methoden. Somit können den Protein-GPC-Peaks, aus denen man die molekulare Größe gewinnt (Tertiärstruktur), ebenfalls die genauen Molmassen oder sogar die Identität bzw. Primärstruktur zugeordnet werden. Diese neue Analyse-methode erschließt somit umfangreiche neue Einsatzfelder, insbesondere für die Proteomforschung.



Die Proteomforschung bzw. die Proteomics sind das derzeit wahrscheinlich aktuellste Gebiet in der Biopolymerforschung. Seit Abschluss des Genomprojektes sind zahlreiche Arbeitsgruppen weltweit in diesem komplexen Forschungsgebiet tätig. Innerhalb der Proteomforschung kommt der Untergruppe Proteinanalytik eine bedeutende Rolle zu. Durch die Aufklärung der Struktur-Wirkungs-Beziehungen von Proteinen in unterschiedlichsten Umgebungen erhoffen sich die Wissenschaftler ein umfassendes Verständnis biologischer Prozesse. Langfristig sollen hierdurch

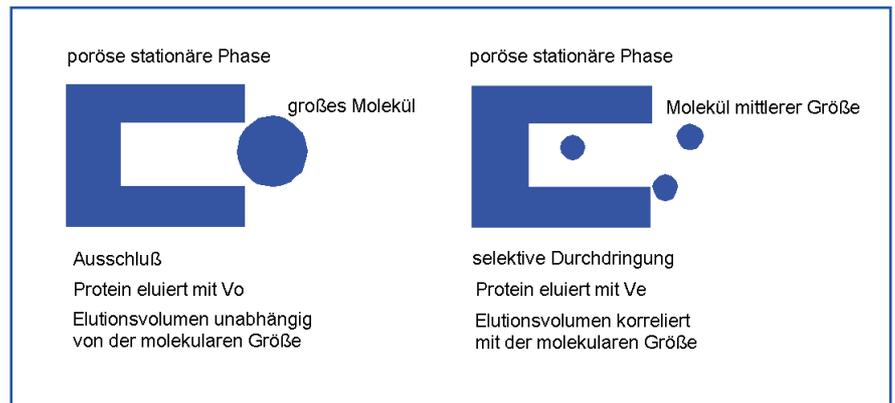


Abb. 1: Schematische Darstellung der Größenausschlusschromatographie (GPC) am Beispiel zweier unterschiedlich großer Proteine

systematisch und rationell Beiträge zur Vorhersagbarkeit von Krankheiten (Diagnose) und auch neue hochwertige Anwendungsfelder in den Biowissenschaften erschlossen werden.

Schon heute werden unterschiedlichste Proteine in wirtschaftlich bedeutenden Feldern eingesetzt. Etabliert haben sich Proteine insbesondere als Biokatalysator in den zahlreichen biotechnologischen Bereichen, z. B. in Lebensmitteltechnik, Pharmazie, Diagnostika und selbst als Waschmittelenzym.

Dank der neusten Methodenentwicklungen für Proteinuntersuchungen (GPC-Analysen, molmassensensitiven Detektoren, Möglichkeiten zur Größenbestimmung von Proteinen in wässrigen Lösungen, Massenspektroskopie ...) können jetzt Proteine vollständig in unterschiedlichsten Umgebungen untersucht werden.

Einzel Schritte der Proteinanalytik

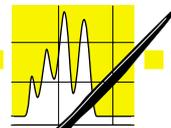
Die Probenvorbereitung gehört zum wichtigsten Basiselement für die reproduzierbare Untersuchung von Proteinen. Es geht um die Gewinnung von Proteinfractionen mit vergleichbaren chemischen Eigenschaften, insbeson-

dere Lösungseigenschaften (1a, 1b). Die gewonnenen Proteinfractionen sollen das zu untersuchende Protein enthalten. Die anschließende GPC (2) analysiert bzw. trennt die Proteinfraction/Proteinmischung nach den molekularen Größen der Einzelkomponenten. Schon der Vergleich der Position einer aufgetrennten Komponente mit einer Reihe von GPC-Kalibrationsstandards beziehungsweise mit der GPC-Kalibrationskurve (z. B. PSS-Pullulane oder PSS-Polyethylenglycole) erlaubt eine verlässliche Abschätzung der molekularen Größe des einzelnen Proteins.

Es ist darauf zu achten, dass die verwendeten Materialien und Prozesse – ab der Probenvorbereitung – biokompatibel sind, d. h., dass das Protein in seiner Funktionalität die ursprünglichen Eigenschaften, z. B. katalytische Aktivität, beibehält.

Aufeinander aufbauende Schritte in der Proteinanalytik

- 1a) Trennung/Fraktionierung nach Löslichkeit
 - Fällung des Proteins, z. B. aus wässriger Lösung mit Ammoniumsulfat oder mit Alkohol



1b) Chromatographische Trennung nach chemischen Eigenschaften

- Hydrophobe-Wechselwirkungs-Chromatographie (HIC)
- Reversed Phase Chromatographie (RP)
- Ionenaustauschchromatographie (IC)

2) Chromatographische Analyse nach Größe bzw. Tertiärstruktur

- Größenausschlusschromatographie (GPC bzw. SEC)

■ Struktur, Löslichkeit und Auftrennung von Proteinen

Die Fülle chromatographischer Trennungsmechanismen von Proteinen liegt in den komplexen Eigenschaften dieser Moleküle begründet. Bei Proteinen handelt es sich um polykondensierte Aminosäuren. Die Molmassen reichen von wenigen 1 000 D bis zu mehreren 1 000 000 D. Die Seitengruppen der Aminosäureeinheiten sind aliphatisch lipophil, aromatisch lipophil, phenolisch, carboxylisch oder basisch.

Durch Einstellung des Eluenten lassen sich unterschiedliche Effekte erzielen:

- organische Zusätze zum wässrigen Eluenten, auch Modifier genannt, erhöhen die Löslichkeit der lipophilen Komponenten und somit des gesamten Proteins.
- Zusatz von 0,1–0,5 % Trifluoressigsäure (TFA) zum Eluenten führt zur Gewinnung einer besser wasserlöslichen Polykationenstruktur (Carbonsäuren liegen in ihrer protonierten-ungeladenen Form vor, basische Gruppen erscheinen als hydrophile, gut wasserlösliche Kationen), lipophile Bestandteile der Proteine bleiben schlecht löslich, sodass dennoch nur einige Proteine gut gelöst werden.
- Verwendung einer Mischung von Wasser, organischen Modifiern, und Trifluoressigsäure als Lösungsmittel bzw. Eluent führt zur Bildung der wasserlöslichen Polykationenstruktur des Proteins, wobei auch die lipophilen Bestandteile gut gelöst werden. Bewährt hat sich insbesondere die Mischung von 0,1 % TFA in Wasser/Acetonitril//55/45//v/v. Dieser Eluent weist sehr gute Löseeigen-

schaften für zahlreiche Proteine auf und eignet sich zudem gut als Eluent für GPC-Trennungen an PSS-Novema-Säulen.

- Eine hohe Ionenstärke bzw. ein hoher Salzgehalt (z. B. 0,1 oder 0,2 M NaCl) im Eluenten verringern ionische Wechselwirkungen vom Protein mit seiner Umgebung, sodass hiermit häufig eine gute Löslichkeit und ein guter chromatographischer Lauf erreicht werden.
- Ohne zusätzliche Ionenstärke bzw. ohne Zusatz von Salzen zum Eluenten sowie ohne Zusatz von organischen Modifiern und Säuren oder Puffern (Protein in destilliertem Wasser) überwiegen die ionischen und die hydrophoben Wechselwirkungen, sodass hier meist Proteinunlöslichkeit vorliegt.
- Eine sehr hohe Ionenstärke bzw. ein sehr hoher Salzgehalt (z. B. 2 M $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) im Eluenten führen häufig zum Aussalzen und zum Unlöslichwerden des Proteins.

Die zuvor aufgelisteten Parameter werden zur Steuerung der chromatographischen Trennung von Proteinen verwendet.

Im hier vorliegenden Artikel werden wir auf die Trennung von Proteinen nach deren molekularer Größe eingehen. Hierfür müssen die zu untersuchenden Proteine im chromatographischen Eluenten gut löslich sein. Die Wechselwirkungen vom Protein mit der stationären Phase werden durch entsprechende zuvor beschriebene Eluenteinstellungen verhindert [1–5].

Wir verwenden hier ausschließlich den Eluenten 0,1 % TFA in Wasser/Acetonitril//55/45//v/v. Dieser ist vollständig verdampfbar und eignet sich deshalb bestens für die Kopplung der GPC mit der Massenspektrometrie.

■ GPC-Trennungen von Proteinen

GPC-Trennungen von Proteinen gelingen mit Proteinfractionen, die im GPC-Eluenten bzw. GPC-Laufmittel gut löslich sind. Diese Trennungen erfolgen streng nach molekularer Größe, sofern Wechselwirkungen mit der stationären Phase ausgeschlossen werden (Abb. 1). Die molekulare Größe der

Proteine korreliert zwar mit deren Molmasse, diese Übereinstimmung ist aber aufgrund des komplexen und inhomogenen Charakters der Proteine weniger ausgeprägt als bei unverzweigten Polysacchariden oder bei technischen Polymeren. Zudem lässt sich die molekulare Größe bzw. die Tertiärstruktur von Proteinen durch die Wahl des Lösungsmittels stark beeinflussen. Daraus folgen für unterschiedliche Lösungsmittel/Eluenten auch unterschiedliche Größenausschlusschromatographische (GPC) Ergebnisse [5].

■ Stand der Technik bei GPC-Materialien

Für GPC-Proteintrennungen haben sich Polysaccharidphasen, Polymerphasen und hydrophil modifizierte Silicaphasen etabliert. Polysaccharidphasen weisen häufig eine geringe Druckstabilität auf. Dies bedingt teilweise geringe Lebensdauern der Säulen. Die benötigten geringen Flussraten (wegen der geringen Druckstabilität) bedingen häufig lange Analysenzeiten. Dafür zeigen diese Polysaccharidgele häufig sehr hohe chromatographische Auflösungen und eine extrem hohe Hydrophilie. Bei einigen etablierten Polymer- und Silicaphasen treten aufgrund geringer Druckstabilität ebenfalls häufig verkürzte Lebensdauern der GPC-Säulen auf. Hydrophil modifizierte Silicaphasen können bei hohen pH-Werten durch Silica-Abbau verändert werden.

Die Auswahl des geeigneten Eluenten für Protein-GPC-Analysen ist häufig schwierig. Es gilt, Wechselwirkungen zwischen dem Protein und der Säulenoberfläche auszuschalten. Etabliert haben sich folgende Eluente: Puffermischungen (pH 5–8) mit 0,1 oder 0,2 M NaCl, Puffermischungen mit SDS sowie Wasser mit unterschiedlich hohen Anteilen organischer Eluente (Acetonitril, Methanol, Isopropanol).

Aufgrund der Empfindlichkeit zahlreicher GPC-Säulenmaterialien und

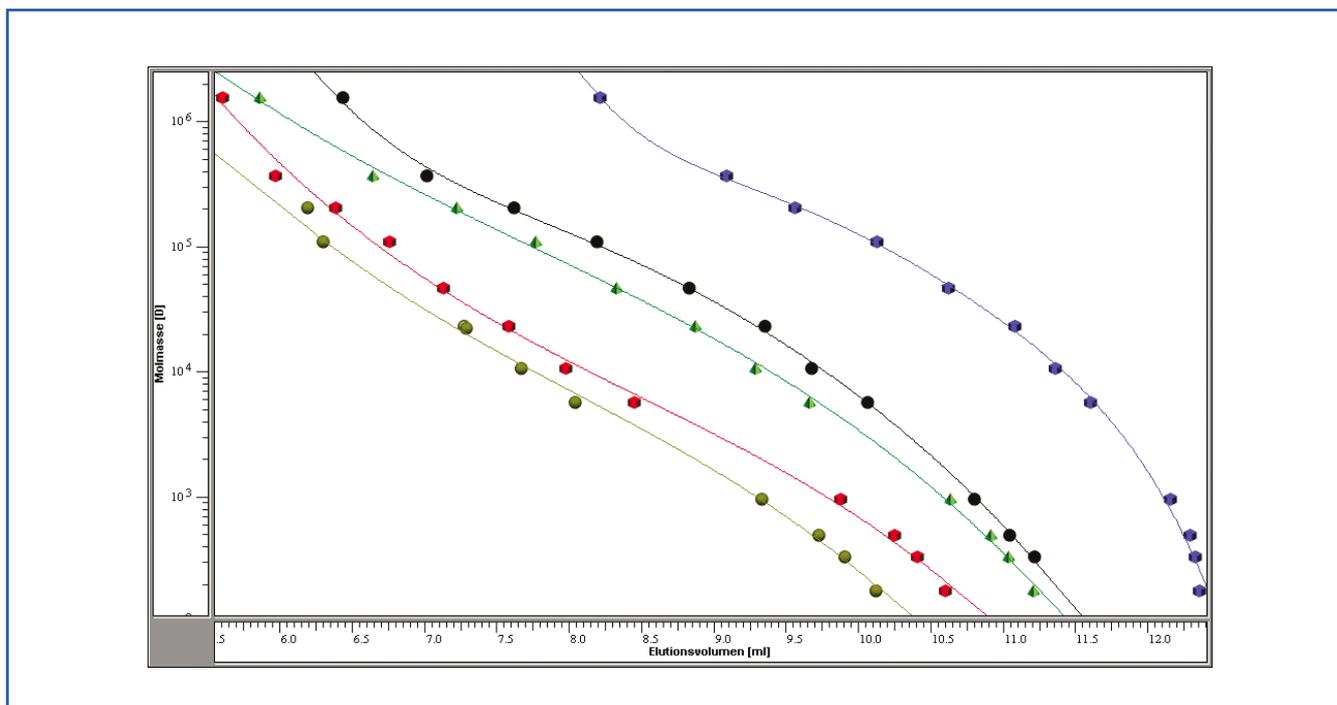


Abb. 2:
 Kalibrationskurven von Pullulanen (180–1 600 000 D), gemessen auf PSS-Novema-Säulen (8 x 300 mm)
 Eluent: 0,05 % NaN₃ in Wasser, Probenkonzentration: 5 mg/ml Eluent, Injektionsvolumen: 20 µl, Fluss = 1,0 ml/min, Detektion: RI, Porositäten: 30 Å, 300 Å, 1 000 Å, 3 000 Å (aufgezählt von der unteren zur oberen Kalibrationskurve)

wegen der sehr unterschiedlichen chemischen und Lösungseigenschaften von Proteinen kann hier die Methodenentwicklung der GPC-Trennungen sehr komplex verlaufen.

Ziel unserer Untersuchung war die Entwicklung eines einfach handhabbaren und zudem robusten GPC-Materials für Proteinuntersuchungen sowie die Bereitstellung einer einfach, universell und robust handhabbaren Trennmethode.

Die Entwicklungsziele in Stichworten:

- einfache und universelle Methodenentwicklung für Proteinanalysen
- Verwendbarkeit vollständig verdampfbarer Eluenten zur Ermöglichung z. B. einer Massenspektroskopiekopplung
- hohe Druckstabilität (> 80 bar)
- geringer Säulengegendruck durch monodisperse Gelpartikel
- geringer bzw. nicht beobachtbarer Scherabbau großer Proteine durch monodisperse Gelpartikel
- hohe theoretische Bodenzahl durch 10 µm Gelpartikel (20–40 000 Böden/m)

- große zugängliche Porenvolumina (> 50 %) für hohe GPC-Separationsleistungen
- definierte Porengrößen zur Trennung unterschiedlich großer Proteine
- hohe pH-Wert Stabilität

Diese Ziele wurden mit der Neuentwicklung des GPC-Säulenmaterials für Proteintrennungen (PSS-Novema™) erreicht. Details werden in den folgenden Abschnitten präsentiert.

■ Experimentelles

Verwendete Proteine: Cytidin E (0,243 kD), Vitamin B12 (1,355 kD), Insulin bovin pancreas (5,733 kD), Cytochrom C (12,4 kD), Ribonuclease bovin pancreas 13,7 kD, beta-Lysozym hen egg white (14,6 kD), Lactalbumin bovin milk (17,5 kD), Myoglobin horse heart (17,8 kD), Trypsin bovine pancreas (23 kD), Trypsin hog pancreas (24 kD), Chymotrypsin A (25 kD), Proteinase Bacillus licheniformis (27 kD), Albumin hen egg white (45 kD – allerdings schwer im Eluenten löslich), Albumin bovin (67-kD-Monomer, 134-kD-Dimer), alpha-Lactalbumin bovin milk (142 kD), gamma-Globulin bovin heart (150 kD),

Catalase Bovin (240 kD), Ferritin horse (450 kD), Thyroglobulin bovin gland (660 kD), Fluka oder Serva.

Immunoglobulin: Host: Rabbit, Antigen: Human IgG (Fc), Label: Horseradish Peroxidase (Pierce company).

GPC-System: Die Software PSS WinGPC 6.20 steuerte das isokratische HP1100-HPLC-System mit UV-Detektor (230 nm), extern: Shodex RI 71 Detektor, Injektionsvolumen: 20 µl.

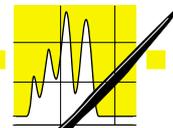
Probenkonzentration: 5 mg Protein/ml Eluent, Flussrate (sofern nicht anders beschrieben): 0,5 ml/min, Temperatur: 20 °C. PSS-Novema-Säulen 1 000 oder 3 000 Å Porosität, 10 µm Partikelgröße (8 x 300 mm).

Eluent: 0,1 % TFA in Wasser/Acetonitril//55/45//v/v.

■ Ergebnisse

Porenvolumina und Porengrößen von wässrigen GPC-Materialien werden durch GPC-Kalibrationskurven von Pullulanen – unverzweigten Zuckern – dargestellt. Für die neu entwickelten PSS-Novema-GPC-Materialien sind diese Kalibrationskurven in Abb. 2 zu sehen.

Deutlich erkennt man die gute Separationsleistung von PSS-Novema 30 Å



im Bereich vom Oligomer bis zu Molmassen von 30 000 D (bezogen auf Pullulane). PSS-Novema 300 Å erlaubt die Trennung von Oligomeren bis hin zu Molmassen von 1 000 000 D. Dieses Material weist für den untersuchten Bereich einen nahezu linearen Zusammenhang zwischen dem Logarithmus der Molmasse und dem Elutionsvolumen auf. Das größerporige Gelmaterial mit 1000-Å-Porosität trennt den Bereich vom Monomer bis 1 600 000 D und das Gel mit 3.000Å-Porosität trennt den Bereich bis über 1 600 000 D. PSS-Novema 10 000 Å trennt sogar noch größere Moleküle. Die größerporigen Säulen PSS Novema 1 000, 3 000 und 10 000 Å verfügen allerdings über eine geringe chromatographische Auflösung für kleine Moleküle.

■ GPC-Trennungen in wässrig-organischen Lösungsmittelgemischen

Das neue PSS-Novema wurde in einer Eluentmischung untersucht, die sich für zahlreiche GPC-Protein-Trennungen bewährt hat: 0,1 % Trifluoressigsäure in Wasser/Acetonitril//55/45//v/v.

Untersucht wurden PSS-Novema-Säulen mit der Porosität 1000 Å sowie die PSS-Novema-Säulenkombination 1000 Å + 3000 Å zur Abdeckung eines größeren Molmassenbereiches. Die erhaltenen Ergebnisse sind in Abb. 3 und in Abb. 4 dargestellt.

Die neu entwickelten GPC-Säulen PSS Novema zeigten für alle untersuchten Proteine (mit Ausnahme von Albumin hen egg white) gute GPC-Analysergebnisse im Eluenten 0,1 % TFA in Wasser/Acetonitril//55/45//v/v.

Deutlich zeigt sich, dass sich die GPC-Säule PSS Novema 1000Å hervorragend für die GPC-Trennungen der untersuchten Proteine eignet. Zur Erhöhung der Auflösung insbesondere für größere Proteine eignet sich die Kombination der PSS Novema 1000 Å mit der größerporigen PSS-Novema-3000-Å-Säule. Sollen auch kleinere Proteine eine bessere großenchromatographische Auflösung erfahren, empfiehlt sich dann die Kombination dieser Säulenkombination mit PSS Novema 30 Å.

Die vollständige Verdampfbarkeit dieses Eluenten erlaubt zudem die Kopplung der Methode mit der Massenspektrometrie. Für die Untersu-

chung von Proteinen in rein wässrigen gepufferten Eluenten (ohne organische Modifier) sei auf eine frühere Arbeit von uns verwiesen [5].

Es wurde eine relativ geringe Flussrate von 0,5 ml/min verwendet. Der Grund hierfür liegt in der deutlichen Zunahme der großenchromatographischen Auflösung (Peakschärfe bzw. Peakseparation) bei Verringerung der Flussgeschwindigkeit (z. B. von 1,0 ml/min auf 0,5 ml/min). Diesen Zusammenhang (van-Deemter Beziehung) haben wir in einer früheren Publikation [6] ausführlich erörtert.

■ Diskussion der Proteinuntersuchungen

Die neu entwickelte GPC-Trennmethode für Proteine erwies sich als robust und für zahlreiche untersuchte Proteine anwendbar. Man benötigt für gute GPC-Trennungen im verwendeten

Abb. 3: Zusammenhang zwischen Proteinmolmasse und Elutionsvolumen
Proteine: Cytidin E (0,243 kD) bis Thyroglobulin bovin gland (660 kD) –
Auflistung: siehe experimenteller Teil. Messungen auf PSS-Novema-1000-Å-Säule (8 x 300mm), Probenkonzentration: 5 mg/ml Eluent, Eluent: 0,1 % TFA in Wasser/Acetonitril//55/45//v/v, Injektionsvolumen: 20 µl, Fluss 0,5 ml/min; Detektion: UV 230 nm

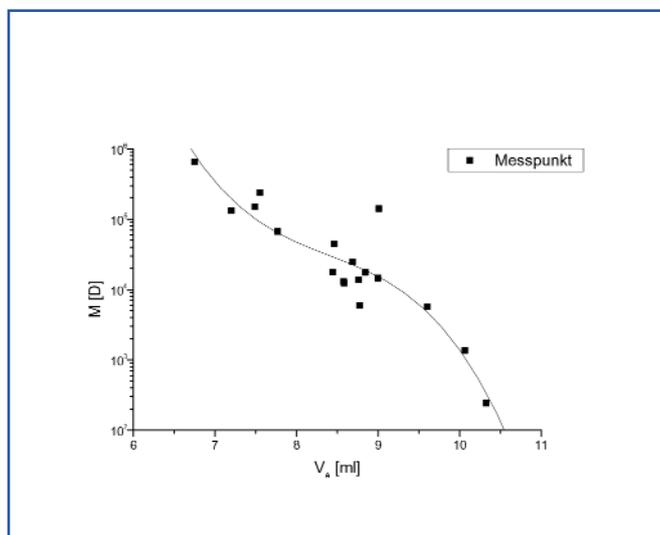
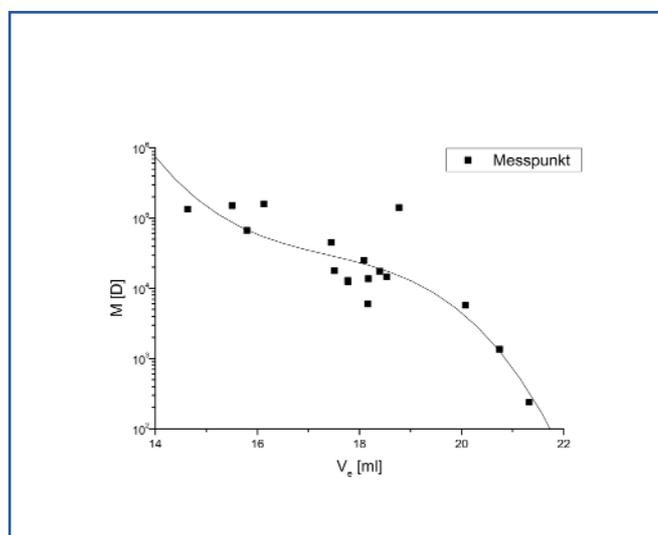


Abb. 4: Zusammenhang zwischen Proteinmolmasse und Elutionsvolumen
Proteine: Cytidin E (0,243 kD) bis Thyroglobulin bovin gland (660 kD) –
Auflistung: siehe experimenteller Teil. Messungen auf PSS-Novema-1000-Å- und -3000-Å-Säulenkombination (je 8 x 300mm). Eluent: 0,1 % TFA in Wasser/Acetonitril//55/45//v/v, Injektionsvolumen: 20 µl, Fluss 0,5 ml/min, Detektion: UV 230 nm



Eluenten relativ großporige GPC-Säulenmaterialien (PSS Novema 1000 Å und 3000 Å). In einer früheren Arbeit, in der als Eluent ein Phosphatpuffer mit pH 6,8 mit Zusatz von 0,1 M NaCl verwendet wurde, genügten sehr kleinporige GPC-Materialien für gute GPC-Analysen.

Der Grund für dieses unterschiedliche Verhalten liegt in der komplexen Betainstruktur der Proteine. pH-Werte von 6,8 in rein wässrigen Eluenten führen zu einer kompakten Knäulung der Proteinhauptkette (hydrophobe Wechselwirkungen) und Proteine erscheinen als kleine Moleküle.

Überführt man die Proteine in Wasser mit deutlich saurem pH-Wert, so entstehen Polykationenseitengruppen, die sich abstoßen. Das Protein wird gestreckt. Zugabe einer hohen Menge von Acetonitril bewirkt zudem, dass die hydrophoben Wechselwirkungen, die zum kompakten Knäulen der Hauptkette führen, aufgehoben werden. Dies führt nochmals zu einer Streckung und somit Vergrößerung des Moleküls. Somit erscheinen die Proteine unter den hier verwendeten Bedingungen als sehr große Moleküle, die an großporigen GPC-Materialien mit hoher Auflösung getrennt werden.

■ Immunoglobuline

Immunoglobuline IgG's sind von zentraler Bedeutung für das Immunsystem und somit auch von erheblichem

therapeutischem Interesse. Immunoglobuline weisen Strukturelemente auf, welche spezifisch über Nebenzellen mit den Antigenen reagieren. Die Bildung von Immunoglobulinen erfolgt durch Reaktion von z. B. Fremdproteinen auf den Organismus eines Menschen oder eines Wirbeltieres. Es bilden sich Antikörper gegen diese Fremdstoffe (Antigene). Antigen und Antikörper reagieren miteinander zu einem Komplex. Die Antikörper sind die Proteine des Blutplasmas und gehören zu den gamma-Globulinfraktionen. Sie werden auch Immunoglobuline genannt.

Untersuchungen an Immunoglobulinen erfolgen durch Funktions- bzw. Eigenschaftsprüfungen, aber auch mittels Chromatographie. Insbesondere die Größenausschlusschromatographie ist geeignet, strukturelle Informationen über das Gesamtmolekül zu erhalten. Eine entsprechende Elugramm des kommerziell erhältlichen Antikörperkomplexes Rabbit Anti Human IgG an PSS Novema 1000 Å + 3000 Å wird in Abb. 5 vorgestellt. Deutlich erkennbar sind der UV (230 nm)- und RI-aktive Peak bei geringem Elutionsvolumen, die der UV-aktiven Globulinfraktionsvolumina (kleinere Moleküle) sind nicht UV-, dafür aber RI-aktiv. Da bekannt ist, dass Immunoglobulinkomplexe aus Proteinen und Oligosaccariden bestehen, kann man beide Bestandteile mit dieser GPC-Methode gut un-

tersuchen und die RI-aktiven Peaks bei 18 und 21,5 ml den Oligosaccariden zuordnen.

■ Zusammenfassung und Ausblick

PSS-Novema-GPC-Säulen sind geeignet für GPC-Untersuchungen an Proteinen und Immunoglobulinkomplexen. Im Eluenten bestehend aus 0,1 % TFA in Wasser/Acetonitril//55/45//v/v ließen sich nahezu alle untersuchten Proteine nach ihrer molekularen Größe trennen. Der Vergleich der Protein- bzw. Immunoglobulinkomplex-peakposition mit der Peakposition untersuchter GPC-Referenzmaterialien (z. B. Pullulane) erlaubt eine Abschätzung der molekularen Größe. Die vollständige Verdampfbarkeit dieses Eluenten erlaubt zusätzlich die Kopplung der GPC-Größenbestimmungsmethode online mit Massenspektrometern. Das Potenzial dieser Methode besteht damit in der vollständigen Analyse von Proteinen unbekannter Herkunft bezüglich der molekularen Größe (GPC) und der exakten Molmasse. Untersuchungen zur GPC-Massenkopplung sind weitere Erfolg versprechende Schritte im Sektor der Protein und Proteomforschung.

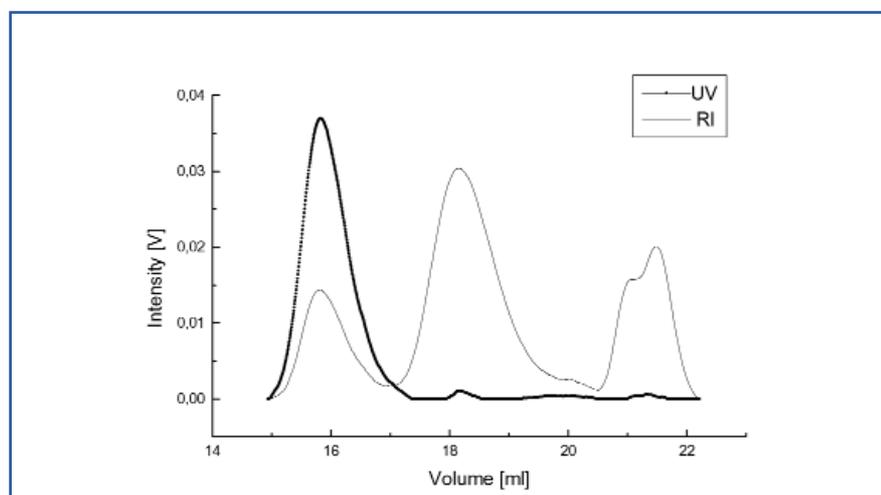
Literatur

- [1] K. K. Unger, Handbuch der HPLC, GIT-Verlag Darmstadt (1989)
- [2] C. S. Wu, Column Handbook for Size Exclusion Chromatography, Academic Press, San Diego (1999)
- [3] B. J. Hunt, S. R. Holding, Size Exclusion Chromatography, Blackie Publisher, Glasgow (1989)
- [4] P. Dubin, S. L. Edwards, M. S. Metha, D. Domalia, Quantification of non-ideal behavior in protein size-exclusion chromatography, *J. Chromatography*, 635 (1993) 51–60
- [5] C. Dauwe, G. Reinhold, Chromatographische Untersuchungen von Proteinen und Immunoglobulinen – Trennung nach molekularer Größe, *CLB Chemie in Labor und Biotechnik*, 52. Jahrgang, 176–180 (2001)
- [6] C. Dauwe, T. Hofe, G. Reinhold, PSS-MCX: GPC-Systeme für Analysen von Oligo- und Polysaccariden, *CLB Chemie in Labor und Biotechnik*, 51. Jahrgang, 174–179 (2000)

Kontakt:

Dr. Christian Dauwe
Polymer Standards Service GmbH
Postfach 3368
55023 Mainz.
E-Mail: cdauwe@polymer.de

Abb. 5:
GPC-Analyse des Antikörperkomplexes Rabbit Anti Human IgG
Messungen durchgeführt auf PSS Novema 1000 Å + 3000 Å Säulenkombination, (je 8 x 300 mm),
Probenkonzentration: 5 mg/ml Eluent, Eluent: 0,1 % TFA in Wasser/Acetonitril//55/45//v/v, Injektionsvolumen: 20 µl, Fluss: 0,5 ml/min, Detektion: UV 230 nm + RI



TERMINE

AAS

Anwenderkurs für Fortgeschrittene, 18. bis 22. Februar 2002, und

Analytische Qualitätssicherung

25. Februar bis 1. März 2002, FH Weihenstephan/Abt. Triesdorf, 91746 Weidenbach, Tel.: 07557/ 929 6909

Ionenanalyse mit modernen Trenntechniken

3. Fachtagung, wissenschaftliche Leitung: Prof. Dr. Dr. Klaus Fischer, Universität Trier, in Zusammenarbeit mit der Dionex GmbH, 26. und 27. Februar 2002, Universität Trier, Anmel-

dungen bitte an: Corinna Navarro, Dionex GmbH, Tel.: 06126/ 991-214; corinna.navarro@dionex.de.

Sachverständige für Altlasten

Rechtsgrundlagen, Erfassung, Erkundung, Untersuchung und Sanierung. Kompaktseminar zu § 18 BBodSchG und Merkblatt der Länderarbeitsgemeinschaft Boden (LABo), 4. bis 7. März 2002, Umweltinstitut Offenbach

Mikro-Gelelektrophorese (SDS-PAGE)

Seminar, 11. bis 13. März 2002,

Universität Tübingen, Tel.: 07071/ 29-76439, -76872

Gentechnikrecht

Staatlich anerkannter Kurs gemäß § 15 GentSV, Dechema, 10. bis 12. April 2002, Frankfurt/Main, Tel.: 069/ 7564-253

Präparationstechniken und lichtmikroskopische Untersuchungsmethoden im industriellen Anwendungsbereich

Seminar, Leica Microsystems, 16. bis 18. April 2002, Bensheim, Tel.: 06251/ 136-0

- **WIRTSCHAFTLICH** sind:
 - Platzbedarf
 - Installationsanforderungen
 - Betriebskosten
 - Aufwand bei Inbetriebnahme und Kalibrierung
- **HERVORRAGEND** sind:
 - Höchste Empfindlichkeit
 - Höchste Analysengeschwindigkeit
 - Höchste Genauigkeit
 - Niedrigste Nachweisgrenzen

Bruker AXS GmbH:

Tel. (+49) (7 21) 595-28 88
Fax (+49) (7 21) 595-45 87
<http://www.bruker-axs.de>
E-mail: info@bruker-axs.de



**DAS
NEUE
4kW**

**MULTIELEMENT RFA-ANALYSE :
VIELE PROBEN IN WENIGER ZEIT –**

**MIT DEM NEUEN
4kW S4 PIONEER**

**find out
what's inside**

BRUKER ADVANCED X-RAY SOLUTIONS



Werner Heisenberg

Hans-Günther Winkler, Meyenfeld

„Für die Begründung der Quantenmechanik, deren Anwendung zur Entdeckung der allotropen Formen des Wasserstoffs geführt hat“, wird Werner Heisenberg, Professor der theoretischen Physik an der Universität Leipzig, 1932 der Nobelpreis für Physik verliehen. Damit wurde ein Wissenschaftler geehrt, der bereits in jungen Jahren auf dem Gebiet der theoretischen Physik Berühmtheit erlangt hatte.



Mit 24 Jahren erschien in der „Zeitschrift für Physik“ seine Abhandlung „Über die quantentheoretische Umdeutung mechanischer und kinetischer Beziehungen“. Darin legte er die Grundlage für die von ihm zusammen mit Max Born und Pascual Jordan entwickelte Quantenmechanik. Heisenberg löste den Streit um die Wellen- und Teilchen-Vorstellung des Lichts; er zeigte, dass es nur

eine Frage des Experiments sei, ob das Licht als Welle oder Teilchen erscheint.

Die Beschreibung des „Mikrokosmos“ mit Hilfe makrokosmischer Begriffe liess sich mit der neuen Theorie nicht länger halten. Davon war auch das Atommodell von Bohr und Rutherford betroffen, das eine Analogie zwischen der Ordnung im Planetensystem und im Atom herstellte. Mechanische Begriffe können nach Heisenberg die atomaren Vorgänge nicht beschreiben. Es gibt keine Bahnen von Teilchen, sondern nur Zustände und Übergänge zwischen den einzelnen Zuständen, die sich quantenmechanisch erfassen und statistisch gesetzmäßig berechnen lassen. Mit seiner 1927 entwickelten These von der Unschärferelation wies Heisenberg die Grenzen exakter Naturerkenntnis auf. Sie besagt bekanntlich, dass jede Messung einen unvermeidlich

chen Mindestfehler enthält, da die Messmethode das Objekt der Messung beeinflusst. Versucht man beispielsweise den momentanen Ort eines Elektrons zu bestimmen, verändert man seine Geschwindigkeit und umgekehrt. Ort und Geschwindigkeit lassen sich zusammen nur unscharf angeben. Die Dertiminierung der Zukunft durch den gegenwärtigen Zustand ist also eingeschränkt. Damit stürzte Heisenberg auch den bis dahin nie bezweiferten Grundsatz von Ursache und Wirkung.

1928 führte Heisenberg das von Pierre Ernst Weiss 1907 postulierte innere Feld der Ferromagneten quantitativ auf den Spin der Leitungselektronen zurück. Damit erwiesen sich der Magnetismus sowie die Elektrizität als Ureigenschaften von Elementarteilchen.

Ein Jahr später fand die von Heisenberg und Friedrich Hund theoretisch

Abb. 1: Die Deutsche Post AG widmet Heisenberg zu seinem 100. Geburtstag diese Sondermarke. Ein kompletter Bogen mit zehn Marken weist an den Rändern verschiedene markante Daten aus Heisenbergs Biographie aus.



tisch vorausgesagte Existenz von 2 verschiedenen Wasserstoffmodifikationen (para- und ortho-Wasserstoff), die sich durch die Spinrichtung der Kerne unterscheiden, eine experimentelle Bestätigung. Es ist die Arbeit, die in der Laudatio des Nobelpreises erwähnt wurde.

■ Der junge Heisenberg

Die Biografie des jungen Heisenberg kann faulen Schülern kein Alibi liefern. Am 5. Dezember 1901 (also vor genau hundert Jahren) als zweiter Sohn des Gymnasiallehrers August Heisenberg in Würzburg geboren, wurde ihm bereits als 10-jährigen am Königl. Maximilians Gymnasium in München spontaner Fleiß, großes Interesse, das der Sache auf den Grund geht, und Ehrgeiz bescheinigt. Mit 16 Jahren hatte er sich neben Physik überdurchschnittliche Kenntnisse in Mathematik angeeignet, so dass er einer 23-jährigen Doktorantin Nachhilfestunden in Differential- und Integralrechnung geben konnte. In den letzten Kriegsmonaten musste Heisenberg Kriegshilfsdienst auf einem Bauernhof leisten. Es war eine schwere Arbeit von morgens halb vier oft bis 10 Uhr abends, die er jedoch als eine sehr gute Übung für einen jungen Menschen empfand.

Im September 1919 begann dann wieder der geregelte Schulbetrieb. In der Freizeit las er Platons Dialog „Timaios“ und erfuhr erstmals etwas von der griechischen Atomphilosophie. Ohne Zweifel hat die Philosophie Platons sein Leben am stärksten geprägt. Das zeigt sich deutlich in seinem Spätwerk, der „Einheitlichen Theorie der Materie“.

Sein Abiturzeugnis wies nur die Noten „sehr gut“ aus. Einzige Ausnahme bildete das Fach Deutsch; hier erhielt er „nur“ ein „gut“.

Auf Vorschlag seiner Schule wurde er – nach einer weiteren Prüfung – in das Maximilianeum aufgenommen, das zur Förderung Höchstbegabter gegründet wurde. Da es mit dem mathematischen Seminar nicht klappte, begann Heisenberg sein Studium an der Universität München bei Professor Arnold Sommerfeld, der die theoretische Physik vertrat. Hier wurden mit mathematischen Methoden physikali-

sche Probleme behandelt.

Niels Bohr hatte 1913 die Quantenpostulate formuliert und Sommerfeld baute diese Gedanken zum „Bohr-Sommerfeldschen Atommodell“ aus. Sein 1919 erschienenes Buch „Atom- und Spektrallinien“ nannten seine Studenten die „Bibel der Atomphysik“.

Bereits im ersten Semester erhielt Heisenberg eine besondere Aufgabe, deren Lösung zu dem überraschenden Ergebnis führt, dass es halbe Quantenzahlen geben müsse. So war von Anfang an sein Weg zur Quantentheorie vorgezeichnet.

Im Seminar lernte Heisenberg auch den eineinhalb Jahre älteren Wolfgang Pauli kennen, mit dem ihn eine lebenslange Freundschaft verband. Auf den „Göttinger Wochen“, an denen er zusammen mit Sommerfeld teilnahm, begegnete er Nils Bohr, der von ihm nach einem längeren Gespräch sehr beeindruckt war.

Das 5. Semester (Winter 1922/23) absolvierte er bei Max Born in Göttingen. Und obwohl dieser ihn allzu gern in Göttingen gehalten hätte, kehrte Heisenberg zu Sommerfeld zurück. Im 6. Semester nahm er an einem Praktikum zur Experimentalphysik bei Max Wien teil, ohne allerdings allzu großes Interesse zu zeigen. Das führte beim Examen am 23. Juli 1923 dazu, dass die Note im Hauptfach Physik, zusammgezogen aus den theoretischen (Sommerfeld) und experimentellen (Wien) Ergebnissen, nur eine III (also gerade noch bestanden) ergab.

Im Oktober 1923 nahm Heisenberg seine Tätigkeit in Göttingen bei Max Born auf. Göttingen war zu dieser Zeit – vertreten durch Felix Klein und David Hilbert – eine Hochburg der Mathematik. Als Experimentalphysiker wirkte James Franck, der 1925 den Nobelpreis für Physik erhielt.

In wenigen Monaten hatte Heisenberg eine Arbeit „Über eine Abänderung der formalen Regeln der Quantentheorie beim Problem der anomalen Zeeman-Effekte“ fertig, die Born als Habilitationsschrift annahm – ein Jahr nach dem knapp bestandenen Doktorexamen.

Im Herbst 1924 ging Heisenberg als „Research Associate“ für ein hal-

LifeCom
SYMPOSIUM & EXPOSITION

INTERNATIONAL
SYMPOSIUM
FOR
LIFE SCIENCES

an der

Heinrich-Heine-
Universität
Düsseldorf

12. - 14.
März
2002

Vorträge

Firmenseminare

Workshops

Praxiskurse

Poster

Industrieausstellung

Heinrich Heine
HEINRICH HEINE
UNIVERSITÄT
DÜSSELDORF

bes Jahr an das Bohrsche Institut für theoretische Physik nach Kopenhagen, wo er seine Lehrjahre abschloss. Zu Carl Friedrich von Weizsäcker sagte er später einmal: „Bei Sommerfeld hab' ich den Optimismus gelernt, bei den Göttingern die Mathematik, bei Bohr die Physik“.

■ Deutsche oder jüdische Physik?

Im März 1935 war Arnold Sommerfeld emeritiert worden und die Berufungskommission in München setzte Heisenberg auf Platz 1 der Liste. Nach Einspruch des Ministeriums folgte eine neue Liste, die wieder Heisenberg anführte. Nun kam es zum offenen Streit. Philipp Lenard hatte damals ein Lehrbuch mit dem Titel „Deutsche Physik“ verfasst. In seiner Festrede zur Einweihung des Lenard-Instituts in Heidelberg lies der Physiker Johannes Stark, ein Freund Lenards, deutlich erkennen, in welche Richtung ihre Ideologie zielte: „Einstein ist heute aus Deutschland verschwunden... Aber leider haben seine Freunde und Förderer noch die Möglichkeit in seinem Geiste weiter zu wirken. Noch steht sein Hauptförderer Planck an der Spitze der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, noch darf sein Interpretor und Freund, Herr von Laue, in der Berliner Akademie der Wissenschaften eine physikalische Gutachterrolle spielen, und der theoretische Formalist Heisenberg, Geist vom Geiste Einsteins, soll sogar durch eine

Berufung ausgezeichnet werden“.

In einem Zeitungsartikel trat wenige Monate danach Heisenberg für die „jüdische“ Relativitätstheorie Einsteins ein, was zur Folge hatte, dass ihn die SS-Zeitschrift „Das Schwarze Korps“ als „weißen Juden“ angriff und er politisch der „Ossietzky der Physik“ war. So wundert es nicht, dass die Universität München den an ihn ergangenen Ruf zurückzog. Die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, die heutige Max-Planck-Gesellschaft, bewies mehr Mut und machte 1941 Heisenberg zum Direktor ihres Berliner Instituts für Physik.

Hier kam er allerdings mit den Plänen für eine deutsche Atombombe in Berührung. Heisenberg erkannte jedoch recht bald, dass die Voraussetzungen dafür nicht ausreichten. So blieb ihm die Gewissensnot seiner amerikanischen Kollegen erspart. 1957 gehörte er zu den Göttinger Achtzehn, die gegen eine atomare Bewaffnung der Bundeswehr protestierten.

Zu dieser Zeit war eine Reihe neuer Elementarteilchen entdeckt worden. Ihre weitgehende Umwandelbarkeit führte Heisenberg dazu, sie als verschiedene Ausprägungen eines „Urstoffes“ anzusehen, den man entsprechend der Einsteinschen Äquivalenz als Materie oder als Energie bezeichnen kann. Am 24. Februar 1958 hielt Heisenberg im Großen Hörsaal der Göttinger Physikalischen Institute einen Vortrag über Fortschritte in der

Theorie der Elementarteilchen. Unter den Hörern war auch ein Journalist, durch den schon am nächsten Tag eine „sensationelle Mitteilung“ in den Zeitungen erschien. „Werner Heisenberg und seine Mitarbeiter haben eine Gleichung ermittelt, die es in der Geschichte der Physik zum ersten Male möglich machen könnte, aus ihr heraus die gesamte Physik abzuleiten“, Der Spiegel schrieb später: „Der Journalist sorgte dafür, dass Heisenbergs theoretische Atombombe vorzeitig platzte.“

Nach dieser ungewollten Veröffentlichung seiner „Weltformel“ – eine vereinfachende Bezeichnung, die er selbst nicht liebte – legte Heisenberg zur Feier des 100. Geburtstages von Max Planck in seiner Festrede die Theorie offiziell der wissenschaftlichen Welt vor. Es gab danach viele Auseinandersetzungen mit Kritikern. Sein Wunsch, noch die Bestätigung seiner Theorie zu erleben, ging nicht in Erfüllung.

Als das Max-Planck-Institut für Physik, das Heisenberg leitete, nach München umsiedelte, kehrte er schließlich doch noch in seine Heimat zurück.

Ende 1970 wurde Heisenberg emeritiert. Er starb am 1. Februar 1976 in seinem Haus in München. „Mit Heisenberg verlieren wir nicht nur einen ganz Großen der Physik, sondern zugleich einen der größten, umfassendsten Wissenschaftler“, sagte Reimar Luest, der Präsident der Max-Planck-Gesellschaft. Und Adolf Butenandt nannte ihn „das größte Genie, das in Deutschland auf dem Gebiet der Naturwissenschaften gelebt hat“.

Die Deutsche Post AG widmet Heisenberg zu seinem 100. Geburtstag eine Sondermarke (Abb. 1).

CLB-Bezugsquellenverzeichnis

Das Bezugsquellenverzeichnis in der CLB ist ein schneller und bequemer Einkaufsnachweis für unsere Leser.

Bestellen Sie Ihren Eintrag per Fax:
(0203) 73 851 65.

Bei kostenloser Wahl des Stichwortes berechnen wir pro Zeile und Heft nur
€ 4,50 (DM 8,80) plus MWSt.

Hürden auf dem Weg nach oben

Dr. Uta Neubauer, Frankfurt am Main

Vorbei sind die Zeiten, als Frauen die Universitäten gar nicht oder nur durch den Hintereingang betreten durften. Studieren ist für sie heute ebenso selbstverständlich wie für Männer, eine Karriere in der Wissenschaft hingegen nicht. Was verhindert den Aufstieg der Frauen?



Einmal ins All und zurück. Claudie Haigneré war gerade da. Als erste europäische Frau flog die französische Astronautin im Oktober zur Internationalen Raumstation ISS. So hoch hinaus wollen die meisten Wissenschaftlerinnen gar nicht, aber aufsteigen möchten sie trotzdem, und zwar auf der Karriereleiter. Doch schon das ist mit einigen Hürden verbunden. Die Leiter ist für Männer gebaut und Frauen scheitern oft schon an den untersten Stufen. Claudie Haigneré bestieg ihre Rakete mit zwei männlichen Kollegen aus Russland.

Von solch einem Geschlechterverhältnis ist die deutsche Professoren-schaft weit entfernt: Nur jeder zehnte Professor ist eine Professorin. Deutschland liegt damit im europäischen Vergleich auf den unteren Rängen. Angeführt wird die Liste – Überraschung! – von der Türkei: Jede fünfte ordentliche Professur wird dort von einer Frau besetzt; allerdings nicht, weil das türkische Wissenschaftssystem so frauenfreundlich ist, sondern wegen der schlechten Dotierung der Stellen an den Universitäten. Die Männer schauen sich eher nach anderen Jobs um.

Allen Ländern ist eins gemeinsam: Je höher die Frauen in der akademischen Hierarchie aufsteigen, um so dünner wird die Luft für sie, um so mehr ist das Geschlechterverhältnis zu Gunsten der Männer verschoben (Abbildung 3). Dabei mangelt es der Wissenschaft nicht an weiblichem Nachwuchs. Unter den Studierenden ist das

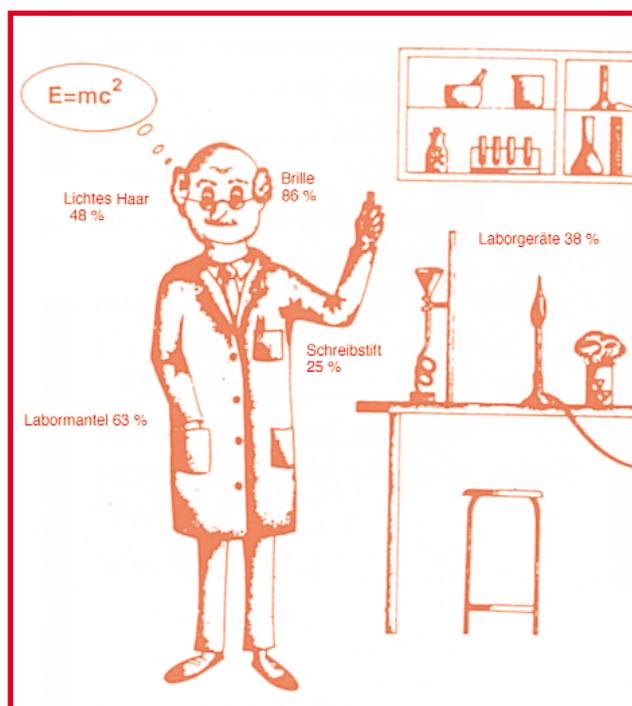


Abb.1:
Klischees prägen:
So stellen sich Kinder einen typischen Wissenschaftler vor (aus [1]).

Geschlechterverhältnis noch relativ ausgeglichen, wenn auch abhängig von den Fächern. In der Physik oder den Ingenieurwissenschaften besteht noch deutlich Aufholbedarf; in den Chemiestudiengängen sind seit Jahren mehr als 40% der Studierenden weiblich; in den Vorlesungen in Biologie und Medizin sitzen oft mehr Frauen als Männer. Doch der Platz am Pult scheint für die Herren reserviert. Warum?

■ Die Traditionsfalle

Zum Mond zu fliegen, Astronaut zu werden wie Claudie Haigneré, davon träumt manch kleiner Junge; die Träume der Töchter aber lenken Eltern und Erzieher in eine andere Richtung. In den Köpfen herrschen Rollenbilder, die das Interesse von Mädchen für Naturwissenschaft und Technik im Keim erstickt. Sie gilt es zu durchbrechen, wenn Mädchen im späteren Berufsleben die gleichen Chancen haben sollen wie Jungen.

Klischees erlauben uns, Inhalte schnell und leicht verständlich zu transportieren – in Bilderbüchern, Schulbüchern, in der Werbung, überhaupt in den Medien. Klischeehafte Darstellungen ersetzen Worte und erleichtern uns die Kommunikation insbesondere mit Kindern, deren Begriffswelt noch nicht so ausgebildet ist. Aktentasche und Krawatte für Papa, Schürze für Mama. Stereotypen prägen auch das Bild der Wissenschaft in den Medien: Der typische Wissenschaftler ist männlich (Abbildung 1). Solche Klischees halten sich selbst am Leben. Wer mit ihnen aufwächst, passt sich ihnen an. So landen spätestens nach der Geburt des ersten Kindes viele Paare in der Traditionsfalle: Sie bleibt zu Hause, er legt im Job erst richtig los. Frauen, die eine Karriere in Naturwissenschaft und Technik anstreben, widersprechen dem Rollenbild doppelt, zum einen durch die Fächerwahl, zum anderen durch den Anspruch auf eine Spitzenposition.



Abb.2:
Mädchen experimentieren im NaT-working-Schüler/innenlabor

■ Mädchen Mut machen

„Mädchen Mut machen“ lautet das Motto des Ada-Lovelace-Projektes und ist eine Strategie, um den Frauenanteil in Naturwissenschaft und Technik zu steigern. Das Ada-Lovelace-Projekt, eine Initiative des Landes Rheinland-Pfalz, und die Universität Mainz betreiben das NaT-working Schüler/innenlabor (www.nat-schuelerlabor.de), in dem Jungen und Mädchen Experimente durchführen, teilweise in nach Geschlechtern getrennten Gruppen. Laborarbeit weckt die Begeisterung für die Naturwissenschaften (Abbildungen 2 und 4). „Am Anfang ist es in den reinen Mädchengruppen sehr ruhig, bei den Jungen dagegen laut“, berichtet die Chemikerin Claudia Felser, die die Laborversuche betreut. Aber schon nach zehn Minuten gleiche sich der Geräuschpegel an – die Mädchen würden lauter, die Jungen leiser – und in beiden Gruppen herrsche konzentriertes Arbeiten. Die Laborversuche des Schüler/innenlabors sind anschaulich: Die Kinder tauchen Blumen in flüssigen Stickstoff oder bringen Luftballons mit Trockeneis zum Platzen. Die Fortgeschrittenen extrahieren Chlorophyll aus Blättern. Eher als Jungen stellen sich Mädchen die Sinnfrage bei den Experimenten und sind besonders interessiert, wenn sie den Lebensbezug

im Lehrstoff erkennen. Manch Lehrer sollte sein Unterrichtskonzept überdenken, will er auch das Interesse der Mädchen wecken.

■ Weibliche Vorbilder schaffen

Das Ada-Lovelace-Projekt beschränkt sich nicht darauf, die Begeisterung für Naturwissenschaften zu wecken, sondern ist in erster Linie ein Mentorinnen-Netzwerk für Frauen in Wissenschaft und Technik. Fachfrauen stehen Studentinnen und Berufseinsteigerinnen mit Rat und Tat zur Seite. Ingenieurinnen, Informatikerinnen, Naturwissenschaftlerinnen gehen in die Schulen, stellen sich und ihre Biografie vor und ermutigen als weibliche Vorbilder die Mädchen einen ähnlichen Berufsweg einzuschlagen. Auch die Astronautin Claudie Haigneré möchte Vorbild sein und mehr Europäerinnen für die Raumfahrt begeistern. Ihr letzter Flug ging nicht nur ins All, sondern auch durch die Medien und hat damit sicherlich zu dem Abschied von alten Rollenbildern beigetragen.

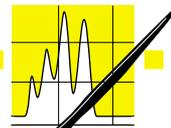
■ Werden Frauen in der Wissenschaft immer noch diskriminiert?

Die Physikerin Lise Meitner durfte das Chemische Institut in Berlin, an dem sie zusammen mit Otto Hahn ar-

beitete, zunächst nur durch den Nebeneingang betreten. Das war vor 100 Jahren. Der Kampf um die Chancengleichheit von Männern und Frauen war nicht umsonst und von solchen Schikanen bleiben die Frauen in der Wissenschaft heute verschont. Diskriminierung gegen Wissenschaftlerinnen ist nicht mehr so offensichtlich. Aber wer glaubt, es gäbe sie nicht mehr, irrt.

Fangen wir bei der Familienplanung an. Spätestens wenn Paare ans Kinderkriegen denken, beginnen für die Frauen die Probleme. Befristete Arbeitsverträge verbunden mit häufigen Wohnortswechseln charakterisieren die erste Phase einer wissenschaftlichen Karriere. Da ist keine Zeit für Kinder; erst recht nicht, wenn der Umgang mit Chemikalien zum Berufsalltag gehört. Denn stundenlanges Stehen im Labor ist tabu während Schwangerschaft und Stillzeit. Wer sich eine Auszeit leistet, ist schnell auf dem Abstellgleis. In einem Alter, in dem die Männer die Weichen stellen für ihre Karriere, sind die Frauen wegen Schwangerschaft und Kinderbetreuung beruflich lahmgelegt. Ihr Wiedereinstieg in die Wissenschaft scheitert, weil hier zählt, was sie nicht haben: lange Publikationslisten, Forschungsaufenthalte an renommierten Instituten im Ausland. Viel wäre gewonnen, wenn in Bewerbungsverfahren nicht Anzahl, sondern Qualität der Publikationen zählen und Altersgrenzen abgeschafft würden. Eine Auszeit wegen Schwangerschaft, Geburt und Stillzeit liegt in der Natur der Sache, darf aber kein Karrierekiller sein.

Haben wenigstens kinderlose Akademikerinnen die gleichen Chancen wie die männlichen Kollegen? Nein. Eine Studie der schwedischen Wissenschaftlerinnen Agnes Wold und Christine Wennerås kam zu einem Resultat, das – so erschreckend es auch ist – die meisten Frauen in der Wissenschaft schon aus eigener Erfahrung kennen: Sie müssen mehr leisten als ihre männlichen Kollegen, um die gleiche Anerkennung zu erlangen. Wennerås und Wold untersuchten die Vergabe von Post-Doc-Stipendien durch den schwedischen Medizinischen Forschungsrat und kamen zu dem Schluss, dass Bewerberinnen mehr als doppelt so produktiv sein mussten (gemessen an den



wissenschaftlichen Publikationen), um gleich bewertet zu werden wie ihre männlichen Konkurrenten [1].

Weitere Formen der Diskriminierung nennt der im letzten Jahr erschienene Bericht der Europäischen Kommission über Frauen in der Wissenschaft [2]: Bei der Vergabe von wissenschaftlichen Preisen oder bei der Besetzung von Stellen zählen Beziehungen oft mehr als die Qualifikation. „Sie glauben nicht, mit welch krimineller Energie Frauen aus den Berufungsvorschlägen herausgehalten werden“, wird da Helga Schuchardt, frühere Wissenschaftsministerin von Niedersachsen, zitiert. Mit allen möglichen Tricks würde die Einladung von qualifizierten Wissenschaftlerinnen zum Vortrag verhindert, um reine Männerlisten nicht zu gefährden. Frauen haben wenig Chancen in einem System, das von älteren Männern dominiert wird und sich selbst reproduziert. Laut einer britischen Studie sind diejenigen erfolgreich, die in Geschlecht und Alter dem Begutachter entsprechen. Das Gutachterwesen muss reformiert werden.

Die Europäische Kommission hat die Schiefelage erkannt und strebt einen Frauenanteil von 40% in den wissenschaftlichen Entscheidungsgremien an.

Das Werben um die Frauen verläuft allerdings nur mäßig erfolgreich. Nur in dem Gremium „Innovation und Kleine und Mittelständische Unternehmen“ beratschlagen etwa gleich viele Frauen und Männer, in den anderen liegt der Frauenanteil weit unter der selbst gesetzten Marke. Quotenregelungen alleine lösen das Problem offenbar nicht.

■ Der Mythos von der guten Mutter

Nur wenn auch die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen stimmen, werden Frauen nicht länger Kinderpops pudern, während die Männer an ihrer Karriere basteln. Natürlich brauchen wir mehr und qualitativ hochwertige Betreuungsangebote für unsere Kinder, mehr Krippen- und Hortplätze. Deutschland macht es seinen Müttern doppelt schwer: Zum einen gibt es zu wenig Betreuungseinrichtungen mit Öffnungszeiten, die dem Erwerbsleben angepasst sind. Zum anderen gilt als Rabenmutter, wer einen der seltenen Ganztagsplätze ergattert hat und den Nachwuchs nicht eigenhändig umhegt und pflegt. „Ich kann gut verstehen, dass deutsche Frauen vor dem zweiten Kind zurückschrecken“, sagte der französische Demograf Hervé le Bras in einem Interview in der Wochenzeitung

Die Zeit (20/2001). Dabei denkt er gar nicht in erster Linie an die praktischen Schwierigkeiten, einen Kindergartenplatz zu bekommen, sondern viel mehr an die große Verantwortung der deutschen Mütter für das Seelenheil und den Erfolg des Kindes. Französische Mütter wie Claudie Haigneré hingegen können auf ein gut ausgebautes System der außerfamiliären Kinderbetreuung vertrauen: ganztags geöffnete Krippen und Vorschulen schon für die Kleinen, Ganztagschulen mit Hausaufgabenhilfe für die Großen. Niemand redet den Müttern in Frankreich ein schlechtes Gewissen ein. Im Gegenteil: Die französische Gesellschaft und die Psychologen geben ihnen Recht und betonen den Wert der frühen Sozialisierung. 80% der erwerbstätigen Französinen arbeiten Vollzeit. In Spitzenpositionen sind aber auch sie noch viel zu selten anzutreffen. Auch ein Blick nach Schweden zeigt, dass selbst ein sehr

Abb.3:

Frauen und Männer in der Wissenschaft in sechs Ländern der EU: Je höher die Positionen in der akademischen Hierarchie, um so geringer ist der Anteil der Frauen.

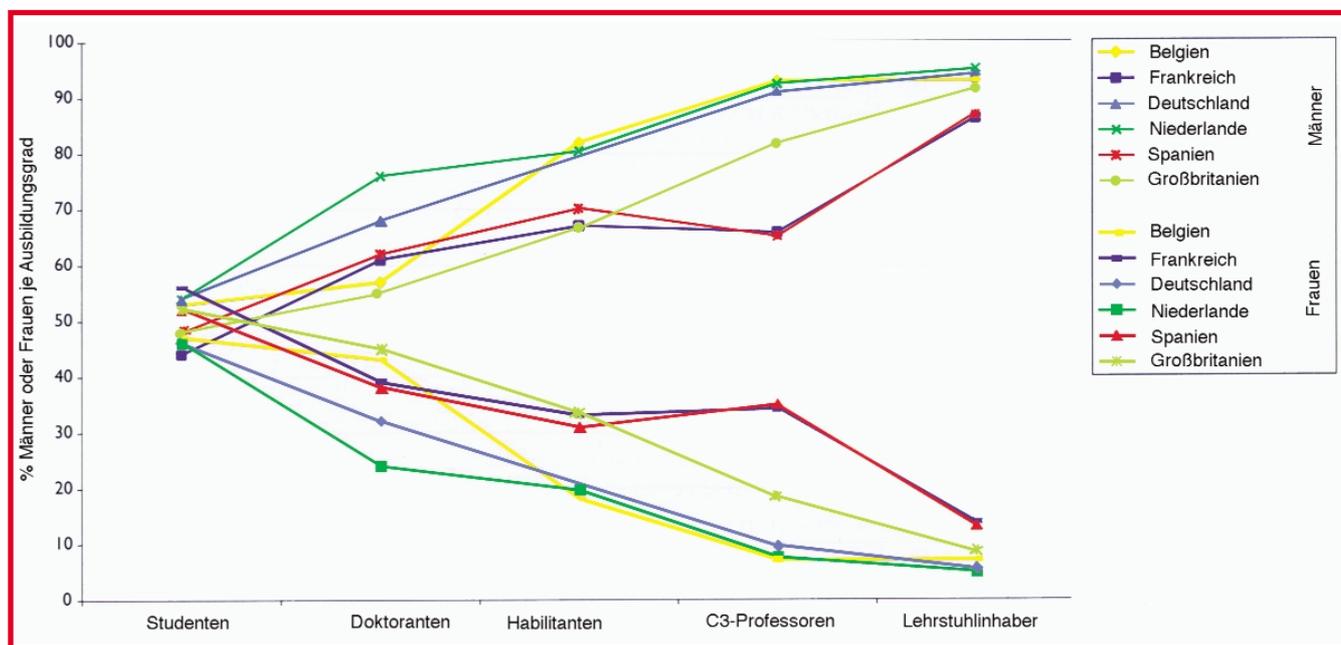




Abb.4:
Laborversuche wecken das Interesse für die Naturwissenschaften, hier während eines Workshops an der TU Braunschweig, veranstaltet vom Arbeitskreis „Chancengleichheit in der Chemie“ der GDCh.

gut ausgebautes System der außerfamiliären Kinderbetreuung kein Garant für Chancengleichheit ist. An den schwedischen Universitäten besetzen zwar annähernd so viele Frauen wie Männer Assistenzprofessuren, doch bei den Top-Stellen (entsprechend den C4-Professuren in Deutschland) liegt der Frauenanteil nur bei 11%.

■ Männern Mut machen

Wir brauchen nicht nur mehr Ganztageseinrichtungen in der Kinderbetreuung, wir brauchen auch mehr Väter, die ihre Kinder aus eben diesen abholen, statt abends erst dann nach Hause zu kommen, wenn die Kinder schon schlafen. „Die Trennung von Arbeit und Privatleben in der modernen Gesellschaft ist in erster Linie eine Trennung der Väter von ihren Familien“, so der Soziologe Thomas Gesterkamp in seinem Buch „Hauptsache Arbeit? Männer zwischen Beruf und Familie“. Die jüngste Studie des Familienministeriums zeigt hingegen, dass sich die jungen Väter nicht nur als Ernährer sondern vielmehr als Erzieher ihrer Kinder sehen. Doch die Kluft zwischen Wunsch und Realität ist groß. Überstunden und zunehmende Arbeitsdichte verhindern nicht nur eine erfolgrei-

che Erwerbstätigkeit der Mütter, sondern bescheren auch den Männern ein Vereinbarkeitsproblem. Auch sie sind hin- und hergerissen zwischen Beruf und Privatleben – und zucken trotzdem schon bei dem bloßen Gedanken an Teilzeitarbeit zusammen. Teilzeitarbeit ist Frauensache und Karrierebremse. Dabei kann Teilzeitarbeit auch für Männer attraktiv sein und das schlechte Image verlieren, wenn eine Reduktion um einzelne Prozente möglich ist. Schon eine 80%- Stelle erlaubt es den Eltern, den Spagat zwischen Arbeitszeit und Öffnungszeit vom Kindergarten zu bewältigen. Teilzeitarbeit in der Wissenschaft? Ein Spitzenjob in der Wissenschaft kommt ohnehin im Doppelpack daher: ein Job in der Lehre, einer in der Forschung. Das sind optimale Voraussetzungen für Job-sharing.

Die Spielräume im Beruf sind größer, als wir denken, auch für die Männer. „Es geht um mehr Courage im beruflichen Alltag“, sagt Thomas Gesterkamp und meint damit, dass Männer sich nicht länger hinter den Argumenten ihrer Chefs verstecken sollten, um auf Kosten der Familie im Beruf jederzeit verfügbar zu sein.

■ Vielfalt fördern

„Technik braucht Frauen, und auch Führung braucht Frauen. Deshalb werden die Unternehmen im Wettbewerb die Nase vorn haben, die Vielfalt gezielt fördern und sich dem Potenzial der Frauen öffnen“, so Peter Pribilla, Personalvorstand bei Siemens. Einige Unternehmen haben bereits realisiert, dass sie auf das Potenzial der Hälfte der Bevölkerung nicht verzichten können. Frauen bringen neue Impulse, haben andere Blickwinkel und verfügen gerade im Bereich Kommunikation und Teamarbeit über Stärken, die immer mehr an Bedeutung gewinnen. Auch in der Wissenschaft sind die Zeiten der Einzelkämpfer vorbei. Gerade die komplexen Aufgaben der Biotechnologie, an die oft auch Fragen der Ethik geknüpft sind, müssen in interdisziplinärer Teamarbeit von ausgezeichneten Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen bearbeitet werden.

Die Bundesregierung will „die besten Köpfe für unser Land“ anwerben. Der „brain drain“, die Abwanderung von geistigem Potenzial ins Ausland, soll zum „brain gain“ werden. Der deutschen Wissenschaft geht der Nachwuchs aus und so setzt sie, vollkommen richtig, auf Internationalität in Lehre und Forschung. Vor lauter Werben um ausländische Spitzenkräfte sollten aber die hochqualifizierten Wissenschaftlerinnen im eigenen Land nicht vergessen werden. Viele sitzen zu Hause und träumen vom Wiedereinstieg.

Literatur

- [1] Bericht der ETAN-Expertinnenarbeitsgruppe „Frauen und Wissenschaft“. „Wissenschaftspolitik in der Europäischen Union. Förderung herausragender wissenschaftlicher Leistungen durch Gender Mainstreaming“, Europäische Kommission, GD Forschung, Brüssel, 2001 Der Bericht kann vom Internet herunter geladen werden: <http://www.cordis.lu/rt/d2002/science-society/women.htm>
- [2] Wennerås, C. & Wold, A. (1997) Nature 387: 341-343

Kontakt:

Dr. Uta Neubauer
Spohrstr. 14
60318 Frankfurt am Main
Te. 069/15054797
Fax 069/15054799
E-Mail: uta_neubauer@gmx.de

Effektivere Synthese

Dr. Mechthild Kässer, Diekholzen

Für die meisten chemischen Umsetzungen ist es vorteilhaft, die Ausgangsstoffe in gelöster Form zu verwenden, da sie dann in feinsten Verteilung vorliegen und besonders reaktionsfreudig sind. Als Lösungsmittel geeignet ist grundsätzlich jedes flüssige Medium. In der Praxis werden fast ausschließlich wässrige bzw. organische Lösungsmittel verwendet. Der Einsatz ionischer Flüssigkeiten könnte den Verbrauch an organischen Lösungsmitteln und Katalysatoren deutlich einschränken und die Effektivität chemischer Syntheseverfahren steigern.

Gerade die altbewährten organischen Lösungsmittel haben einige Nachteile: Wegen ihrer beträchtlichen Flüchtigkeit belasten sie die Luft am Arbeitsplatz und die Atmosphäre. Außerdem sind einige von ihnen brennbar und giftig und zwingen daher zu äußerster Umsicht und strenger Beachtung von Sicherheitsvorschriften. Mit der Ausweitung der chemischen und pharmazeutischen Produktion wächst seit Jahren auch der Einsatz organischer Lösungsmittel weltweit kräftig an. Die damit verbundenen erhöhten Risiken für Menschen und Umwelt versuchen nationale Gesetzgeber durch Auflagen und Vorschriften möglichst gering zu halten. Unter diesem Druck hat die Industrie begonnen, ihre Verfahren in Bezug auf den Lösungsmittelverbrauch zu überdenken und nach neuen Wegen und Ersatzstoffen Ausschau zu halten. Mit Erfolg. Einige Synthesen gelingen zum Beispiel auch in überkritischen Medien wie überkritischem Kohlendioxid. Weitere Kandidaten, die in einigen Fällen schon ihre Brauchbarkeit bewiesen haben, sind ionische Flüssigkeiten.

Definition

Als ionische Flüssigkeiten bezeichnet man eine neuartige Klasse von

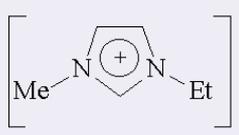
nicht molekularen Lösungsmitteln, die ausschließlich aus Ionen bestehen. Man kann sie zu Recht als eine Art flüssiger Salze bezeichnen. Von den klassischen Salzschnmelzen wie zum Beispiel geschmolzenem Kochsalz, die erst bei hohen Temperaturen flüssig sind, unterscheiden sich ionische Flüssigkeiten durch ihren niedrigen Schmelzpunkt unterhalb von 80 bis 100 °C. Diese willkürliche Grenzziehung zwischen Salzschnmelzen und ionischen Flüssigkeiten hat praktische, anwendungsbezogene Gründe: In diesem unteren Temperaturbereich, wo die meisten Reaktionen der organischen Chemie ablaufen und aus Gründen des Energieverbrauchs auch ablaufen sollen, können niedrig schmelzende flüssige Salze die Rolle von Reaktionsmedien übernehmen und organische Lösungsmittel ersetzen. Auch sind ionische Flüssigkeiten chemisch anders aufgebaut als die klassischen überwiegend anorganischen Salzschnmelzen. Das Geheimnis des niedrigen Schmelzpunktes ist die Raumpfülle

der Ionen. Kationen sind häufig alkylierte Amin- oder Pyrimidin-Verbindungen mit positiv geladenem Stickstoffatom, die Anionen sind Halogenide oder Halogenidkomplexe.

Geschichte

Ionische Flüssigkeiten wurden erstmals 1914 beschrieben. Die damalige Arbeit beschäftigte sich mit der Herstellung von Ethylammoniumnitrat, einem Salz, das bei Raumtemperatur flüssig vorliegt [1]. 1948 folgte die Entwicklung von ionischen Flüssigkeiten, die Chloroaluminat-Ionen enthielten und zum Elektroplatinieren von Aluminium eingesetzt wurden [2]. Diese Forschung wurde Ende der siebziger Jahre wieder aufgegriffen, als es galt, Ersatz für LiCl-KCl-Schnmelzen in thermischen Batterien zu finden [3]. Anfang der achtziger Jahre konnten Gruppen um Seddon und Hussey zeigen, dass sich Chloroaluminatschnmelzen auch als Lösungsmittel bei der elektro- und komplexchemischen Untersuchung von Übergangsmetallkom-

Abb. 1: Schmelz- und Glaspunkte von ionischen Flüssigkeiten mit dem 1-Ethyl-3-methylimidazolium-Ion

	Ionische Flüssigkeit	Schmelzpunkt / °C
 $[EMIM]^+ [A]^-$	[EMIM] Cl	87
	[EMIM] [NO ₂]	55
	[EMIM] [PhSO ₃]	47
	[EMIM] [C ₄ F ₉ COO]	28
	[EMIM] [NO ₃]	38
	[EMIM] [BF ₄]	6
	[EMIM] [AlCl ₄]	7
	[EMIM] [(CF ₃ SO ₂) ₂ N]	-3
	[EMIM] [CF ₃ SO ₃]	-9
	[EMIM] [CF ₃ COO]	-14

plexen eignen [4]. Als Reaktionsmedien und Katalysatoren für die organische Synthese wurden ionische Flüssigkeiten Ende der achtziger Jahre entdeckt:

Phosphoniumhalogenid-Schmelzen bewährten sich als Lösungsmittel bei nukleophilen aromatischen Substitutionen [5], und ionische Flüssigkeiten mit saurem Charakter – wiederum mit Chloroaluminat-Ionen – erwiesen sich bei der Friedel-Crafts-Reaktion als wirkungsvolle Katalysatoren [6].

Das Interesse war geweckt. Interessante Anwendungsfelder wurden erschlossen, als 1990 zwei Forschergruppen um Chauvin [7] bzw. Wilkes [8] entdeckten, dass schwach saure Chloroaluminat-Schmelzen gute Lösungsmittel für verschiedene, in der organischen Synthese verwendete homogene Übergangsmetallkatalysatoren sind. In der Folgezeit wuchs die Vielfalt der beschriebenen ionischen Flüssigkeiten, zunächst Schmelzen mit Tetrafluoroborat-Ionen [9]. Grundsätzlich ist ein weites Spektrum von Kation-Anion-Kombinationen niedrig schmelzender Salze möglich. Einige Chemiker schätzen ihre Zahl auf bis zu 1018. Jüngere Studien untersuchen systematisch, wie sich physikalische und chemische Eigenschaften ändern, wenn bei gleichem Kation die Anionen ausgetauscht werden oder umgekehrt [10] (Abb.1).

Inzwischen hat auch die Biochemie ionische Flüssigkeiten als Lösungsmittel entdeckt und lotet aus, in wieweit sie enzymatische Reaktionen günstig beeinflussen können. Erste Ergebnisse ermutigen.

Synthese

Ionische Flüssigkeiten sind durch einfache Alkylierungs- und Ionenaustausch-Reaktionen zugänglich. Zur Synthese des Kations wird etwa ein

Abb.2:

Synthese der ionischen Flüssigkeit 1-Ethyl-3-methylimidazoliumtrifluormethansulfonat durch Direktalkylierung

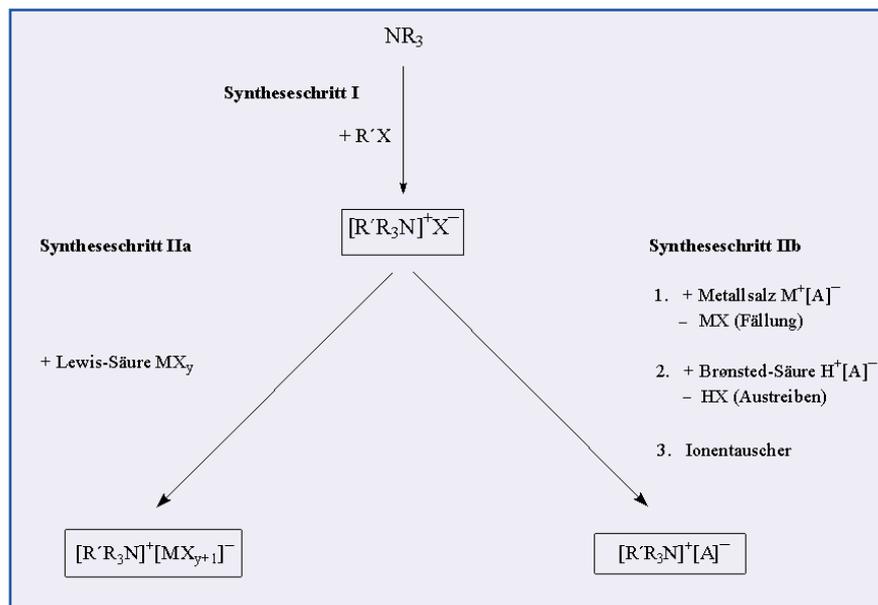
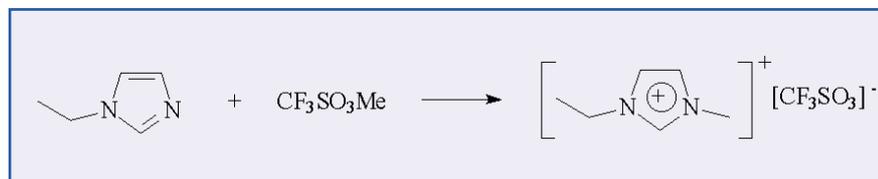


Abb.3:

Syntheseweg zur Herstellung ionischer Flüssigkeiten am Beispiel eines Ammoniumsalzes.

Amin oder Phosphan quaterniert (Abb.2). Das verwendete Alkylierungsreagens, hier Methyltriflat (Methyl-Trifluormethansulfonat), bestimmt zugleich das Anion. Die wichtigsten Kationtypen zeigt Abbildung 4.

Um ein Anion gegen ein anderes auszutauschen, gibt es folgende Möglichkeiten:

- Zusatz einer Lewisäure MX_y überführt ein Ammoniumhalogenid $[\text{R}_4\text{N}]^+\text{X}^-$ in eine ionische Flüssigkeit vom Typ $[\text{R}_4\text{N}]^+ [\text{MX}_{y+1}]^-$
- Ein Metallsalz M^+A^- fällt das Halogenid X^- in Form von MX aus.
- Eine Brønsted-Säure H^+A^- verdrängt das Halogenid als Halogenwasserstoff H^+X^- .
- Ein geeignetes Ionenaustauscherharz wird verwendet (Abb. 3).

Häufig verwendete Anionen sind außer Halogeniden AlCl_4^- , BCl_4^- , CuC_{12}^- , BF_4^- , PF_6^- , O_3^- , CH_3CO_2^- , HSO_4^- .

Eigenschaften

Ionische Flüssigkeiten sind wie andere Lösungsmittel meistens farblos (wenn sehr sauber) oder leicht gelblich (wenn ein wenig verunreinigt) und in der Regel etwas viskoser als Wasser. Durch geeignete Auswahl von Kation und Anion lassen sich die Eigenschaften der ionischen Flüssigkeiten in einem weiten Bereich verändern und auf bestimmte Anwendungen hin gezielt einstellen. Was Chemiker und Verfahrenstechniker gleichermaßen begeistert, ist die Aussicht, Eigenschaften in einer Weise kombinieren zu können, wie dies mit organischen Lösungsmitteln oder Wasser einfach nicht machbar ist. Das ermutigt zu neuen Forschungsansätzen. Um einen ersten Eindruck von der Vielseitigkeit ionischer Flüssigkeiten zu vermitteln, sollen hier einige allgemeine Gesetzmäßigkeiten anhand von Beispielen aufgeführt werden.

Der Schmelzpunkt, ein wichtiges Kriterium bei der Beurteilung von Reaktionsflüssigkeiten, liegt in der Regel niedrig, wenn die Kationen nur geringe Wechselwirkungen untereinander aufbauen und sich durch gute Ladungsverteilung und möglichst niedrige Symmetrie auszeichnen. Auch die Wahl des Anions hat Einfluss auf die Lage des Schmelzpunktes. Er liegt um so niedriger, je größer das Anion bei gleicher Ladung ist.

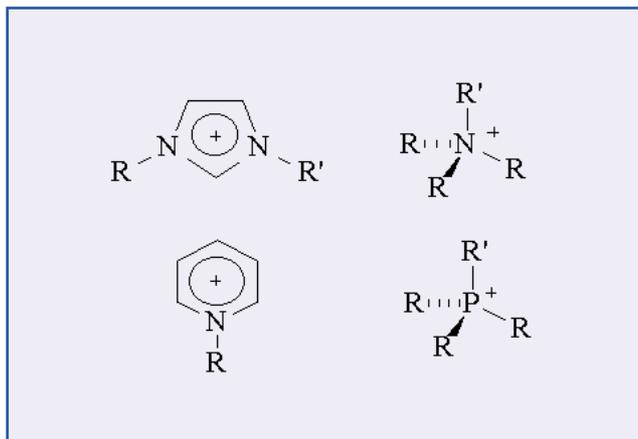
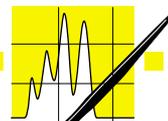


Abb.4:
Wichtige Kationtypen, die zur Bildung ionischer Flüssigkeiten verwendet werden (l.o. nach r.u.): Imidazolium-Ion, Pyridinium-Ion, Ammonium- und Phosphonium-Ion.

Nitrat- oder Benzolsulfonat-Ionen gewährleisten offenbar die Beständigkeit gegenüber Wasser und Luft, Systeme mit Chloroaluminat-Ionen dagegen sind stark hygroskopisch und anfällig gegen Hydrolyse.

Die Wasserlöslichkeit einer ionischen Flüssigkeit mit dem Kation 1-Butyl-3-Methyl-Imidazolium hängt stark von der Wahl der Anionen ab. Bromid, Acetat oder Triflat gewährleisten vollkommene Mischbarkeit. Tauscht man sie gegen PF_6^- - oder $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{N}^-$ aus, erhält man mit Wasser zweiphasige Gemische. Beides kann vorteilhaft sein. Im zweiten Fall eröffnen sich interessante Anwendungen für eine Stofftrennung durch Flüssig-flüssig-Extraktion.

In entsprechender Weise lässt sich die Löslichkeit organischer Verbindungen wie 1-Octen in ionischen Flüssigkeiten gestalten. Mit zunehmend unpolarem Charakter des Kations z. B. durch wachsende Länge der Alkylreste steigert sie sich von Unlöslichkeit bis zu völliger Löslichkeit.

Auch in Bezug auf die thermische Stabilität gibt es große Unterschiede zu beachten. Einen ungewöhnlich breiten Stabilitätsbereich von -3 bis über 400 Grad Celsius hat zum Beispiel $[\text{EMIM}][(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{N}]$.

Sind supersaure Reaktionsbedingungen gefragt, zum Beispiel in Prozessen mit superaciden Katalysatoren, empfehlen sich Chloroaluminat-schmelzen. Durch Zugabe von Chlorwasserstoff-Gas werden sehr reaktionsstarke Protonen freigesetzt. Ihre Säurestärke übertrifft selbst die von hundertprozentiger Schwefelsäure. Der Gedanke liegt also nahe, die häufig verwendeten HF-haltigen Reaktionsmedi-

en gegen solche nichtflüchtigen superaciden ionischen Flüssigkeiten auszutauschen.

Ähnliche Untersuchungen liegen für Dichte, Viskosität usw. vor [11].

Trotz der großen Variationsbreite ist allen ionischen Flüssigkeiten eine Eigenschaft gemeinsam: Ihr Dampfdruck ist unterhalb ihrer Zersetzungstemperatur verschwindend gering. Verluste durch Verdampfen wie bei organischen Lösungsmitteln gibt es daher nicht, und es entfallen eine Reihe lästiger ökologischer und sicherheitstechnischer Probleme. Ein weiterer Vorteil ergibt sich aus der Sicht der Verfahrenstechniker: Flüchtige Produkte können einfach durch Destillation von der Reaktionslösung abgetrennt, und die in ihr gelösten Katalysatoren weiter verwendet werden.

Die Handhabung ionischer Flüssigkeiten erfordert jedoch vielfach auch ein Umdenken. Für die Aufreinigung nach der Herstellung oder vor erneuter Verwendung kommt bei ionischen Flüssigkeiten die übliche Destillation nicht in Frage, ebensowenig – wegen der niedrigen Schmelzpunkte – eine Reingewinnung durch Kristallisation. Mit der Lösung dieses Problems beschäftigt sich die Solvent Innovation GmbH, Köln, (www.solvent-innovation.de) eine Ausgründung des Instituts für Technische Chemie und Petrochemie der RWTH Aachen. Sie entwickelt, synthetisiert und vertreibt ionische Lösungsmittel und bietet ihre Dienste auf dem Gebiet der Katalyse und der organischen Synthese an. (Abb. 5).

Anwendungen bei der Übergangsmetall-Katalyse

Eine erste industrielle Anwendung von ionischen Flüssigkeiten ist in naher Zukunft zu erwarten. Das Institut Français du Petrol IFP hat seinen katalytischen Prozess zur Dimerisierung niederer Olefine in Chloroaluminat-Schmelzen zur Lizenzannahme unter dem Namen „Difasol-Prozess“ angeboten [12]. Auch in andern Fällen wird geprüft, welche ionischen Flüssigkeiten im Einzelfall Wasser oder organische Lösungsmittel als Reaktionsmedium für Katalysatoren ablösen könnten. Man traut den neuartigen Lösungsmitteln zu, dass sie in idealer Weise die erforderlichen Eigenschaften in sich vereinen und zum Beispiel einerseits einen bestimmten Katalysator sehr gut lösen, ihn jedoch nicht durch zu starke Koor-

Abb.5:
Ungewöhnliches Lösungsverhalten einiger ionischer Flüssigkeiten; hier ein Dreiphasengemisch, bestehend aus: ionischer Flüssigkeit (unten), Wasser mit Farbstoff (mitte) und Cyclohexan (oben).



dinationskräfte deaktivieren, und gleichzeitig auch noch für Ausgangsstoffe oder für das Produkt gute Lösemittel darstellen. Durch eine solche Optimierung müßte es gelingen, die Aktivität und Stabilität von Katalysatoren in großtechnischen Produktionsanlagen zu steigern, die Ausbeuten zu erhöhen, und dabei den Katalysatorbedarf insgesamt durch wiederholte Nutzung zu senken. Erfolge auf diesem Gebiet werden belegt durch zahlreiche Veröffentlichungen zur zweiphasigen Hydrierung, Hydroformylierung, Alkoxycarbonylierung, Telomerisation und Oligomerisierung. Interessenten lesen hierzu den Übersichtsartikel [13].

■ Anwendung bei enzymatischen Reaktionen

Zahlreiche Enzyme aus Bakterien oder Pflanzen haben sich in der Industrie einen festen Platz als biologische Katalysatoren erobert. Die Übertragung aus einer lebenden Zelle in die industrielle Produktion und die dort geltenden völlig anderen Anforderungen stellen Verfahrenstechniker vor die Aufgabe, Ertrag oder Selektivität der enzymatischen Reaktion zu erhöhen und das gewünschte Produkt möglichst bequem abzutrennen. Zusatz von organischen Lösungsmitteln, Salzen oder überkritischen Flüssigkeiten brachten in einzelnen Fällen Verbesserungen, in anderen aber beeinträchtigten sie die Stabilität der Enzyme oder vergifteten die Zellen. In den letzten zehn Jahren finden daher auch ionische Flüssigkeiten wachsendes Interesse bei Forschern in Europa, Asien und Amerika. In Deutschland ist es vor allem die Arbeitsgruppe um Udo Kragl an der Universität Rostock, Fachbereich Chemie, die sich dieses Themas angenommen hat. Sie untersucht Reaktionen mit Lipasen und Glycosidasen und konnte zeigen, dass geeignete ionische Flüssigkeiten biokompatibel sind und Ausbeute und Selektivität der enzymatischen Katalyse deutlich steigern [14]. Für die Reinigung von ionischen Flüssigkeiten sowie für die Aufarbeitung von Produkten setzen die Rostocker Membranverfahren ein. Eine Publikation dazu ist in Vorbereitung.

■ Ausblick

Wegen ihres einzigartigen Charakters kommen ionische Flüssigkeiten dem Bestreben der chemischen Industrie um saubere Prozesse entgegen. Der Einsatz der neuen Flüssigkeiten könnte den Verbrauch an organischen Lösungsmitteln und Katalysatoren deutlich einschränken und die Effektivität chemischer Syntheseverfahren steigern. Andererseits sind wichtige Fragen noch unbeantwortet. Wie steht es zum Beispiel mit der Toxizität? Wie soll einmal die Entsorgung aussehen? Ausgiebige Untersuchungen müssen hier Klarheit schaffen. Ein weiteres Problem ist die begrenzte Verfügbarkeit ionischer Flüssigkeiten. Seit Ende 1999 sind inzwischen zahlreiche Varianten auch in größeren Mengen bis fünf Liter im Handel erhältlich. Die Preise liegen bei 100 bis 400 Euro pro 100 Milliliter, sollen aber bei wachsender Nachfrage in naher Zukunft zurückgehen [15]. Die baldige großtechnische Einführung wird auch davon abhängen, wie schnell Testmethoden entwickelt werden, die es erlauben, für eine bestimmte Anwendung möglichst rasch die am besten geeignete ionische Flüssigkeit heraus zu finden.

Literatur

- [1] S. Sugden, H. Wilkins *J. Chem. Soc.* (1929) 1291-1298
- [2] F. H. Hurley, T.P. Wier, Jr *J. Electrochem. Soc.* (1951) 98, 207-212
- [3] H.L. Chum, V.R. Koch, L.L. Miller, R.A. Osteryoung *J. Am. Chem. Soc.* (1975) 97, 3264-3265
- [4] P.B. Hitchcock, T.J. Mohammed, K.R. Seddon, J.A. Zora, C.L. Hussey, E.H. Ward *Inorg. Chim. Acta* (1986) 113, L25-L26
- [5] S.E. Fry, N.J. Pienta *J. Am. Chem. Soc.* (1985) 107, 6399-6400
- [6] J.A. Boon, J.A. Levisky, J.L. Pflug, J.S. Wilkes *J. Org. Chem.* (1986) 51, 480-483
- [7] Y. Chauvin, B. Gilbert, I. Guibard, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* (1990) 1715-1716
- [8] R.T. Carlin, R.A. Osteryoung *J. Mol. Catal.* (1990) 63, 125-129
- [9] J.S. Wilkes, M.J. Zaworotko *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* (1992) 965-967
- [10] J.D. Holbrey, K.R. Seddon *J. Chem. Soc. Dalton Trans* (1999) 2133-2140
- [11] P. Wasserscheid, W. Keim *Angew. Chem.* (2000) 112, 3926-3945
- [12] H. Olivier *J. Mol. Catal.* (1999) 146(1-2), 285-289
- [13] P. Wasserscheid, W. Keim *Angewandte Chemie* 2000, 112, 3026-3945
- [14] *Chimica oggi/chemistry today* Juli/August 2001 22-24
- [15] www.solvent-innovation.de

Danksagung

Herrn Dr. Peter Wasserscheid vom Institut für Technische Chemie und Makromolekulare Chemie der RWTH Aachen danke ich für seine freundliche Unterstützung bei der Erstellung des Textes, insbesondere für Abbildung, Tabellen, Schemata und Literaturhinweise aus seinen Originalarbeiten.

Kontakt

Dr. Mechthild Kässer
Ahornweg 5
31199 Dieckholzen

Ausgezeichnet

Wie sehr ionische Flüssigkeiten in das Blickfeld der chemischen Industrie geraten sind symbolisiert eine aktuelle Auszeichnung der Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie. Den mit 20.000 Euro dotierten Dechema-Preis der Max-Buchner-Forschungstiftung erhielt Dr. Peter Wasserscheid, RWTH Aachen, am 30. November in Frankfurt, und zwar für seine bahnbrechenden Arbeiten zur Entwicklung ionischer Flüssigkeiten und ihrer Anwendung im Bereich von Katalyse und Biotechnologie. Weiter hieß es in der Laudatio: „Seine Arbeiten haben zur Entwicklung neuer ionischer Flüssigkeiten geführt und das Verständnis dieser innovativen Lösungsmittel wesentlich erweitert. An konkreten Anwendungsbeispielen der Übergangsmetallkatalyse und der Biokatalyse konnte er zeigen, welche neuen Optimierungsmöglichkeiten bekannter Reaktionen sich ergeben, wenn man Wasser oder flüchtige organische Lösungsmittel durch eine ionische Flüssigkeit ersetzt. Die Umsetzung einiger dieser Erkenntnisse in technischen Anwendungen wird bereits diskutiert.“

CLB-MEMORY

Die CLB-Beilage für Ausbildung in Chemie, Labortechnik,
Chemietechnik, Biologie und Biotechnik
Redaktion: R. Ellmer, Am Kornfeld 49, 58239 Schwerte

Dezember 2001

Thermodynamic Aspects of the Chemistry of the s Block Metals

Dr. Mounir A. Malati

Mid-Kent College of Higher and Further Education, Chatham ME5 9UQ, U.K.

The Kapustinskii equation and thermochemical ionic radii

When the crystal structure of a solid is not known or when r_e in equation (2) cannot be readily defined, a semiempirical equation for L has been suggested by Kapustinskii [8]. He noticed that when M in equation (2) is divided by the number of ions in the formula of the compound, v , the ratio M/v is nearly constant for known crystal structures. He suggested replacing r_e in equation (2) by the sum of the ionic radii. The Kapustinskii equation can be represented by:

$$L = \frac{M' N_A z_c z_a e^2 / 4\pi\epsilon_0 (r_c + r_a)}{[1 - \{34.5 / (r_c + r_a)\}]} \quad (9),$$

M' is a constant, the other symbols are the same as in equation (2). Using pm as the unit of the radii and inserting the values of the constants, equation (9) reduces to: [2b]

$$L = [1.214 \times 10^5 v z_c z_a / (r_c + r_a)] / [1 - (0.345 / (r_c + r_a))] \quad (10),$$

when L is in KJ mol^{-1} . For polyatomic ions, especially unsymmetric ones, an ionic radius has little significance. A method has been suggested to estimate these radii [2c]. As an example, to find the radius of ClO_3^- , if ΔH_f° of NaClO_3 and ΔH_f° of KClO_3 are known, then:

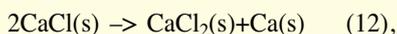
$$L - L^1 = \Delta H_f^\circ(\text{Na}^+, g) - \Delta H_f^\circ(\text{K}^+, g) - \frac{[\Delta H_f^\circ - \Delta H_f^{o1}]}{1} \quad (11),$$

where L and L^1 are the lattice energies of NaClO_3 and KClO_3 respectively and $\Delta H_f^\circ(M^+, g)$ is the sum of the atomisation

and ionisation enthalpies of $M(s)$. Substituting in equation (10) for the crystal radii of Na^+ and K^+ , the unknown radius of ClO_3^- can be calculated. By similar calculations a set of radii is obtained, these radii being referred to as thermochemical radii since they are based on thermochemical data.

Since the thermochemical radii of the sulphate and chromate ions are close in value, it is not surprising to find that the solubility trend among the sulphates and chromates of group 2 are similar. Accordingly barium can be gravimetrically determined either as chromate or sulphate [9a].

One advantage of equation (10) is to calculate the heat of formation of unknown compounds to check their expected stability [10]. An interesting example is to estimate the enthalpy of formation of a hypothetical compound CaCl assuming a radius for Ca^+ ion. Although a value of $\sim 188 \text{ kJ mol}^{-1}$ is estimated, the enthalpy of the reaction:



would be $\sim 419 \text{ kJ mol}^{-1}$. This highly negative enthalpy indicates that the thermodynamically feasible product of the reaction of Ca and Cl_2 is CaCl_2 [5c].

When equation (10) was used to calculate the lattice energies of M_2SiO_4 for the triad Ca , Sr and Ba , and then ΔH_4° in Fig.1 was calculated using their known ΔH_f° 's, ΔH_4° was within 0.4% of the average value as expected for ionic solids. However, similar calculations for

the orthosilicates of Be and Mg were 2.4% and 1.6% respectively higher than the average ΔH_4° . This indicates that the strongly polarising Mg^{2+} and especially the smaller Be^{2+} , lead to departure from ionic character [7], especially when combined with the quadruply charged silicate. Partial covalence was taken into account in an extended equation (10) [11].

Thermal stability of oxosalts and other s block compounds

Fig. 5 depicts a combined thermochemical cycle, which relates the enthalpy of decomposition ΔH_r° of carbonates of group 2 to their lattice energy, denoted $L(s)$, heats of formation $\Delta H_f^\circ(s)$ and the corresponding $L(o)$ and ΔH_f° of the oxides produced by decomposition. It can be readily seen that:

$$\Delta H_r^\circ = L(s) + \Delta H_d^\circ + L(o) \quad (13),$$

where ΔH_d° is the enthalpy of dissociation of the gaseous carbonate ion to $\text{O}^{2-}(g)$ and $\text{CO}_2(g)$, which is expected to be constant for group 2 carbonates within the accuracy of corresponding values of $L(s)$. Stern calculated $L(s)$ for a series of group 2 sulphates and $L(o)$ for their oxides and showed that the enthalpy of the reaction corresponding to ΔH_d° was constant within 0.76% of the average for the five sulphates [12] including those of Be and Mg . The lattice energies were calculated neglecting the repulsion term i.e. the last term between square brackets in equation (2), which contributes 10–20% of total L [12].

Neglecting the repulsion term in equation (2) or (10) means that L is proportional to $1/(r_c + r_a)$. Since $z_c z_a v$ in equation (10) are the same for the carbonate and oxide of Fig.5, it is clear from the Fig. that ΔH_r° is proportional to:

Legend to Figures

- Fig. 1 Born-Haber cycle for M_2SiO_4 (adapted from ref. 7)
- Fig. 2 (a, top) ΔH_f° for oxides: $1/2 M_2O$ (●); $1/2 M_2O_2$ (○), MO_2 (×) (LH scale); MO (○) and MO_2 (×) (RH scale), data from ref. 1 p. 40;
 (b, upper middle) ΔH_f° of MH (LH scale) and MH_2 (RH scale),
 (c, lower middle) L for oxides: M_2O (○), M_2O_2 (×), MO_2 (●) (LH scale); MO (○) and MO_2 (×) (data as in (a));
 (d, bottom) L for MH and MH_2 as in (b); data from ref. 5 p. 160.
- Fig. 3 L for MF (○), MI (□) (top LH scale), data from ref 3 p. 73;
 $\Sigma\Delta H_{hyd}^\circ$ for fluorides (●), for iodides (■), data from ref 2 p. 121;
 (bottom LH scale), ΔG_{sol}° for MF (○) and MI (□), (RH scale), data from ref. p. 127.
- Fig. 4 L for $M(OH)_2$ (●) (top RH scale), ΔG_{sol}° (◆) (top LH scale),
 ΔG_{sol}° for MSO_4 (▼) (bottom LH scale), data for both from ref. 3 p. 127,
 ΔH_{hyd}° for M^{2+} (△) (bottom LH scale), data from ref. 3 p. 152.
- Fig. 5 Combined thermochemical cycle for MCO_3 .
- Fig. 6 ΔG_r° for reactions (iv) (■) and (v) (□), see text and ΔH_r° for the other reactions; data from ref. 2 p. 74 (data for reaction (iii) from same ref. p. 72).

by the more stable nitrates give alkaline reaction [9d]. The similarity between Li and Mg carbonates and nitrates as well as in the solubilities of some of their salts are examples of "diagonal similarity" [5e].

It is worth noting that the reverse stability trends down groups 1 and 2 and between the two groups is observed for the stability of the hydrides since the decomposition leads to the metal and H_2 . In these cases, the lattice energy of the solid reflects the stability which is greater for group 2 hydrides than group 1 hydrides with LiH the most stable alkali hydride. The contrast in the stability between the

nitrides and azides is worth mentioning. Li is the only alkali metal to form Li_3N (together with Li_2O) when burnt in air [9b]. Group 2 metals also form nitrides when burnt in N_2 . The azides of the alkali metals on the other hand become more stable down the group, ΔH_f° changing from +1.3 to -0.4 to -10 kJ mol⁻¹ from KN_3 to RbN_3 to CsN_3 respectively. Here, the azide decomposes to the nitride, $r_a(N_3^-) < r(N_3^-)$.

Other thermodynamic considerations include the replacement of a less electronegative halide X by a more electronegative X^- . For example in the reaction:



since $L(MF)$ is higher than $L(MCl)$ since $r(F^-) < r(Cl^-)$, ΔH_r° is expected to be proportional to $L(MCl) - L(MF)$ or δL . Since $1/(r_c + r_a)$ decreases more rapidly as r_c increases for the chlorides than for the fluorides, δL becomes less negative down the group. ΔH_r is -245 and -140 kJ mol⁻¹ for Li and Cs halide systems respectively [2d].

REFERENCES

- S. J. Ashcroft and G. Beech, Inorganic Thermodynamics, Van Nostrand Reinhold, London, 1973, (a) p. 40, (b) p. 42.
- D. A. Johnson, Some Thermodynamic Aspects of Inorganic Chemistry, Cambridge University Press, Cambridge, 2nd ed. 1982, (a) p. 30, (b) p. 48, (c) p. 49, (d) Appendix 5.
- W. E. Dasent, Inorganic Energetics, Cambridge University Press, 2nd ed., Cambridge, 1982, (a) p. 70, (b) p. 73, (c) p. 152, (d) p. 153.
- M. A. Malati, Chemie Labor. Biotech. **51**, M90 (2000).
- J. Barrett and M. A. Malati, Fundamentals of Inorganic Chemistry, Horwood Publishing, Chichester, 1998, (a) p. 159, (b) p. 160, (c) p. 155, (d) p. 294, (e) p. 167.
- R. S. Treptow, J. Chem. Educ. **74**, 919 (1997).
- M. A. Malati and M. McEvoy, Revue de Chimie Minerale, **19**, 65 (1982).
- A. F. Kapustinskii, Quart. Rev. Chem. Soc., **10**, 283 (1956).
- M. A. Malati, Experimental Inorganic/Physical Chemistry, Horwood Publishing, Chichester, 1999, (a) pp. 59, 106, (b) p. 55, (c) p. 261, (d) p. 56.
- G. J. Moody and J. D. R. Thomas, J. Chem. Educ., **42**, 204 (1965).
- K. B. Yatsiminskii, Russian J. Inorg. Chem., **6**, 518 (1961).
- K. H. Stern, J. Chem. Educ., **46**, 645 (1969).

Notfallchemie: Asbest – eine latente Gefahr

Beim Einsturz der beiden WTC-Tower am 11. September 2001 in New York als Folge eines Terroranschlages sind u. a. beträchtliche Mengen an Asbest freigesetzt und in einer riesigen Staubwolke verbreitet worden. Gerade diese in Bauwerken verarbeiteten Asbestmengen

als Brand- und Flammenschutz sind es, die den Fachärzten steigende Sorgen bereiten. So wurden auf dem Europäischen Lungenkongress im September 2001 in Berlin folgende Zahlen genannt:

In den Industriestaaten erkranken jährlich 30000 Arbeiter neu an Lungen-

und Bauchfellkrebs, davon 20000 an Lungenkrebs und 10000 an Bauchfellkrebs.

Einer von sieben Menschen aus der Normalbevölkerung trägt Narben im Lungengewebe durch das Einatmen von Asbestfasern.

Die Zeit bis zum Krankheitsausbruch beträgt durchschnittlich 35 Jahre.

Der Höhepunkt des bösartigen Bauchfellkrebses nach Asbestkontakt wird für Deutschland im Jahre 2017 erwartet.

Berufskrankheit

In der Liste der Berufskrankheiten (BK) in der Fassung der Berufskrankheiten-Verordnung (BKV) vom 31. Oktober 1997 wird Asbest in die Gruppe der Erkrankungen durch anorganische Stäube eingeordnet unter die BK-Nr.:

- 4103 Asbeststaublungerkrankung (Asbestose) oder durch Asbeststaub verursachte Erkrankung der Pleura
- 4104 Lungenkrebs oder Kehlkopfkrebs
 - in Verbindung mit Asbeststaublungerkrankung (Asbestose),
 - in Verbindung mit durch Asbeststaub verursachter Erkrankung der Pleura oder
 - bei Nachweis der Einwirkung einer kumulativen Asbestfaserstaub-Dosis am Arbeitsplatz von mindestens 25 Faserjahren. ($25 \cdot 10^6$ [(Fasern/m³) • Jahre]).
- 4105 Durch Asbest verursachtes Mesotheliom des Rippenfells, des Bauchfells oder des Pericards.

Schon seit 1943 wird Lungenkrebs in Verbindung mit einer Asbeststaublungerkrankung als Berufskrankheit vom Gesetzgeber anerkannt, 1997 folgte der Kehlkopfkrebs als Folge einer Asbesteinwirkung.

Die Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie (BG Chemie) hat in „Sichere Chemiearbeit“ vom Juli 2001 die Zahl der beruflich verursachten Krebserkrankungen durch Asbest aufgeführt:

1995	216
1996	214
1997	205
1998	199
1999	197
2000	239

Gemessen an der Gesamtzahl der beruflich verursachten Krebserkrankungen ist die Zahl der durch Asbest verursachten Krebserkrankungen prozentual angewachsen:

1995	65 %
1996	66 %
1997	69 %
1998	71 %

1999	75 %
2000	76 %

In der TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe“ (Stand 2001) wird Asbest in die krebserzeugende Kategorie 1 (Stoffe, die beim Menschen bekanntermaßen krebserzeugend wirken) eingestuft. Wegen der Einstufung in die krebserzeugende Kategorie werden keine MAK-Werte nach TRGS 900 (Luftgrenzwerte) angegeben.

Nach der 28. Anpassung der Richtlinie 67/548/EWG vom 6. August 2001 fallen unter die Index-Nr. 650-013-00-6 = Asbest die folgenden Minerale mit Angabe der CAS-Nr.:

12001-28-4	Krokydolith (Riebeckit, Blauasbest, Amphibolasbest)
12001-29-5	Chrysotil (Faserserpentin)
12172-73-5	Amosit (faseriger Grunerit)
77536-66-4	Aktinolith (Amianth)
77536-67-5	Anthophyllit (Anthophyllit-asbest)
77536-68-6	Tremolit (Amphibolasbest (in der Natur am weitesten verbreitet))
132207-32-0	Asbest(faserförmige Amphibole)

Sie müssen mit dem Gefahrensymbol T = giftig und den R-Sätzen 45 = Kann Krebs erzeugen, 48/23 = Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen sowie den S-Sätzen 53 = Exposition vermeiden – vor Gebrauch besondere Anweisungen einholen und 45 = Bei Unfall oder Unwohlsein Arzt hinzuziehen (wenn möglich dieses Etikett vorzeigen) gekennzeichnet werden.

Die Gefährdung durch Asbest erfolgt durch eingeatmete Fasern mit einer genau festgelegten Faserstruktur bzw. Fasergeometrie. Die analytische Erfassung von Asbestfasern wird von akkreditierten Messstellen mittels Rasterelektronenmikroskopie durchgeführt.

Die besondere Gefährdung durch Asbest besteht in der Unheilbarkeit der ausgebrochenen Erkrankung. Deshalb ist die wirtschaftliche Nutzung von Asbest in Deutschland verboten. Da jedoch, wie in den 30 Jahre alten WCT-Türmen, Asbest als Brand- und Flammschutz verarbeitet worden ist, ergibt sich bei Abbruch oder

wie bei dieser nicht vorhersehbaren Katastrophe eine nicht zu unterschätzende Gefährdung der gesamten Bevölkerung. Der Umgang mit diesem mit Asbest verseuchten Bauschutt ist in Deutschland nur unter streng reglementierten Schutzmaßnahmen mit behördlicher Genehmigung möglich.

Als anorganischer Staub ist Asbest chemisch resistent. Die Schutzmaßnahmen können nur lauten: Staub vermeiden und Staub nicht einatmen. Alle Asbesthaltigen Materialien, soweit noch vorhanden, sind unverzüglich unter Sicherheitsmaßnahmen der Abfallbeseitigung zuzuführen.

Günter Sorbe

Stilblüten

Hexamethylphosphorsäuretriamid ist ein Paradebeispiel für ein nucleophil aprotisches Lösemittel. In einer Klassenarbeit (1. Jahr Chemotechniker-Ausbildung) lautete eine Frage: „Erläutern Sie das Akronym HMPT!“ Eine Schülerin beantwortete die Frage so: „Help Me Please Teacher (I don’t know).“

Eine Schülerin, der einmal schwindelig wurde, tat hinterher kund, mit ihrer Hypothese sei etwas nicht in Ordnung Sie hatte zu viel Matheunterricht gehabt und meinte die Hypophyse.

„Der Schmelzpunkt wird dann mit einem literarischen Wert verglichen.“

„Das HPO₄²⁻-Ion reagiert mit Wasser unter Bildung von P₂O₅ und Wasser; da P₂O₅ ein Gas ist, entfernt es sich aus dem Reaktionsbereich.“

„Ein Element ist ein Reinstoff der sich auf chemikalischem Weg nicht weiter zerlegen lässt.“

„Große Moleküle haben eine größere Angriffsfläche. Daher ist ein verzweigtes Molekül mit einem niedrigeren Schmelzpunkt ausgestattet als ein unverzweigtes. (In der Natur trifft man öfters auf solche Tricks um die Fläche zu vergrößern, z. B.: Rindviehdarm).“

- Hier noch vier Einzeiler:
- Reduxtion statt Reduktion
- Ambolie des Wassers
- Anemie des Wassers
- Sepektum statt Spektrum
- Monometer statt Monochromator
- Atomabsorbierungs-Spektroskopie
- High Pleasure Liquid Chromatographie

weg. Bei niedrigem Niveau der Flüssigkeit erfolgt auch hier Kondensation an dem höheren Teil der Glaswand. Will man das Verdampfen weiter einschränken, deckt man mit einem Uhrglas ab; das Kondensat tropft dann von der tiefsten Stelle zurück.

Für das Eindampfen sind flache Gefäße mit niedrigem Rand, z. B. eine Porzellanschale, geeignet. Vor dem Eindampfen sind die Fragen der Feuergefährlichkeit, der Temperaturbeständigkeit der Substanz und der Funktionsfähigkeit des Abzugs zu klären.

Rund- oder Spitzkolben?

Für Destillationen ist die Verwendung von Kolben unumgänglich. Der größere Kolben wird mit der zu destillierenden Flüssigkeit bzw. dem flüssigen Gemisch gefüllt. Meist destillieren bei steigenden Temperaturen innerhalb verschiedener Intervalle einzelne Komponenten oder Gemische ab. Man kann dann die Destillation unterbrechen: fraktionierte Destillation. Geeignete Glasgeräte mit Schliff, also drehbar, erlauben eine fraktionierte Destillation auch ohne Unterbrechung, was Vakuumdestillationen sehr vereinfacht. Bei Vakuumdestillationen dürfen auf keinen Fall Erlenmeyerkolben verwendet werden, da diese, bedingt durch ihre Form, dem äußerem Druck nicht standhalten. Das Destillat, besonders wenn es sich nur um kleine Mengen handelt, wird vorzugsweise in Spitzkolben aufgefangen. Bei dieser Kolbenform werden auch wenige Tropfen zusammengehalten, die sich im Rundkolben verteilen und verlieren würden. Ein Spitzkolben kann auch zur Aufnahme des zu destillierenden Gutes dienen. Bei einer Vakuumdestillation soll die Kapillare bis zum tiefsten Punkt reichen, bei einem Spitzkolben also bis in die Spitze.

Groß oder klein?

Vor Beginn einer Arbeit, ganz gleich ob Analyse oder Synthese, muß entschieden werden, welchen Maßstab man wählt: groß oder klein, makro oder mikro. Man tendiert meist aus psychologischen Gründen nach der selten richtigen Devise „viel hilft viel“.

Für die qualitative Analyse, anorganisch wie organisch, hat sich der Halbmikromaßstab durchgesetzt. Der Einsatz chromatographischer und instrumenteller Methoden erfordert nur Mikromengen.

Bei einer Synthese ist die geforderte Menge des Endproduktes bestimmend. Auch hier sollte möglichst „klein“ begonnen werden. Bei kleinen Ansätzen ist die Temperaturführung einfacher wegen der kürzeren Wege der Wärmeleitung. Bei der Übertragung auf größere Mengen, z. B. in den technischen Maßstab mit der zwangsläufig geringeren Oberfläche, muß auf die Abführung von Reaktionswärme zusätzlich geachtet werden.

In jedem Fall erfordert das Arbeiten im kleinen Maßstab weniger Chemikalien und weniger Energie und führt auch zu weniger zu entsorgendem Abfall, ist also kostengünstiger. Jedoch erfordert das Arbeiten im kleinen Maßstab mehr Sorgfalt. Im großen Maßstab werden zumindest geringfügige Fehler oder Ungeschicklichkeiten von der großen Menge abgepuffert. Im Falle eines unbefriedigenden Ergebnisses ist ein kleiner Ansatz leichter zu wiederholen.

Dr. Wolfgang Werner

Flammenfärbung deutlich

Will man Metalle durch Flammenfärbung nachweisen oder einen Hinweis darauf erhalten, welche vorhanden sein könnten, geht man meist wie folgt vor:

Man stellt eine Lösung des zu untersuchenden Stoffes her (sofern diese nicht schon vorliegt), bringt ein Magnesiastäbchen zum Glühen, taucht es in die Lösung ein und hält dann das benetzte Magnesiastäbchen in die nichtleuchtende Bunsenbrennerflamme. Das Ergebnis ist dann eine mehr oder minder deutliche Flammenfärbung.

Oft ist es jedoch so, daß die Lösung nur schwach konzentriert ist und die resultierende Flammenfärbung folglich oft zu undeutlich erscheint.

Um diesem Problem abzuwehren, gibt es verschiedene Lösungsmöglichkeiten:

Man kann den Raum abdunkeln, was aber bei Laboratorien mit mehreren Arbeitsplätzen oft nicht ratsam ist.

Man kann einen Papierbogen hinter die Bunsenbrennerflamme halten, um den Kontrast zu steigern; dies hat jedoch auch nur einen begrenzten Effekt.

Anstelle der üblichen Vorgehensweise verfährt man wie folgt: Man gibt ein wenig von der Substanzlösung auf ein Uhrglas und glüht das Magnesiastäbchen

in der Brennerflamme. Sobald das Magnesiastäbchen ausreichend glüht, führt man das Uhrglas an den Sauerstoffeinlaß des Bunsenbrenners und neigt es vorsichtig ein wenig, so daß die Flüssigkeit nahe von Uhrglasrand und Sauerstoffeinlaß ist. Wenn man nun das glühende Magnesiastäbchen in die Flüssigkeit taucht, wird ein Teil derselben schlagartig verdampft und durch den Sauerstoffeinlaß in das Bunsenbrennerrohr und in die Flamme gesaugt. Hierdurch erhält man eine viel intensivere Flammenfärbung als normal.

Man sollte aber bedenken, daß man für diese Testvariante immer denselben Bunsenbrenner verwenden sollte, dem es nichts ausmacht, wenn er ein wenig verunreinigt wird, da Ablagerungen nicht ganz auszuschließen sind. Ebenso sollte man bedenken, daß die Gefahr besteht Lösung zu verschütten oder zu verspritzen.

Dr. Markus Wanke

Ein neues Lehrbuch

Dr. Theodor Ackermann hat seine Skripten, die er als Unterlagen zum Unterricht an einer Chemieschule einsetzte, als Buch herausgebracht. Der Titel: Allgemeine und Anorganische Chemie – Ein Lehrbuch für die praktischen Chemiebetriebe. Das Buch ist mit grüner Farbe gedruckt und kostet 19,90 Euro (ISBN 3-00-007202-0).

Damit die Benutzer des Lehrbuches die erworbenen Kenntnisse auch anwenden können, hat der Autor den Begleitblock „Aufgaben und Arbeitsblätter zur Allgemeinen und Anorganischen Chemie“ geschaffen. Der Block kostet 6,90 Euro und kann direkt bei Dr. Ackermann, Mühlenweg 6, 30938 Burgwedel, bestellt werden. Die Blätter lassen sich einzeln vom Block abtrennen. Die Antworten zu den Fragen sind auf Extrablättern am Ende des Blocks zu finden.

Der Block enthält weiterhin Übersichtstabellen, aus denen einige wichtige Daten abgelesen werden können. Es handelt sich dabei nicht um präzise Messwerte – diese müssen aus Tabellenwerken entnommen werden –, sondern um eine Typisierung. So lassen sich auch für Stoffe, mit denen man nicht täglich umzugehen hat, Parallelen erkennen zu den Stoffen, die man bestens kennt. Insgesamt ist stundenlange, sinnvolle Beschäftigung mit Chemie garantiert.

Die EN-Werte und ihre Historie

Teil 11: Paulings endgültige EN-Skala

Im Alter von 85 Jahren schaute Pauling auf sein wissenschaftliches Hauptwerk zurück. Er veröffentlichte im 1. Band der Zeitschrift „Molecular Structure and Energetics“ auf den Seiten 1 bis 15 einen Aufsatz mit dem Titel „The Nature of the Chemical Bond Fifty Years Later: The Relative Electronegativity of Atoms Seen in Perspektive“.

Der Begriff „Elektronegativität“ war zu diesem Zeitpunkt für die Chemie unentbehrlich geworden und galt als besonders wichtiger Lehrstoff auf allen Niveauebenen. Für die damalige Zeit und für die Gegenwart gilt, was L. C. Allen 1994 über die Elektronegativität schrieb: „It plays a prominent role in all elementary chemistry courses (starting with high school and college freshman courses and including those in inorganic, physical, and organic chemistry) and is part of the daily thinking pattern of most practicing chemists.“ (International Journal of Quantum Chemistry 49; 255). An anderer Stelle schrieb Allen: „Every freshman chemistry text, every inorganic text many in physical chemistry and most in organic, devote major attention to it, explicitly or implicitly. It is clearly one of the central ideas of chemistry.“ (Journal of Molecular Structure 261 [1992], 313).

Zu diesen Einsichten wurde Allen durch umfangreiche Literaturrecherchen geführt: „Allen reviewed a thousand-odd texts, review papers, and journal articles which discussed or commented on EN from 1932 to early 1989.“ (Y. R. Luo und S. W. Benson: Accounts of Chemical Research 25 [1992], 375).

Eine unübersehbare Literaturfülle über Paulings Konzept der chemischen Bindung hatte sich aufgetürmt, und Pauling konnte in seiner Rückschau feststellen: „[...] *The Nature of the Chemical Bond* [...] is probably the most often-cited book in the scientific literature.“ Allerdings mußte Pauling hinnehmen, daß neben seiner EN-Skala inzwischen etliche andere „EN-Skalen“ existierten: Die im 7. Teil dieser Aufsatzreihe beschriebene Entwicklung hatte ihren Lauf genommen. Zu diesem Problem gab Pauling damals die klärenden Worte: „Despite the many variations on a theme, it is fairly clear that the original electronegativity scale, or one that differs only slight-

ly from it, should be used in the discussion of the properties of substances and the nature of chemical reactions.“

Dabei meinte Pauling mit „the original electronegativity scale“ nicht die 1932 gegebene, die ja ohnehin nur 10 Elemente berücksichtigte, sondern er verwies ausdrücklich auf Seite 93 der 3. Auflage seines Buches. Die dort gegebenen Werte wurden von vielen Lehrbuchautoren und Verfassern von Nachschlagewerken übernommen. Allein diese Werte sollten gemeint sein, wenn heutzutage von Paulings EN-Werten die Rede ist.

Paulings EN-Werte in den Jahren 1932 und 1960; ein Vergleich

A	X _A 1932	Rechenwert	X _A 1960
F	2,00	4,05	4,0
O	1,40	3,45	3,5
N	0,95	3,00	3,0
Cl	0,94	2,99	3,0
Br	0,75	2,80	2,8
C	0,55	2,60	2,5
S	0,43	2,48	2,5
I	0,40	2,45	2,5
P	0,10	2,15	2,1
H	0,00	2,05	2,1

Eine der auf Tafel 7 gezeigten Zusammenstellungen entsprechende Anordnung findet man in der 3. Auflage von Paulings Buch „The Nature of the Chemical Bond“. In der zweiten Spalte stehen die allerersten EN-Werte. „Following these there are given the values obtained by adding 2.05 to them – representing only a change, from X_H = 0.00 to X_H = 2.05.“

Eine eindeutige Erklärung für die Entscheidung, den Fixpunkt der EN-Skala zu verschieben, hat Pauling nie gegeben. Er deutete an: „An additive constant has been so chosen as to give the first-row elements C to F the values 2.5 to 4.0.“ Es gilt jedoch zu beachten, daß für Fluor der Wert 4,05 und für Kohlenstoff der Wert 2,60 herauskommt, wenn man jeweils 2,05 zu den ursprünglichen Werten addiert. Es wird wohl nie ganz zu klären sein, wie Pauling detailliert zu den Werten der kompletten EN-Skala gelangte. Pauling schrieb 1960: „[...] the X value (X = electronegativity) that led to the best general agreement for each atom was selected.“ Dabei steht fest, daß er nicht nur seine beiden Hypothesen über die Ionen-Kovalenz-Resonanzenergie zur Ge-

winnung seiner EN-Werte benutzte. In einer Fußnote auf Seite 63 der 2. Auflage seines berühmten Buches teilte er beispielsweise mit: „Some verification of the values is provided by the first ionization potentials of the elements. These might be expected to be related to the electronegativities by a constant factor for atoms of the same type of electronic structure, that is, in the same column of the periodic system. This relation is found to hold to within 0.1 or 0.2 units in X.“ Auf derselben Buchseite erfahren wir: „For beryllium and lithium averages of 1.44 and 0.95 respectively are found from the halides, suggesting the values 1.5 and 1.0, which complete the regular sequence with equal differences for the first-row atoms.“

Für die EN-Werte treffen im hohen Maße die Worte zu, mit denen L. Jänicke 1994 in der Zeitschrift „Chemie in unserer Zeit“ das Buch charakterisierte, in dem Pauling seine Forschungen veröffentlichte: Sie sind „das Ergebnis einer phänomenalen Zusammenschau und einer, durch Gespür für das, was die Welt zusammenhält, zielvoll gelenkten, von Intuition beflügelten und seismographisch alle Anregungen aufnehmenden, ungeheuer optimistischen geistigen und experimentellen Arbeit eines Mannes, der zugleich die Phantasie hatte, die neuen Vorstellungen auf viele in den Kullissen stehende Fragen anzuwenden [...]“. Weil das so ist, schrieb R. G. Pearson 1997 in sein bahnbrechendes Buch „Chemical Hardness“: „[...] the EN values calculated by Pauling [...] are perfectly reasonable and are accepted as the standard. This is a tribute to Pauling's insight (and to a careful selection of data to be used!).“ (Seite 25). In Pearsons Buch wird ausführlich auf verschiedene EN-Skalen eingegangen.

Der Wert von Paulings EN-Skala besteht vor allem darin, daß die Erfahrungen und das „chemische Fingerspitzengefühl“ des Mannes eingeflossen sind, der als der größte Chemiker des 20. Jahrhunderts angesehen wird und den Albert Einstein für einen realen Genius hielt (Nature 371 [1994], 285). Pauling hat seine EN-Werte mit unglaublichem Einfühlungsvermögen „zurechtgerückt“, gerade deshalb eignen sie sich besonders gut für die Interpretation und Kalkulation chemischer Sachverhalte.

Harald Richter, Wuppertal

100 Jahre Nobelpreis

In diesem Jahr wurde der Nobelpreis 100 Jahre alt. Aus diesem Anlass bringt CLB-Memory zum Abschluss des Jahres ein Preisrätsel mit Multiple-choice-Fragen besonderer Art. Der Inhalt der Fragen hat mit dem Nobelpreis zu tun, und die Handhabung der Fragen ist anders als sonst.

Finden Sie bei jeder Frage die richtige Antwort und kreuzen Sie den davor stehenden Buchstaben an. Schreiben Sie die ermittelten Buchstaben in der Reihenfolge der Fragen nebeneinander; hierbei entsteht das Lösungswort. Wenn Sie sich an dem Preisrätsel beteiligen wollen, dann senden Sie das Lösungswort an rellmer@t-online.de oder auf einer Postkarte an R. Ellmer, Am Kornfeld 49, 58239 Schwerte, oder als Fax an (02304) 83271. Vergessen Sie nicht, Ihren Absender anzugeben. Einsendeschluss ist der 31. Januar 2002.

Aus den richtigen Einsendungen werden fünf Gewinner ermittelt. Der 1. Preis besteht aus einem Geldbetrag von DM 100,-. Den anderen Gewinnern wird eine Liste mit Buchtiteln übermittelt. Aus der Liste können die Gewinner ein Buch wählen, das ihnen zugeschickt wird. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.

1. Der Nobelpreis hat natürlich mit Nobel zu tun. Welches war der Vorname von Nobel?

- D Karl
- E Alfred
- F Wilhelm
- G Emil

2. Mit welcher Erfindung hat Nobel den Grundstein für den Nobelpreis gelegt?

- A Nitroglycerin
- G Trinitrotoluol
- V Pikrinsäure
- X Dynamit

3. In welcher Stadt hat die Nobelstiftung ihren Sitz?

- D Kopenhagen
- G Oslo
- P Stockholm
- T Helsinki

4. Der Nobelpreis wird auf verschiedenen Gebieten verliehen. Welches Gebiet gehört nicht dazu?

- D Chemie
- E Biologie
- F Physik
- L Frieden

5. Den ersten Nobelpreis für Medizin erhielt vor 100 Jahren ein Deutscher. Wer war es?

- R Emil von Behring
- S Robert Koch
- T Gerhard Domagk
- U Richard Kuhn

6. Jeder Nobelpreisträger erhält einen Geldbetrag. Im Laufe der 100 Jahre ist der Betrag immer größer geworden. Die ersten Preisträger im Jahre 1901 erhielten 150782 schwedische Kronen (SEK), im Jahre 1981 waren es schon 1000000 SEK. Welches Preisgeld erhalten die Preisträger des Jahres 2001?

- A 2000000 SEK
- D 4000000 SEK
- H 6000000 SEK
- T 10000000 SEK

Kurs Ende Nov.: 1 SEK = 0,20859 DEM

7. Jedes Jahr treffen sich Nobelpreisträger, halten Vorträge und diskutieren mit Studenten. Seit wann werden die Nobelpreisträgertagungen durchgeführt?

- B 1919
- D 1933
- V 1945
- E 1951

8. In welcher Stadt werden die Tagungen der Nobelpreisträger durchgeführt?

- G Boston
- I Stockholm
- N Lindau
- O Rom

9. Ein deutscher Arzt hat sich 1929 in einem Selbstversuch einen Katheter von der Unterarmvene bis ins Herz geschoben. Im Jahre 1956 erhielt er den Nobelpreis für Medizin zusammen mit zwei anderen „Entdeckern“. Wer war dieser Arzt?

- A Konrad Bloch
- M Werner Arber
- R Kurt Alder
- S Werner Forssmann



Foto: Bibliothek und Archiv zur Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin.

10. Ein Chemiker erhielt 1954 den Nobelpreis für Chemie und 1962 den Friedensnobelpreis. Wer war es?

- Y Linus Pauling
- T Ernst Otto Fischer
- F Frederick Sanger
- P Robert Robinson

11. 1963 erhielten Karl Ziegler (Deutschland) und Giulio Natta (Italien) den Nobelpreis für Chemie „für ihre Entdeckung auf dem Gebiet der Chemie und Technologie der Hochpolymeren“. Ziegler und seine Mitarbeiter führten die Arbeiten in einem Max-Planck-Institut durch. In welcher Stadt befindet sich dieses Institut?

- B Berlin
- S Mülheim an der Ruhr
- T Bonn
- K München

12. Die Juroren des Nobelpreis-Komitees machten auch Fehler. Zum Beispiel wurde der Preis für eine Methode verliehen, die heftig angefeindet wurde, oder der Preis ging an einen Forscher für eine Entdeckung, während der Mitentdecker leer ausging. Welchen der folgenden Fälle erkennen Sie als Irrtum?

- T Medizinpreis 1928: Krebs wird durch Parasiten verursacht.
- R Chemiepreis 1951: Transurane.
- N Chemiepreis 1952: Verteilungschromatographie.
- B Chemiepreis 1973: Metallorganische Sandwichverbindungen.

13. Das Foto auf dieser Seite unten zeigt zwei deutsche Nobelpreisträger. Rechts ist Otto Hahn zu erkennen. Wer ist der ältere der beiden Nobelpreisträger (links)?

- A Otto Warburg
- T Albert Schweitzer
- I Konrad Lorenz
- E Max Planck

14. Während des Dritten Reiches war es Deutschen verboten, den Nobelpreis anzunehmen – sie mussten ihn ablehnen. Die schwedische Akademie der Wissenschaften hat diese Personen nach dem Zweiten Weltkrieg aufgefordert, „eine Schilderung dessen zu geben, was dazu geführt hatte, dass wir den Preis ablehnen mussten“. Die Ablehnung wurde annulliert, und die Personen haben dann den Preis in Form des Diploms und der Goldmedaille erhalten. Welcher Preisträger gehört zu diesem Personenkreis?

- M Gerhard Domagk
- N Max Born
- V Rudolf Mössbauer
- G Manfred Eigen

Gemeinsam die Infrastruktur vorteilhaft nutzen

Was früher Werke von Firmen der chemischen Industrie waren, sind heute oftmals Chemieparke. Zuerst bekannt geworden sind Chemieparke durch die Veränderungen in der chemischen Industrie der neuen Bundesländer, später zum Beispiel durch Änderungen der Firmenstrukturen in Marl und in Frankfurt am Main-Höchst – im letzten Fall ist der Industriepark Höchst entstanden.

In den Industrie- oder Chemieparke sind Firmen ansässig, die von der Herkunft immer schon da waren, und andere, die sich in dem betreffenden Park niedergelassen haben, vielleicht weil die Bedingungen attraktiv waren. Die Zahl der in einem solchen Park produzierenden Firmen kann noch größer werden, wenn Freiflächen vorhanden sind, und das ist wohl immer der Fall.

Der Industriepark Höchst zum Beispiel hat eine Fläche von 400 Hektar, von denen noch 70 Hektar frei sind. Auf den 330 belegten Hektar betätigen sich etwa 50 Firmen. Einer in der Zeitschrift der Gesellschaft Deutscher Chemiker abgedruckten Tabelle kann man entnehmen, dass der Chemiestandort Leuna mit 1300 Hektar (120 frei) der größte Park ist; dort sind 17 Firmen der Bereiche Chemie und Raffinerie und weitere Firmen ansässig. Auf Platz Zwei steht in dieser Tabelle der ChemiePark Bitterfeld Wolfen mit 1200 Hektar (320 frei) und 50 Firmen, zu denen noch rund 30 Firmen der Bereiche Metall und Existenzgründung sowie zahlreiche Dienstleister kommen.

Wie kann eine solche Zusammenballung von Chemiefirmen funktionieren? Während es früher im Großunternehmen zum Beispiel eine Abteilung gab, die für das Abwasser zuständig war, so kann ja nicht jede der vielen Firmen – um es zu übertreiben – eine eigene Kläranlage betreiben.

Die Service-Firma in einem Chemiepark kümmert sich um die notwendige Infrastruktur, und so gibt es im Industriepark Höchst die „infraserv höchst“, (Infraserv GmbH & Co. Höchst KG); in Leuna ist es die InfraLeuna GmbH, in Marl die Infracor GmbH und in Knapsack die InfraServ Knapsack (InfraServ GmbH & Co. Knapsack KG).

„infraserv höchst“ hatte auf der Biotechnica im Oktober in Hannover einen eigenen Stand und bot ihre Dienste an. Dieses Unternehmen hat sieben Gesellschafter, darunter Aventis Pharma (30 %), Celanese AG und Celanese GmbH (zusammen 23,2 %) und Clariant (32 %). 4000 Menschen arbeiten in diesem Unternehmen.

Chemie im Wandel

In Knapsack bei Köln zeigt sich besonders deutlich, wie sich das Spektrum der Chemieproduktion verändert hat. Nach dem Zweiten Weltkrieg

gehörte das Unternehmen Knapsack-Griesheim AG zu den damaligen Farbwerken Hoechst, wurde dann Knapsack Aktiengesellschaft und schließlich das Werk Knapsack der Hoechst AG.

In Knapsack wurde Calciumcarbid produziert, daraus Acetylen und als Folgeprodukte zahlreiche organische Verbindungen. Acetylen als Basis für organische Produkte wurde ab den sechziger Jahren immer mehr durch Ethylen ersetzt. In der gleichen Zeit kam zum bisherigen Werk ein neues Werk hinzu, entstanden aus einer ehemaligen Braunkohlengrube.

In Knapsack wurde Phosphor aus Calciumphosphat gewonnen, daraus Phosphorsäure hergestellt, und daraus das Phosphat, das lange Jahre in den Waschmitteln enthalten war, bis es die Waschmittelhersteller u. a. wegen der Eutrophierung der Gewässer nicht mehr einsetzten. Jeder Chemielaborant in Knapsack wusste, dass ein großer

Der Industriepark Höchst. In der Bildmitte der Main, am oberen Bildrand der Flughafen Frankfurt. Die mehr als 50 im Industriepark Höchst operierenden Firmen werden von der Infraserv Höchst mit rund 6500 unterschiedlichen Dienstleistungen versorgt (Foto: InfraServ Höchst).



Getränkehersteller reinste, aus elementarem Phosphor hergestellte Phosphorsäure in großen Tankwagen in Knapsack abholte, und alle Bewohner im weiten Umkreis kannten die Flammen über den Carbid- und den Phosphoröfen (verbrennendes CO).

Im Zuge der Umwandlung der Hoechst AG kam auf das Werk Knapsack das gleiche Schicksal zu wie auf das Werk Höchst. Im Chemiapark Knapsack (160 Hektar) sind heute mehrere Firmen ansässig, darunter Aventis, Celanese, Clariant, Vinnolit, Messer, Vintron und basell. Die InfraServ Knapsack versorgt diese Firmen mit allem, was nötig ist.

Ohne Aufträge können alle genannten Infra-Unternehmen nicht existieren. Um sich über die Parkgrenzen hinaus noch bekannter zu machen, veranstaltete die InfraServ Knapsack (etwa 800 Mitarbeiter) im September eine Messe. Alle Abteilungen – und das waren nicht wenige – zeigten ihr Leistungsspektrum: Technische Planung, Bautechnik, Energietechnik, Analytik, Logistik, Materialwirtschaft, Perso-

nalmanagement, Umweltmanagement, Sicherheits- und Gesundheitsmanagement, Immobilienmanagement und natürlich auch Aus- und Weiterbildung.

Das Service Center Analytik stellte Prospekte für Chromatographie, Prozessanalysetechnik, Kernresonanzspektroskopie, Mikrosonde, Umweltanalytik, Elementaranalytik und Computational Chemistry zur Verfügung und führte den Messebesuchern Analysen vor, zum Beispiel einen Schmelzaufschluss.

Ältere Mitarbeiter, die heute im Chemiapark Knapsack bzw. im Industriepark Höchst tätig sind und „andere Zeiten“ erlebt haben, äußerten gegenüber dem Berichterstatter, dass der Übergang nicht einfach war, dass es aber reizvoll und lohnend ist, in kleineren Einheiten tätig zu sein. Während man früher mehr geleitet oder geführt wurde, muss man sich heute mehr bemühen und kann merkbar mithelfen, dass die Einheit weiterhin existieren kann.

Reinhold Ellmer

Kurzmeldungen

Auszeichnung für Georg Schwedt

Professor Dr. Georg Schwedt wurde nun zum zweiten Mal – nach dem Erfolg seines Projektes SuperLab, mit dem Jugendlichen die Chemie auf spielerische Weise nahegebracht wird – vom Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft für sein geplantes Vortragsprogramm für Museen in Schlössern im Baden-Württemberg im Rahmen seiner Aktion „Wissenschaft im Dialog“ ausgezeichnet. Jeder Vortrag wird die Besonderheiten eines Ortes, seiner Geschichte einbeziehen – ein Brückenschlag zwischen Natur- und Kulturwissenschaften. Nach der Erprobungsphase werden die Versuche dann dauerhaft in den Museen von Museumspädagogen oder Lehrern vor Ort angeboten werden, so dass die Vorträge kein „Strohfeuer“ bleiben, sondern das Programm in den Schlössern und Museen für die Besucher bereichern. Die CLB beglückwünscht Ihren Mitherausgeber!

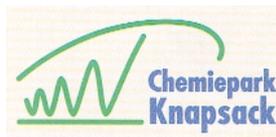
Synthetic-Koffein in Energy Drinks

Das im Handel befindliche Guarana-pulver enthält offenbar zum großen Teil kein Koffein aus natürlichen Quellen, sondern aus chemisch-synthetischer Herstellung. Das haben Isotopenmessungen am Lehrstuhl für Lebensmittelchemie der Universität Würzburg ergeben. Guarana wird aus den Samen einer brasilianischen Liane gewonnen und aufgrund seines hohen Koffein-Gehaltes als natürlicher Bestandteil unter anderem von „Energy Drinks“ geschätzt.

Niederländer bekämpfen Nierenkrebs durch T-Zellen-Manipulation

Im Rahmen eines von der Niederländischen Forschungsorganisation NWO finanzierten Projekts wurde ein experimentelles Mittel gegen metastasierten Nierenkrebs entwickelt. Nach Manipulation der T-Zellen des patienteneigenen Abwehrsystems außerhalb des Körpers sind die Zellen imstande, dem Krebs zu Leibe zu rücken. In den kommenden Jahren müssen klinische Studien noch ausweisen, ob das Mittel auch außerhalb des Reagenzglases wirkt.

Veranstaltungsort für die Messe der InfraServ Knapsack im September war das „Feierabendhaus“. In der Region sind seit Jahrzehnten die kulturellen Veranstaltungen im Saal des Hauses ein Begriff. Es ist nicht verwunderlich, dass die besondere Architektur des Hauses Pate stand bei der Schaffung des Zeichens für den Chemiapark Knapsack (kleine Abbildung). Foto: R. Ellmer



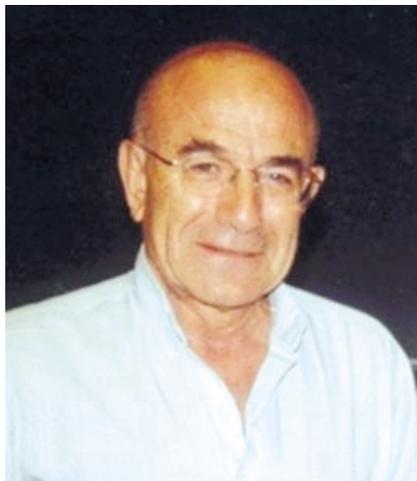
Thema „From Genomes to Cures“ schafft Ausbildungsfragen

Strukturierungsprobleme für naturwissenschaftlichen Unterricht

Bildungsaspekte und Öffentlichkeit in Fragen des Genoms waren ein Thema auf der Konferenz „From Genomes to Cures“ in Heidelberg.

Die Vorbereitungen in der Europäischen Organisation für Molekularbiologie EMBO liefen seit längerem auf Hochtouren. Dr. Andrew Moore und sein Team luden nicht nur die Redner ein, die aus Europa, Amerika und Israel kamen, sondern stellten auch das Symposiumsprogramm auf und betreuten die Teilnehmer sehr intensiv. Vom 16. bis zum 18. November debattierten die angereisten ca. 160 Wissenschaftler, Manager und Lehrer über Beiträge, die mit Arbeitsergebnissen von Referenten und Moderatoren von Diskussionsrunden im Zusammenhang mit dem Tagungsthema standen. Die Schwerpunkte der Diskussionen lagen bei Themen wie „Anwendungen des menschlichen Genoms in der molekularen Medizin“, „Gentherapie“, „Versuchstiere“ und – wie erwähnt – „Bildungsaspekte und Öffentlichkeit in Fragen des Genoms“. Gentechnische Anwendungen bei Pflanzen und in der menschlichen Nahrung wurden gemäß der Forschungsorientierungen der Wissenschaftler im Heidelberger Europäischen Laboratorium für Molekularbiologie (EMBL) nicht angesprochen.

Als besonderer Leckerbissen erwies sich der Vortrag des Neurobiologieprofessors Dr. Izchak Parnas (im Bild), Direktor des Belmonte Wissenschaftszentrums für Jugend an der Jerusalem Universität. In einem sehr temperamentvollen Vortrag formulierte Parnas seine Vorstellung, dass die Universitäten mit ihrer forschungsorientierten Ausrüstung zu der naturwissenschaftlichen Bildung der Jugendlichen beitragen sollen. Und in Deutschland gibt es schon Ansätze zur Realisierung. Frau Dr. Eva-Maria Neher aus Göttingen berichtete über erste Erfolge des von ihr an der Uni Göttingen gegründeten und geleiteten XLAB bei Schülern insbesondere in Niedersachsen.



Prof. Dr. Izchak Parnas, Direktor des Belmonte Wissenschaftszentrums für Jugend an der Universität Jerusalem (Foto: os)

Zum Thema „Schule und Genom in Ländern der EU“ befragte die CLB den an der Queens University in Belfast lehrende Dr. Wilbert Garvin, der sich u.a. in der Europäischen Initiative für Biotechnik im Unterricht (EIBE) engagierte. Garvin beschäftigt beson-

ders die Lage von Lehrern, die das sich als neu abzeichnende Fach „Naturwissenschaften“ unterrichten sollen. Er teilte seine Ideen in negativen und positiven auf und fing zunächst mit Aufzählung der Negative an. „Mit dem bisherigen Studium einzelner naturwissenschaftlichen Fächer ist so etwas aber nicht realisierbar“. Außerdem sieht Garvin bürokratische Hemmnisse gerade im Hinblick auf die zweifächer-Kombination von Lehrern an Gymnasien aufkommen. Als Positivum betrachtet Garvin dagegen die Diskussion hinsichtlich der Biotechnologie. Es handelt sich hier um eine echtes interdisziplinäres Fach, dass nicht nur die Naturwissenschaften, sondern auch nicht-naturwissenschaftliche Fächer wie beispielsweise Ethik und Religion vereinigt. Auch das moderne technische Fach Informatik dürfte als Bioinformatik hierzu herangezogen werden.

Dr. Ognian Serafimov

Dr. Wilbert Garvin (rechts), Queens University, Belfast, im Gespräch mit dem Autor (Foto: rk)



Verantwortlich handeln – nachhaltig wirtschaften

Am 5. November 1901 wurde bei den damaligen Farbenfabriken Bayer in Leverkusen eine „Abwasser-Commission“ gegründet, und dieses Datum markiert den Beginn der Umweltschutzaktivitäten von Bayer und einen der ersten Anfänge industriellen Umweltschutzes überhaupt. Zum hundertjährigen Jubiläum sprach in einem Festkolloquium der Leiter des Konzernstabes Qualitäts-, Umwelt- und Sicherheitspolitik der Bayer AG, Prof. Dr. Herwig Hulpke über „Paradigmenwechsel im Umweltschutz der Chemischen Industrie.“ Wir geben hier seine Ausführungen gekürzt wieder.

Die Auffassung, wie die Gesellschaft mit der Natur umzugehen hat, hat sich in hundert Jahren grundlegend gewandelt. Damals erschien die Natur als eine Ressource, die man praktisch grenzenlos nutzen und ausbeuten konnte, ohne ihr erkennbaren Schaden

zuzufügen. Seitdem haben sich unsere Paradigmen verändert – Muster, nach denen wir unsere Erfahrungen vergleichen und beurteilen. „Umwelt“ hat in den letzten drei Jahrzehnten den älteren und umfassenderen Begriff „Natur“ verdrängt, hat Erweiterungen erfahren von einem überwiegend naturwissenschaftlichen zu einem soziologischen Sinne: Umwelt wird heute als die gesamte Umgebung eines Menschen einschließlich seiner Mitmenschen und aller sozialen, kulturellen und politischen Einrichtungen und Einflüsse begriffen.

Ökologie und Ökonomie bilden dabei einen Spannungsbogen, der naturgemäß zu Konflikten führt zwischen dem Haushalten des Menschen einerseits und der Erhaltung der Natur andererseits. Diese beiden Haushaltssysteme müssen zu einem vertretbaren Kompromiss gebracht werden. Dies ist der heute moderne und aktuelle Ansatz für Umweltschutz.

Eine lange Entwicklung

Die „Abwasser-Commission“ der Farbenfabriken zu Leverkusen hatte zunächst nur die Aufgabe, Daten zur Abwassereinleitung in den Rhein zu sammeln, denn bis dahin waren die genauen Einleitewerte nicht bekannt. Die Fragen waren damals: War der Rhein überhaupt in der Lage, insbesondere die Säurerückstände aus der Farbenproduktion aufzunehmen, das heißt ausreichend zu verdünnen? Und was geschah mit nicht gelösten Sinkstoffen? Lösen diese sich im Rhein mit der Zeit unschädlich auf? Und wie effektiv wurden die gefärbten Abwasser verdünnt, so dass sie kurz nach der Einleitung nicht mehr vom Flusswasser zu unterscheiden sind?

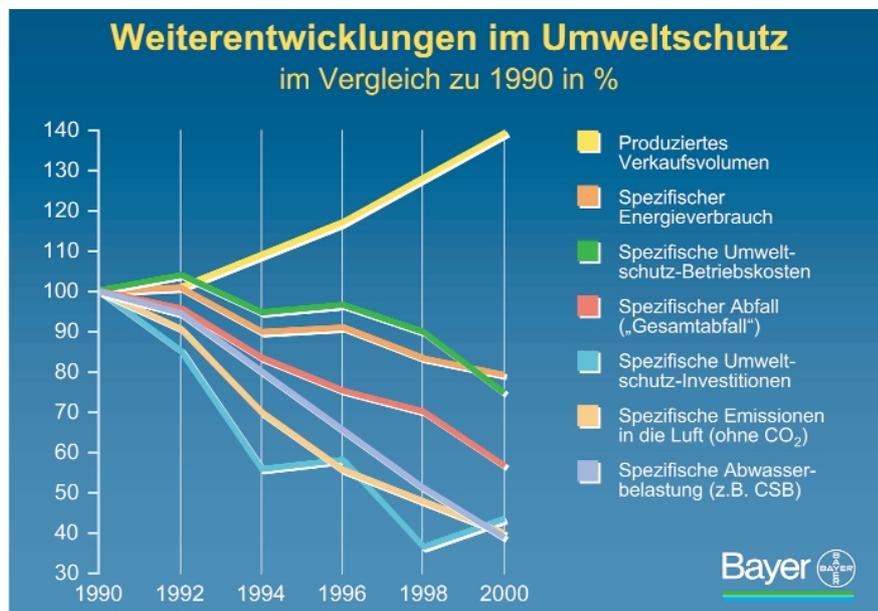
Fragen, die uns heute als ziemlich naiv erscheinen, aber sie markierten den Beginn eines sich ändernden Verständnisses für unsere Umwelt. Sie haben den ersten Impuls für den Umweltschutz gesetzt, der über viele Jahre nach und nach auf das uns heute vertraute Niveau gewachsen ist. Letztlich haben sie ein anderes Bewusstsein, ein neues Verantwortungsgefühl geschaffen.

Als 1962 Rachel Carsons Buch „Der stumme Frühling“ erschien, wurde schlagartig eine neue Dimension offenbar: dass es Umweltschäden gibt, die auf eine sinnlich nicht wahrnehmbare und daher unmerkliche Weise um sich greifen können. Damit stand gleichzeitig das Postulat in Frage, der Mensch könne die Natur beherrschen und ihre Kräfte kalkulieren. Dieses Thema wird heute wieder aktuell in der Frage um die Wirkung von Treibhausgasen und die Zerstörung der Ozonschicht.

Die Energiekrise von 1972 hat dann die „Grenzen des Wachstums“ aufgezeigt und den Fetisch Fortschritt in ein kritischeres Licht gestellt. Fortschritt ja, aber eben nicht um jeden Preis! Fortschritt nicht im Sinne der technischen Machbarkeit, nicht unreflektiert und auf Kosten sozialer Strukturen, nicht auf Kosten der Zerstörung der

Abb. 1:

Diese zusammenfassende Übersicht verdeutlicht den Stand der Umweltschutz-Bemühungen von Bayer: Seit 1990 hat das Produktvolumen erheblich zugenommen. Gleichzeitig aber konnten wichtige Parameter wie Energieverbrauch, Abfallmengen, Emissionen und Abwasserbelastung drastisch reduziert werden. Aber auch die Kosten für Investitionen und Betriebskosten im Umweltschutz konnten durch neue technische Entwicklungen gesenkt werden – wirtschaftlicher Erfolg bei gleichzeitiger Verbesserung der Umweltdaten.





UMSCHAU

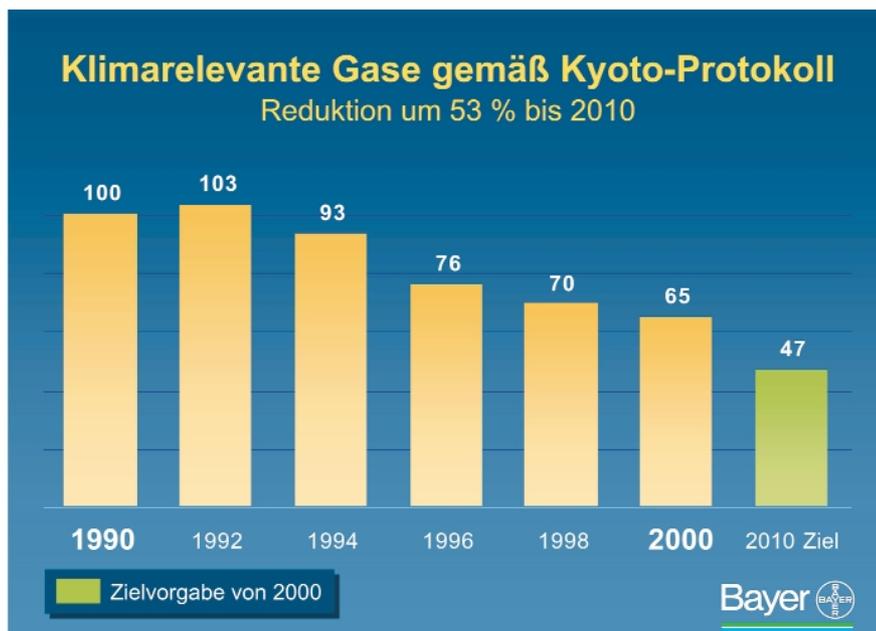


Abb. 2: Die Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages hat empfohlen, die Treibhausgase bis zum Jahr 2005 um 25 Prozent und bis zum Jahre 2020 sogar um 50 Prozent – im Vergleich zu 1990 – zu reduzieren. Bayer ist es gelungen, bis 2000 den Ausstoß der Treibhausgase um ein Drittel zu vermindern und plant bis 2010 einen weiteren Abbau auf die Hälfte des Ausgangswerts. Dabei werden sowohl die energiebedingten CO₂-Emissionen als auch die als CO₂-Äquivalent berechneten Lachgasemissionen berücksichtigt. Diese Reduzierung wurde möglich durch Änderung von Verfahren, die Ausschöpfung modernster Technologien, die Schließung alter Anlagen sowie den Bau neuer Kraftwerke.

Natur und des Verlustes wertvoller Tier- und Pflanzenarten. Moderner Umweltschutz soll nicht nur Ressourcen schonend produzieren, natürliche Rückzugsgebiete für Tiere und Pflanzen erhalten oder die Ernährungsgrundlagen in unserer Kulturlandschaft sichern, sondern darüber hinaus effektive Technologien entwickeln und implementieren. Bereits heute gestalten wir unsere Produktion so umweltschonend wie möglich und bemühen uns, sie kontinuierlich zu verbessern. Wir müssen uns aber auch neuen Herausforderungen für die Zukunft stellen.

Nachhaltigkeit

Nachhaltig zu wirtschaften und als nachhaltig zu bewertende Produkte am Markt anzubieten ist eine der großen Leitideen des beginnenden einundzwanzigsten Jahrhunderts. Sustainability ist ein Leitbild und eine Gestaltungsidee, die für uns alle zunächst einmal unbequem ist. Denn sie verlangt von uns eine dauerhafte Verantwortung, der man sich in der heutigen Zeit mit ihren oftmals kurzen Planungshorizonten gerne entzieht. Aber im Zeichen

der fortschreitenden Vernetzung leistungsfähiger Wirtschaftsräume müssen wir umso mehr auch die Folgen dieser Leistungsfähigkeit bedenken. Die Globalisierung zu begleiten und abzufedern wird in Zukunft nicht nur für Regierungen, sondern auch für weltweit tätige Unternehmen eine wichtige Aufgabe sein, wollen sie nicht ihr positives Image gefährden.

Mit dem Fall der alten Machtblöcke scheint der Ost/Westkonflikt überwunden. In den neunziger Jahren hat das System der Marktwirtschaft daher seinen forcierten Siegeszug um den Erdball weitgehend ungehindert fortsetzen können. Dadurch haben aber auch nationale Grenzen und Bestimmungen an Bedeutung verloren. Viele internationale Unternehmen haben diese Chancen genutzt. Aber die Öffentlichkeit verlangt heute verstärkt nach Mitsprache. Die Konsultation und Einbindung von Anspruchsgruppen – neudeutsch „Stakeholder“ – ist ein wesentlicher Impuls der sich entwickelnden Rahmenbedingungen in einer immer kosmopolitischen denkenden Gesellschaft. Dass dies ein konfliktreicher Lernpro-

zess ist, haben viele Unternehmen erfahren müssen. Dabei steht die Forderung im Raum, die ökologische und soziale Dimension an die grundlegend veränderten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu verknüpfen und anzugleichen.

Globaler Pakt

Mit Hilfe eines Netzwerkes international operierender Unternehmen sollen diese Belange nun mehr Beachtung erfahren als bislang. Die Idee eines „Globalen Pakts“ wurde erstmals im Januar 1999 von Kofi Annan im Rahmen des Weltwirtschaftsforums in Davos präsentiert. Dieser Globale Pakt ist eine Art Gesellschaftsvertrag zwischen internationalen Unternehmen und den Vereinten Nationen. Etwa 50 global player, darunter auch Bayer, haben sich dieser UN-Initiative angeschlossen und sich zur Einhaltung von Menschenrechten, Arbeitsnormen und dem Schutz der Umwelt verpflichtet.

Diese Unternehmen versuchen, andere Perspektiven zu verstehen und im Dialog realistische Erwartungen von unrealistischen zu trennen. Es ist die Suche nach einem breiten Konsens für ein Optimum an ökonomischer, gesellschaftlicher und ökologischer Wertschöpfung von Produkten und Dienstleistungen. Die Unternehmen haben erkannt, dass der Erfolg ihrer Produkte langfristig von diesen erweiterten Qualitätskriterien geprägt sein wird, die für den Erfolg am Markt und aus Vorsorgeerwägungen von Bedeutung sind. Der Beurteilungskatalog wird erweitert um einen „public value“.

Darunter verstehen wir die Beurteilung von Produkten und Dienstleistungen durch außenstehende Dritte als ein zusätzliches Kriterium. Wir wollen in diesem Meinungsbildungsprozess die Akzeptanz unserer Produkte sicherstellen, um in allen Regionen der Welt mit ihren vielschichtigen kulturellen, rechtlichen und konsumtiven Facetten erfolgreich sein. Das können wir aber lang-

Flüchtige anorganische Verbindungen

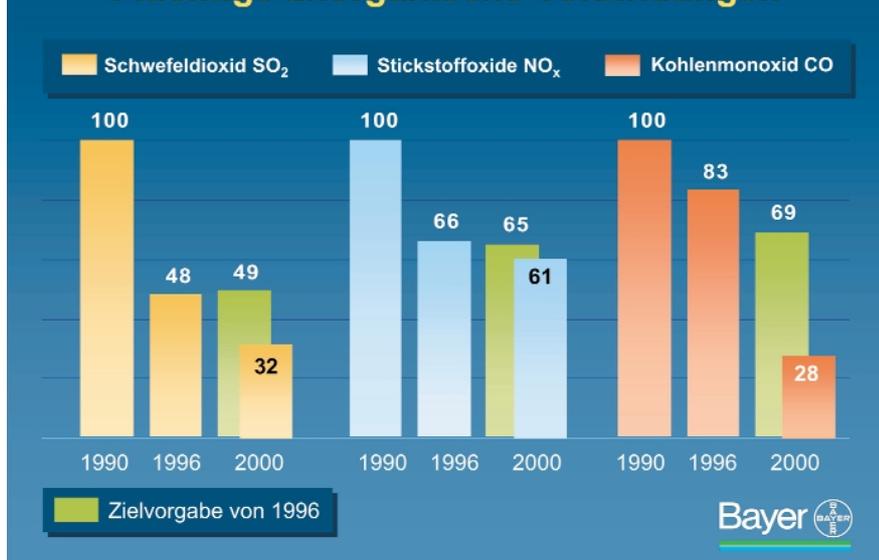


Abb. 3
Die Emissionen von Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid konnten seit 1990 um mehr als 70 Prozent gesenkt werden; bei den Stickoxiden beträgt die Reduzierung 40 Prozent. Die Emissionen von Staub liegen um ein Drittel niedriger als der Ausgangswert von 1990. Und: Trotz der erheblichen Steigerung der Produktionsmengen konnte der spezifische Energieverbrauch im gleichen Zeitraum um fast 30 Prozent gesenkt werden.

fristig nur, wenn wir diese Unterschiede entsprechend berücksichtigen.

Wir müssen darüber reden

Im Fokus steht oftmals nicht mehr die nüchterne Information, sondern die Interpretation durch die Medien. Unternehmenswerte an internationalen Börsen unterliegen einer besonderen Sensibilität: Sie können sie binnen Minuten einbrechen oder steigen. Darüber hinaus lösen spektakuläre Szenarien oftmals internationale Stimmungswechsel aus, und ihre Wirkungen können für einen längeren Zeitabschnitt das Investitionsklima in wichtigen Wirtschaftszonen prägen.

Außerdem verändert das Internet etablierte Relationen. Interessensgruppen können sich weltweit „live“ zusammenschließen und ihre Anliegen und Informationen austauschen. Sie haben in dieser Hinsicht mit den technischen Möglichkeiten eines international ausgerichteten Großunternehmens gleichgezogen. In diesem Prozess ist es entscheidend, die emotionalen Aspekte einer Kampagne ins Kalkül zu ziehen: Menschen entwickeln zwiespältige Gefühle gegenüber Organisationen, die sie als mächtig, unnahbar oder undemokratisch empfinden.

Diese Erkenntnis ist einer der Grün-

de, warum Bayer so aktiv die weltweite Initiative „Responsible Care“ der chemischen Industrie nun schon seit 1991 unterstützt und mitgestaltet. Man will dabei nicht nur die Gesundheits-, Sicherheits- und Umweltsituation in den Betrieben kontinuierlich verbessern, um Unfälle in den Werken ganz zu vermeiden oder zum mindesten ihre Folgen zu minimieren. Diese Ziele sind und bleiben zweifellos wichtig. Aber das Augenmerk gilt heute vor allem auch dem Dialog, dem wir uns im Rahmen dieser Initiative verschrieben haben. Wir nehmen zwiespältige Gefühle, Vorbehalte und Ängste von Dritten, seien es Laien oder Fachleute, als Fakten ernst, selbst dann, wenn wir inhaltlich vielleicht anderer Meinung sein sollten.

Eine Analyse gesellschaftlicher Gegebenheiten in Deutschland wirft die Frage auf, inwiefern die Gesellschaft heute bereit ist, flexibel auf neue Szenarios im Weltgeschehen zu reagieren und kreativ auf mögliche Beeinträchtigungen, Verluste oder Gefahren zu antworten.

Diese Entwicklung ist nicht neu, sondern vielmehr ein gewachsener Prozess. Eine diffuse, emotional abwehrende Grundeinstellung zu Wissenschaft und Technik ist ein vorherr-

schendes Element dieses Selbstverständnisses. Aktuelles Beispiel ist die Diskussion um die Gentechnologie.

Daneben ist in der Gesellschaft Unbehagen darüber verbreitet, dass trotz jahrzehntelanger Entwicklungshilfe und allen technischen Fortschritts auch im Umweltschutz die Probleme in vielen Schwellenländern keineswegs geringer geworden sind. Im Gegenteil: Klimaschutz, Erhaltung der Artenvielfalt, Armutsbekämpfung, Ernährung, Gesundheit und Bildung bei uns und in der Dritten Welt sind nur eine Auswahl gesellschaftlicher Aspekte, die auf eine umfassende Lösung warten.

Notwendiger Interessenausgleich

Vor diesem Hintergrund ist es offenkundig, dass ein Unternehmen in einem andauernden Prozess berechtigte Interessen gegeneinander abzuwägen hat. Unterläßt es diese Abwägung, riskiert es nicht nur seinen Ruf, sondern darüber hinaus auch seine gesellschaftliche Akzeptanz.

Die Erhaltung der ökonomischen Wettbewerbsfähigkeit allein reicht deshalb heute nicht mehr aus: Unternehmen müssen sich auf eine ganz neue Art und Weise auf ihre wichtigen Anspruchsgruppen einlassen, wollen sie diese langfristig als unterstützende Partner gewinnen. Daher bin ich davon überzeugt, dass das Schlagwort „Stakeholder Engagement“ in den nächsten Jahren an Bedeutung gewinnen wird. Es verkörpert eine andere Qualität des Dialogs, der auf gegenseitiger Toleranz basiert. Halten wir es mit Joseph Joubert, dem französischen Moralisten: „Nicht Sieg sollte der Sinn der Diskussion sein, sondern Gewinn.“ Das wäre ein neues Paradigma des gesellschaftlichen Umgangs.

Hans-Dietrich Martin

Anmerkung der Redaktion:

Die hier geschilderte Entwicklung im Umweltschutz ist kein Einzelfall in der deutschen chemischen Industrie. Ein aktuelles Beispiel lieferte eine Meldung der BASF Coatings AG vom 7. Dezember. Demnach verringerte sich der Ausstoß des Unternehmens an Kohlendioxid am Standort Münster seit 1990 um 50 Prozent, bezogen auf die Produktionsmenge sogar um 62 Prozent.

Millionen Jahre in Tagen messen

Die Kapitel über die Entstehung der Elemente in den Sternen und über die Lebensgeschichte von Sternen müssen wohl neu konzipiert werden. Der Grund: Einer internationalen Arbeitsgruppe am Institut für Strahlenphysik (IfS) der Universität Stuttgart unter der Leitung von Dr. Wolfgang Hammer ist es gelungen, die beiden wichtigsten Kernreaktionen in Sternen neu zu vermessen.

Bei der ersten der beiden von der DFG geförderten Untersuchungen handelt es sich um die Fusion von Kohlenstoff mit Helium zu Sauerstoff. Die Stärke dieser Reaktion bestimmt maßgeblich die Häufigkeit und das Verhältnis der Elemente Kohlenstoff und Sauerstoff im Universum. Die Fusionsreaktion wirkt sich auch ganz entscheidend auf die Produktion der schweren Elemente in Sternen aus, da der überwiegende Teil der chemischen Elemente in Sternen über ein sehr komplexes Netzwerk von Kernreaktionen aus den leichtesten Bausteinen Wasserstoff und Helium gebildet wird.

Bei der zweiten fundamentalen Reaktion, die von der Stuttgarter Arbeitsgruppe untersucht wurde, handelt es sich um die wichtigste neutronenliefernde Reaktion, wie sie in den massereichen Sternen des Universums abläuft. Bei ihr fängt ein Neon-22-Kern einen Heliumkern (Alpha-Teilchen) ein; daraus entsteht das für die weitere Elemententstehung so wichtige Neutron und ein Magnesium-25-Kern. Die Neutronen sind für den Aufbau der schweren Elemente entscheidend, denn als ungeladene Teilchen können sie noch von Kernen schwerer als Eisen (Masse 56) eingefangen werden.

Der Hauptteil der Elemente bis zur Masse 100 wird in den Roten Riesen erzeugt. Diese Sterne sind in der Regel etwa 15 bis 50 mal schwerer als unsere Sonne und in ihrem Innern herrschen Temperaturen von etwa 200 Millionen Grad. Als Brennstoff haben die Roten Riesen ihren Vorrat an Wasserstoff verbraucht und nur noch Helium zurückbehalten. Die Temperaturen sind nun je-

doch so hoch, daß Reaktionen mit Helium einsetzen können, in deren Verlauf auch immer mehr Neutronen für die schweren Elemente erzeugt werden.

Um astrophysikalische Reaktionen wie die Kohlenstoff-Helium-Fusion oder die Neutronenproduktion innerhalb einer erträglichen Zeitspanne von Wochen oder Monaten in irdischen Experimenten messen zu können, obwohl sie doch in den Sternen während Jahrtausenden bis –milliarden ablaufen, braucht man geeignete experimentelle Bedingungen. Trotz der hohen Temperaturen im Sterninnern verlaufen die allermeisten Kernreaktionen sehr langsam. Die Strahlung der experimentell im Labor erzeugten Reaktionen ist so schwach, dass man sehr viel an Technik aufbieten muss, um sie aus allen Störfaktoren wie der allgegenwärtigen Untergrundstrahlung und der kosmischen Höhenstrahlung herausfiltern zu können.

Die Stuttgarter Forscher profitierten zunächst von der hohen Teilchenintensität ihres Beschleunigers. Zur Untersuchung der Reaktionen von Gasatomen mit Ionenstrahlen haben die Forscher speziell eine wandlose Gastargetanlage entwickelt. Einen Projektilstrahl lässt sich damit direkt aus dem Hochvakuum

in ein Gasvolumen schießen, ohne dass dieser Strahl irgendeine Trennfolie durchdringen muss. Ein neu entwickelter Neutronendetektor weist von den gesuchten Neutronen absolut jedes zweite nach, was dem technisch maximal Erreichbaren ziemlich nahe kommt und einen Rekord darstellt. In beiden Experimenten ist die Wahrscheinlichkeit der Reaktion äußerst gering, der Ablauf dagegen gleichzeitig hochkomplex. Die Fehlergrenze der Versuche zu den Reaktionsraten konnte jedoch erheblich reduziert werden. Mit den Stuttgarter Messungen konnte bei der Neon-Reaktion die Unsicherheit von einem unakzeptablen Faktor 500 auf 5 gesenkt werden. Eine weitere Steigerung wäre nur denkbar, wenn man die Experimente, also die gesamte Laboranlage, einen Kilometer tief unter die Erdoberfläche verlegt, um der störenden Höhenstrahlung zu entgehen. Die Konsequenzen der neuen Ergebnisse (u.a. Promotionen Ralf Kunz und Michael Jaeger) für die Elemententstehung in Sternen gilt es nun neu zu berechnen.

Panasonic nutzt blaues Laserlicht für Super-DVD

50 Gigabyte Speicherplatz

Matsushita Electric (Panasonic) hat weltweit erstmalig eine mit blauem Laserlicht wiederbeschreibbare, zweilagige optische Disk mit einer Kapazität von 50 Gigabyte (GB) entwickelt. Damit lassen sich vier Stunden hochauflösende Filme speichern.

Die neue Scheibe hat die Größe einer konventionellen CD und DVD. Letztgenannte speichert 4,7 GB. Die Panasonic-Disk verfügt auf einer Seite über eine ultradünne, halbtransparente erste Aufzeichnungsebene (Filmstärke 6 nm) und einer darunterliegenden zweiten Aufzeichnungsebene.

Die Speicherschichten beinhalten die Elemente Germanium, Antimon und Tellur und lassen sich mehr als 10000 Mal überschreiben. Dafür wird ein 10-Milliwatt-Laser eingesetzt. Die Datentransferrate ist mit 33 Megabit pro Sekunde dreimal höher als bei einer DVD. Eine ausgeklügelte Technik sorgt zudem für eine extrem stabile Spursteuering.

Matsushita beabsichtigt, diese neue Technologie in seinen Rekordern der übernächsten Generation für die Aufzeichnung hochauflösender digitaler Videofilme einzusetzen, die eine Datentransferrate von 25 Megabit pro Sekunde benötigen.

Adaptive Optik

Erdgerät schlägt Raumkamera

Am 29. November konnte ein Team deutscher und französischer Astronomen die ersten Früchte einer vor zehn Jahren begonnenen Entwicklung ernten. Mit der neuen Infrarotkamera „Conica“ gelangen tiefe Einblicke in den spektakulärsten Sternhaufen unserer galaktischen Umgebung, und zwar mit bislang unerreichter Auflösung, höher auch als die des Weltraumteleskops „Hubble“ (siehe dazu das Titelbild).

Die Beobachtung des 20 000 Lichtjahre entfernten Gebietes heftiger Sternbildung (hier entstehen gegenwärtig Tausende von Sternen) namens NGC 3603 im Sternbild Carina (südliche Milchstraße) erfolgte am Very Large Telescope (VLT) der Europäischen Südsternwarte ESO.

Das rund eine Tonne schwere Präzisionsinstrument „Conica“ entstand unter der Federführung des Max-Planck-Instituts für Astronomie (MPIA) in Heidelberg. Beteiligt waren Kollegen des MPI für extraterrestrische Physik (MPE) in Garching und der ESO. Das Gerät arbeitet auf dem 2600 Meter hohen Cerro Paranal in den chilenischen Anden an dem vierten 8-Meter-Teleskop des VLT. Gemeinsam mit der Kamera wurde ein unter französischer Leitung gebaute Instrument für adaptive Optik („Naos“) installiert, das während der Aufnahme laufend die durch die Luftunruhe verursachte Bildunschärfe korrigiert. Damit können Conica und Naos zusammen astronomische Aufnahmen liefern, die jene des Weltraumteleskops Hubble an Empfindlichkeit und Schärfe weit übertreffen.

Überflüssig wird das Weltraumteleskop damit allerdings nicht: Zum einen verschluckt die Atmosphäre in einigen Bereichen des nahen Infrarot einen Teil des Lichts, und zum anderen benötigt Naos zur Korrektur der Luftunruhe einen vergleichsweise hellen Stern im Gesichtsfeld. Das bedeutet, dass sich nicht jedes Feld am Himmel optimal abbilden lässt. Zudem arbeitet Hubble



Die neue Kamera am VLT. Links erkennt man den blauen, einem Zahnrad ähnlichen Anschlussflansch. In der Mitte befindet sich die adaptive Optik „Naos“ (hellblau) und rechts „Conica“ (rot); Foto: MPIA).

ohnehin großen Teils im Bereich des sichtbaren Lichts.

Die diffizile Technologie der Adaptiven Optik (AO) erlaubt die Kompensation der atmosphärischen Schwankungen durch die laufende Messung dieser Bildverformungen und deren Kompensation mittels rechnergesteuerter, schnell deformierbarer Spiegel, die in den Strahlengang der Teleskopriesen eingebracht sind: das Bild wird „entwackelt“. An der Entwicklung der AO für Großteleskope sind heute weltweit die besten Wissenschaftler und Techniker beteiligt. Es ist dem MPIA gelungen, Dr. Roberto Ragazzoni von der Universität Padua nach Heidelberg zu holen: Ragazzoni hat zur gegenwärtigen rasanten Entwicklung der AO herausragende Beiträge geleistet. Dafür wurde ihm am 6. November der Wolfgang-Paul-Preis verliehen, der höchst dotierte deutsche Wissenschaftspreis, den das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und die Alexander-von-Humboldt-Stiftung gemeinsam vergeben.

Die Adaptive Optik ist nicht nur für die astrophysikalische Grundlagenforschung von entscheidender Bedeutung; sie wird auf zahlreichen anderen Gebieten, u.a. in der Medizin, gänzlich neue Möglichkeiten eröffnen. Aus diesem Grunde wird in Heidelberg an der AO unter anderem auch am Institut für Angewandte Physik und am MPI für Biomedizinische Forschung gearbeitet.

Conica ist nicht bloß eine Kamera, es ist ein wissenschaftliches Instrument mit einer Vielzahl von Arbeitsmoden. Es lassen sich im Innern sieben Einzelkameras wählen. Sie sitzen auf einem großen Rad und werden damit in den Strahlengang gedreht. Das ermöglicht Aufnahmen mit unterschiedlicher Auflösung. Jede Kamera ist für jeweils einen Teil des Infrarotbereichs bei Wellenlängen zwischen etwa einem und fünf Mikrometern optimal konzipiert. Zudem verfügt das Gerät über nahezu 40 Farbfilter, die auf einem zweiten Filterrad sitzen und ebenfalls einzeln in den Strahlengang gedreht werden können. Im spektroskopischen Modus wird die Infrarotstrahlung in ihre spektralen Anteile aufgefächert. Damit lassen sich physikalische Größen, wie Temperatur, Dichte oder Geschwindigkeit der beobachteten Himmelskörper und Gaswolken, bestimmen.

Um zu vermeiden, dass das Instrument von der eigenen Wärmestrahlung geblendet wird, muss man es „einfrieren“. Conica verfügt über eine doppelte Kühlung, die das optische System und die Kameras bis auf minus 210 Grad Celsius und den Detektor sogar bis auf minus 240 Grad Celsius abkühlt. Beim Bau von Conica erwies sich dieses Kryosystem als eines der größten Probleme für Stabilität des gesamten Instruments, das sich um nicht mehr als wenige tausendstel Millimeter durchbiegen darf. RK

Polarographie und Voltammetrie

Günter Henze: Polarographie und Voltammetrie, Grundlagen und analytische Praxis. XI + 261 Seiten mit 160 Abbildungen und 21 Tabellen, Springer, Berlin - Heidelberg 2001. ISBN 3-540-41394-4. DM 199,90 / EUR 102,21

Der Einsatz des Buches ist in der beruflichen Aus- und Weiterbildung (z. B. CTA, Chemietechniker), im Studium (FH, Uni) und in der Praxis (während der analytischen Berufsausbildung in Industrie-, Umwelt- und Dienstleistungslaboratorien) zu sehen. Darüber hinaus finden sicherlich auch Pharmazeuten, Mediziner und Toxikologen, die analytische Probleme zu lösen haben, in dem vorliegenden

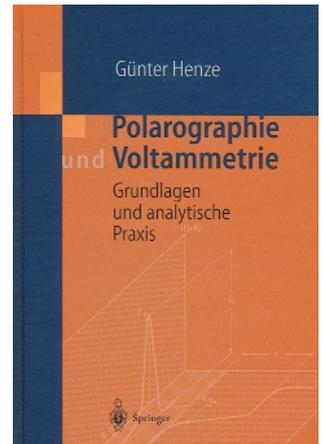
Werk Anregungen für eigene Methodenentwicklungen auf der Basis der vom Autor erprobten 30 Applikationen.

Nach einer kurzen Einführung in die theoretischen Grundlagen, die einfach und kurz behandelt werden, beschreibt der Autor den messtechnischen Fortschritt der polarographischen und voltammetrischen Methoden und ihre Leistungsfähigkeit in der Analytik. Inhaltliche Schwerpunkte sind die Verfahren der Stripping-Voltammetrie und die voltammetrischen bzw. amperometrischen Durchfluss- und Detektionsverfahren für die Spurenanalyse von Elementen und organischen Verbindungen in $\mu\text{g/L}$ bis ng/L -Bereich. Die in den Text eingefüg-

ten Applikationen beschreiben die Arbeitsweise dieser Verfahren und zeigen, nach welchen Kriterien die verschiedenen Methoden für die Lösung einer analytischen Aufgabe ausgewählt werden.

Leider ist dieses empfehlenswerte Buch – denkt man an die Zielgruppe – mit rund 200 DM nicht gerade preiswert.

H. G. Kicinski



Qualität

Franz J. Brunner/Karl W. Wagner: **Taschenbuch Qualitätsmanagement.** Leitfaden für Ingenieure und Techniker. 2. Auflage. 17 + 324 Seiten mit 148 Abbildungen. Carl Hanser Verlag, München 1999. ISBN 3-446-21118-7. DM 59,80.

Das Qualitätsmanagement ist ein eigenständiges Gebiet geworden und hat sich ständig weiterentwickelt. Die Autoren erhielten nach Erscheinen der ersten Auflage ihres Buches positive Stellungnahmen, aber auch Ergänzungswünsche und konstruktive Kritiken, die sie in die zweite Auflage eingearbeitet haben. Zwar ist das Buch mehr für den technischen Bereich geschrieben worden, doch

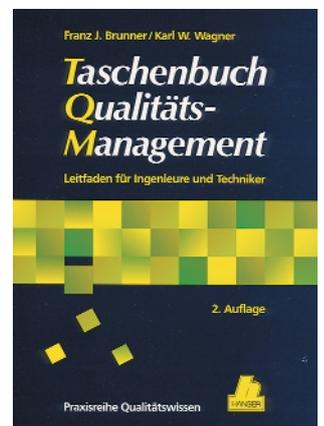
sind zahlreiche Kapitel von allgemeinem Interesse, so dass sie auch von Lesern dieser Zeitschrift genutzt werden können. Einige Themen sollen hier kurz erwähnt werden.

In dem Kapitel über die ständige, umfassende Verbesserung werden auch Verbesserungsprogramme vorgestellt. Zu ihnen gehört KAIZEN (japanisch KAI = verändern und ZEN = gut). Hier erfährt man u. a., dass Japaner und Koreaner im Durchschnitt 75 Minuten pro Woche mit Verbesserungsaktivitäten während der Arbeitszeit und außerhalb verbringen. Es werden mehrere Wege vorgestellt, wie die Mitarbeiter in die Verbesserung einbezogen werden können, z. B. Gruppenarbeit, Shopfloor-Management, Entre-

preneurship, Multiskilled Workers. Der Leser erfährt auch die Grundzüge der statistischen Versuchsplanung (Design of Experiments).

Wie die Kundenakzeptanz gemessen wird, dürfte für Dienstleistungslaboratorien eine interessante Frage sein. Allein diese Beispiele zeigen, dass sich die Anschaffung des Buches schnell amortisiert.

H. R. Wiedmann



Ziegler und Team 1953 bis 1998

Heinz Martin: **Polymere und Patente. Karl Ziegler, das Team, 1953 – 1998.** Zur wirtschaftlichen Verwertung akademischer Forschung. 310 Seiten, einige Fotos. WILEY-VCH, Weinheim. ISBN 3-527-30498-3. DM 97,60 / EUR 49,90.

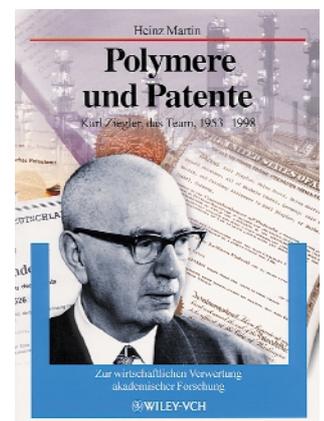
Erfolgreiche Forscher arbeiten in aller Regel nicht allein im Labor; sie haben eine kleinere oder größere Gruppe von Mitarbeitern. Der Autor des vorliegenden Buches war Mitarbeiter von Karl Ziegler, der zusammen mit Giulio Natta (Italien) 1963 den Nobelpreis für Chemie erhielt. Karl Ziegler und seine Mitarbeiter entwickelten 1953/54 ein Verfahren zur

Herstellung von Polyethylen mit hohem kristallinen Anteil. Eine entscheidende Bedeutung dabei hatte ein Katalysator. Es wurde eine ganze Gruppe von „Ziegler-Katalysatoren“ entwickelt, die auch bei der Polymerisation von Propen, Buten usw. eingesetzt werden konnten. Heinz Martin hat, ausgehend von diesen Arbeiten, ein „Chemiebuch“ ganz besonderer Art geschrieben, nämlich ein Geschichtsbuch und Lehrbuch zugleich.

Anhand einer sehr großen Zahl von Dokumenten schildert er Fakten aus der Zeit der Erfindung und in den Jahrzehnten danach. Dabei geht er z. B. auch auf die Beziehungen zu Professor Natta ein.

Man liest, dass trotz oder gerade wegen des technischen Erfolges der Polyolefine das Geschehen um Patente und Lizenzen äußerst komplex war. Leser, die an diesen Fragen interessiert sind, können aus den Erfahrungen, die das Ziegler-Team machen musste, für ihre eigenen Arbeiten gerade in der neueren Zeit profitieren.

R. Ellmer

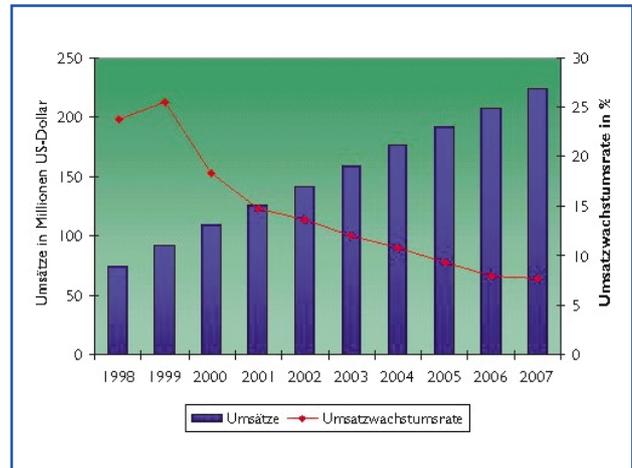


Kardiologische Labordiagnostik wächst ums Doppelte

Der Europamarkt für kardiologische Labordiagnostik wird in den nächsten Jahren sein Volumen mehr als verdoppeln. Im Jahr 2000 noch auf 109,1 Millionen US-Dollar beziffert, soll der Marktwert laut einer neuen Analyse der Unternehmensberatung Frost & Sullivan bis 2007 auf 223,7 Millionen US-Dollar anwachsen. Wichtigster Wachstumsmotor ist das Point-of-Care-Testing (POCT), auch „Bedside-Testing“ genannt.

POCT meint die patientennahe Durchführung von Blutanalysen. Mithilfe einfach zu bedienender Messsysteme liefert das POCT Laborergebnisse dort, wo sie gebraucht werden. Die Schnelltests werden in erster Linie in

Intensiv- und Notfallmedizin gebraucht, aber auch in Operationssälen, ambulanten Kliniken oder Arztpraxen. Die Vorteile gegenüber zentraler Tests im Labor liegen auf der Hand: Die Blutprobe ist einfach zu gewinnen, muss nicht transportiert werden und kann damit auch nicht verwechselt werden, die Ergebnisse sind rasch verfügbar, und Therapieentscheidungen können zeitnah getroffen werden.



Der Europamarkt für kardiologische Labordiagnostik (Quelle: Frost & Sullivan).

Österreich: 100 Mio. € für Biotech

Um die Biotechnologie weiter in ihrer Entwicklung zu stärken sieht das Regierungsprogramm der österreichischen Bundesregierung die Unterstützung junger, aufstrebender Biotech-Unternehmen vor. Allein 100 Millionen Euro (196 Millionen DM) sollen in den nächsten neun Jahren in das nationale Genom-Forschungsprogramm (Gen-AU) fließen. Zahlreiche Initiativen wie das „Biotechnologie Impuls Programm“ stellen Start-up-Unternehmen neben Beraterleistungen auch Startkapital zur Verfügung. Ergänzt werden diese Initiativen durch Projekte wie das „Biotech Funding and Financing“-Netzwerk, das von der Regierung in Zusammenarbeit mit privaten Geldgebern gemeinschaftlich betrieben wird. Die Förderung beinhaltet die Einrichtung von Service-Zentren für medizinische und biotechnologische Forschung.

Einen wesentlichen Anteil am Aufschwung hat das „Vienna Bio Center“, ein weltweit beachtetes biowissenschaftliches Forschungszentrum mit 700 Forschern und Studenten aus 35 Ländern. Dort sind fünf Universitätsinstitute, das zum Unternehmensverband Boehringer Ingelheim gehörende For-

schungsinstitut für Molekulare Pathologie (IMP) und acht Start-ups aus dem Bereich Biotechnologie untergebracht. Zurzeit werden drei neue Institute im Bereich Molekularbiologie errichtet.

Die österreichische Innovationsagentur startete „Best of Biotech – Ideas for Life“. Dieser grenzüberschreitende Life-Sciences-Wettbewerb wird gemeinsam mit Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen in Österreich, Slowenien, Slowakei, Tschechien und Ungarn durchgeführt. Junge Wissenschaftler und Forscher sollen dazu motiviert werden, ihre Ideen umzusetzen und Start-ups zu gründen. Insgesamt wurden mittlerweile mehr als 100 Projekte eingereicht.

Auch die Biotech-Industrie schätzt die Alpenrepublik. Das US-Biotechnologie-Unternehmen Optime Therapeutics verlagerte seine europäische Zentrale nach Wien. In den vergangenen drei Jahren investierte Baxter 150 Millionen Euro (293 Millionen DM) in den Ausbau der Bereiche Forschung und Entwicklung am Wiener Standort. Novartis plant die Ausweitung der Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten in Österreich. Roche Diagnostics unterhält ein Kompetenzzentrum in Graz.

Roche in Japan

Roche und Chugai bilden eine Allianz, um in Japan ein führendes forschungsorientiertes Pharmaunternehmen zu schaffen. Aus der Fusion der japanischen Pharma-Niederlassung von Roche, Nippon Roche, und Chugai wird ein international tätiges Pharmaunternehmen mit Sitz in Japan hervorgehen. Mit einem kombinierten Pro-Forma-Umsatz 2000 von 253 Milliarden Yen (3,4 Milliarden Schweizer Franken) wird die Gesellschaft zum fünftgrößten Pharmaunternehmen Japans, dem mit Abstand zweitwichtigsten Arzneimittelmarkt der Welt. Roche wird mit einem Anteil von 50,1 Prozent die Mehrheit am Aktienkapital übernehmen. Das neue Unternehmen wird weiterhin den Namen Chugai Pharmaceutical Co., Ltd. tragen und an der Tokyoter Börse notiert bleiben. Aus diesem Zusammenschluss entsteht eine der stärksten Forschungs-, Entwicklungs-, Produktions- und Marketingorganisationen in der japanischen Pharmaindustrie. Das Potential des japanischen Pharmamarktes ist groß. Bereits heute gehört bei den über 65-jährigen Japanern der Pro-Kopf-Verbrauch an rezeptpflichtigen Medikamenten zu den höchsten weltweit.

Aus den Firmen

Sein Corporate Design entwickelt **Henkel** weiter. Wesentliches Merkmal: Als Dachmarke tritt das Unternehmen nun weltweit mit dem Slogan „Henkel – A Brand like a Friend“ auf. Henkel hatte zuvor die Chemiesparte Cognis endgültig an eine Investorengemeinschaft von Fonds verkauft, die von Permira, GS Capital Partners und Schroder Venture Life Sciences beraten wird.

Für einen Betrag von 292,2 Mio. US-Dollar erwirbt **Mettler Toledo** Rainin in Emeryville, Kalifornien, einem Spitzenhersteller von Popetten und Zubehör. Im Jahr 2000 erzielte Rainin einen Umsatz von 66 Mio. USD und einen Gewinn vor Steuern und Abschreibungen von 22 Mio. USD. 85 Prozent des Umsatzes erzielt Rainin in den USA. Der Kaufpreis wird je zur Hälfte in Aktien und bar entrichtet.

Akzo Nobel hat mit der Eröffnung einer Produktionsanlage für Holzlacke in Dongguan Stadt seine Position im chinesischen Lackmarkt gestärkt. Der neue Standort ist Teil einer Investition von 25 Mio. Euro, die im vergangenen Jahr in China getätigt wurde.

Die **EMBLEM** Technology Transfer GmbH, eine 100prozentige Tochter des Europäischen Laboratoriums für Molekularbiologie (EMBL), gründete einen Wagniskapital-Fond für Life-Science Start-ups mit einem Anfangskapital von 10 Mio. Euro. Neben dem EMBLEM sind an dem Fond 3i (Großbritannien), BankInvest (Dänemark) sowie MarcoPolo (Spanien) beteiligt. Der Fond soll im nächsten Jahr mit einer Zeichnungssumme von 17 Mio. Euro geschlossen werden. EMBLEM wurde 1999 gegründet und schützt und kommerzialisiert die in den Labors des EMBL entwickelten Technologien.

Die **BASF** vereinbarte jetzt eine Neuregelung zur Beteiligung der Mitarbeiter am Unternehmenserfolg. U.a. erhalten alle fest angestellten Mitarbeiter im Mai 2002 kostenlos fünf Aktien.

Die Gaflo Pumpenvertriebs GmbH, Düsseldorf, wurde umfirmiert und heißt jetzt als Tochter der europäischen Axflow-Gruppe **AxFlow GmbH**. Alle 17 europäischen AxFlow-Unternehmen haben damit denselben Namen.

Auslandsinvestitionen stärken Beschäftigung in Deutschland

In den letzten Jahren haben die Direktinvestitionen deutscher Unternehmen im Ausland kräftig zugenommen, die Bestände haben sich in den neunziger Jahren nahezu vervierfacht. Häufig wird befürchtet, dass damit eine massive Verlagerung von Arbeitsplätzen dorthin verbunden sei. Eine detaillierte Analyse der Beschäftigungsentwicklung in deutschen multinationalen Unternehmen zeigt jedoch, dass offenbar das Gegenteil der Fall ist: Per saldo stärkten die Direktinvestitionen in den neunziger Jahren die Beschäftigung in Deutschland, und dies sogar mit zunehmender Tendenz. Dieses Ergebnis einer Studie des Rheinisch-Westfälisches Instituts für Wirtschaftsforschung e.V. stützt sich auf eine Auswertung von Geschäftsberichten von über 150 deutschen Unternehmen des Produzierenden Gewerbes für die Jahre 1990 bis 1998. In diesem Zeitraum weiteten die betrachteten Unternehmen die Beschäftigung in ausländischen Tochterunternehmen deutlich aus; 1990 kamen auf

100 Arbeitsplätze in Deutschland nur 45 im Ausland, 1998 waren es bereits fast 90. Allerdings stiegen die Umsätze, die diese Unternehmen mit ausländischen Kunden erzielten, ebenfalls überaus kräftig. Mehr als 80 Prozent ihres gesamten Umsatzwachstums wurde im Durchschnitt im Ausland realisiert, und dies wäre ohne Direktinvestitionen nicht möglich gewesen. Zieht man einen Saldo aus dem Beschäftigungsaufbau an ausländischen Standorten und den Arbeitsplatzeffekten der wachsenden Auslandsumsätze, so fällt dieser für den hier betrachteten Unternehmenskreis jedenfalls positiv für Deutschland aus. Beides zusammen genommen hätte ihre Beschäftigung im Inland zwischen 1990 und 1994 um 6,8 Prozent, zwischen 1994 und 1998 sogar um 10,3 Prozent steigen lassen. Dass die Beschäftigung in den betrachteten Unternehmen hierzulande dennoch sank, liegt zum einen an der flauen Umsatzentwicklung im Inland, zum anderen am Produktivitätsfortschritt.

BG: Video „Gefährdungsbeurteilung“

Die wirtschaftliche Situation zwingt die Unternehmen, ihre Kosten zu senken und gleichzeitig die Qualität ihrer Produkte und Dienstleistungen zu erhöhen. Unfälle und beruflich bedingte Erkrankungen, Ausfallzeiten von Mitarbeitern, Störungen an Maschinen und Anlagen, langwierige Reparaturzeiten, Fehlproduktion und Fehlleistungen verursachen jedoch unnötige Kosten und damit Verluste. Darüber hinaus trägt der Unternehmer die soziale Verantwortung für Sicherheit und Gesundheitsschutz seiner Mitarbeiter. Mit dem neuen Video „Gefährdungsbeurteilung“ will die Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie (BG Chemie) die Unternehmen bei der Gefährdungsbeurteilung unterstützen, um die Sicherheit in den Betrieben zu verbessern und diese Verluste zu reduzieren.

Die Gefährdungsbeurteilung der Arbeitsplätze ist seit Inkrafttreten des Ar-

beitsschutzgesetzes für jedes Unternehmen vorgeschrieben. Sie ist ein wirksames Mittel, Gefährdungen und Belastungen systematisch und umfassend zu ermitteln und entsprechende Schutzmaßnahmen einzuleiten, ehe sich Betriebsstörungen ereignen oder Ausfallzeiten von Beschäftigten als Folge von Unfällen oder Erkrankungen entstehen.

Das Video beantwortet die Fragen, wie die Gefährdungsbeurteilung möglichst effizient und zielorientiert durchgeführt wird und welche Vorteile für den Unternehmer damit verbunden sind. Der Inhalt des Videos ist in eine Rahmenhandlung eingebettet, in der sich die Zuschauer laut BG Chemie wiederfinden sollen. Gedreht wurde in einem mittelständischem BG Chemie-Mitgliedsbetrieb der Kunststoffindustrie. Die Inhalte ließen sich für jede Branche anwenden.

R&D 100 Award an Mettler Toledo

Das auf Wäge- und Messtechnik spezialisierte Unternehmen Mettler Toledo ist für seine Analysenwaage AX mit dem international angesehenen Innovationspreis für angewandte Forschung und Entwicklung, dem „R&D 100 Award“ der amerikanischen Fachzeitschrift R&D, ausgezeichnet worden.

Die R&D Awards zeichnen 100 technologisch bedeutende neue Produkte eines Jahres aus. Zu den Gewinnern des seit dem Jahre 1963 existierenden Preises gehören beispielsweise der Polacolor Film (1963), die Halogenlampe (1974), das Faxgerät (1975), die Kodak Foto-CD (1991) und HDTV (1998). Mit einer Auflösung von 50 Millionen Messpunkten ist die Mettler Toledo AX nach Firmenangaben die höchstauflösende Analysenwaage der Welt. Die Waage verfügt über ein Touchscreen-Display für eine intelligente Benutzerführung und erlaubt die berührungslose Steuerung des Windschutzes via Infrarotsensoren, was das präzise Wägen im Labor einfacher macht. Die Funktion „MinWeigh“ garantiert das Einhalten firmeninterner Qualitätsrichtlinien, was dem Kunden Zeit und Geld spart, insbesondere wenn teure Substanzen kleinster Mengen eingewogen werden müssen. Bis zu acht Benutzer können zudem ihre auf bestimmte Applikationen optimierten Waagenparameter speichern und diese mit einem Fingertipp aktivieren.

Lässt sich für Software-Aktualisierungen ans Internet anschließen: Die Analysenwaage AX (Foto: Mettler Toledo).



PUR-Sandwich auf See

Bei der traditionellen Bauweise von Schiffen bestehen Rumpf und Decks typischerweise aus Stahlplatten, die etwa ein bis zwei Zentimeter dick sind. Sie müssen mit aufgeschweißten Versteifungsleisten stabilisiert werden. Rund 60 Kilometer Schweißnähte ziehen sich allein entlang der Wände eines mittelgroßen Tankers. Das verursacht erhebliche Arbeits- und Materialkosten beim Bau und beim Reparieren. Außerdem sind die Schweißnähte Schwachstellen im nassen Alltag, denn sie rosten als Erstes und sind damit anfällig für Ermüdungserscheinungen. Entscheidende Vorteile bringt jetzt die Sandwich-Plate-System-Technik (SPS).

Erfunden wurde das System eines Verbundes von Stahlplatten, zwischen denen eine Polyurethan-Schicht (PUR-Schicht) eingeschlossen wird, von Intelligent Engineering Ltd., Kanada, und entwickelt in Zusammenarbeit mit Elastogran. Die PUR-Schicht ist gleichzeitig äußerst haltbar und elastisch. Das System ist so stabil, dass die Anzahl der Versteifungselemente drastisch reduziert werden kann. Bis zu 50 Prozent der aufwendigen Schweißarbeiten entfallen. Die Konstruktion wird einfacher und kostengünstiger und ist dabei gleichzeitig widerstandsfähiger im Vergleich zu den konventionell gebauten Modellen. Dr. Jens Dierssen, SPS-Experte bei der BASF-Kunststofftochter Elastogran: „Unsere SPS-Bauweise eignet sich für Schiffe aller Art.“ Rund 87000 Frachter, Tanker und Kreuzfahrtschiffe befahren derzeit die Weltmeere, jährlich werden 2000 große Schiffe neu gebaut. „Ein vielversprechender Markt, und der Nutzen für die Umwelt und die Sicherheit auf See ist enorm“, meint Dierssen. Bei Reparaturen von verschlissenen Decks werden weitere Pluspunkte von SPS deutlich.

Während bei der konventionellen Methode das alte Deck zeitaufwendig entfernt werden muss, bleibt mit SPS das alte Schiffsdeck erhalten. Es wird lediglich gereinigt, es werden Rahmen aufgesetzt, und darauf wird eine neue



Prinzip der SPS-Technik (Abb.: BASF)

Decksplatte aufgeschweißt. Der Raum zwischen den Stahlplatten wird anschließend mit dem PUR-Elastomer gefüllt. Direkt vor Ort mischt man dazu die zwei flüssigen Ausgangsstoffe und spritzt sie mit einem Druck von 150 bar in den Hohlraum. Innerhalb weniger Stunden härtet der Kunststoff aus und gibt dem Deck eine neue Stabilität. Statt wie bisher 20 Quadratmeter werden mit SPS bis zu 200 Quadratmeter Decksfläche pro Tag erneuert. Der Vorteil: deutlich verringerte Liegezeit im Reparaturdock. Die britische Reederei P&O hat davon schon bei der Überholung der Decks von vier Fähren profitiert. Die Pläne für ein komplett mit der SPS-Technologie gebautes Schiff liegen vor.

FhG: + 10 %

Die Fraunhofer-Gesellschaft (FhG) wuchs 2000 um 10 Prozent.

Sie ist damit die größte Forschungseinrichtung für angewandte Forschung in Europa. Das FhG-Finanzvolumen umfasste 781 Mio. Euro. Der Ertragsanteil stieg um 3 auf 66 Prozent. Die Auslandserträge wuchsen im Berichtsjahr um 8 Prozent, betragen 65 Mio. Euro. In diesem Jahr wird sich die Fusion mit der GMD bemerkbar machen. Die FhG hat über 11000 Mitarbeiter.

„Pony tails“ als Trennmittel

Für das Recycling von Katalysatoren gibt es jetzt einen großen Fortschritt. Um Katalysatorsubstanzen aus dem Endprodukt zu entfernen, koppelt man die Löslichkeit der Katalysatoren eng an die Temperatur. Der Chemiker Marc Wende (Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Organische Chemie I von Prof. Dr. John A. Gladys) erreicht dies, indem er diesen Stoffen Molekülgruppen anhängt, die er „Pony tails“ oder „Pferdeschwänze“ getauft hat.

Feste, unlösliche Katalysatoren – wie die Geflechte aus Edelmetallen, die Schadstoffe aus den Autoabgasen entfernen – lassen sich leicht von den flüssigen oder gasförmigen Produkten trennen, doch sie sind wenig aktiv und verursachen oft Nebenreaktionen. Da die meisten organischen Chemikalien ölähnlich sind und sich nicht mit Wasser mischen, bieten sich wasserlösliche Katalysatoren an. Diese Reaktionen verlaufen oft sehr träge, und aus dem Abwasser müssen die Chemikalienreste mit viel Aufwand entfernt werden.

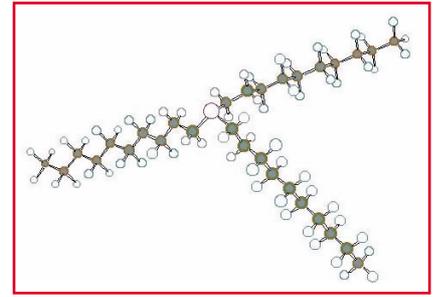
Neueste Katalysatoren lösen sich in ionischen Flüssigkeiten (siehe den Artikel auf Seite 457) oder hochfluorierten flüssigen Kohlenwasserstoffen, deren Mischbarkeit mit konventionellen organischen Reagenzien und Lösungsmitteln von der Temperatur abhängt. Schnelle Reaktionen bei höheren Temperaturen werden damit möglich. Vor allem die fluorhaltigen Lösungsmittel sind sehr teuer, zwar nicht giftig, doch äußerst haltbar, was die Abfallbeseitigung erschwert.

Dass Chemikalien bei verschiedenen Temperaturen unterschiedliches Verhalten zeigen, nützt die in Erlangen entwickelte neue Methode auf andere Weise. Marc Wende fand heraus, dass extrem temperaturabhängige Löslichkeiten zu erzielen sind, wenn an einem Katalysator ausreichend lange und genügend viele „Pony tails“ einer bestimmten Zusammensetzung angebracht werden. Beispielsweise erhält man so einen phosphorhaltigen Katalysator, der in organischen Lösungsmitteln bei Raumtemperatur kaum löslich

ist, bei 100 Grad Celsius jedoch 150 mal besser. Die Reaktion wird bei einer günstigen, höheren Temperatur durchgeführt; anschließend kann man die Flüssigkeit einfach abkühlen lassen und den Katalysator herausfiltrieren. Das Produkt bleibt in der Lösung.

Die „Pferdeschwänze“ sind nach der Formel $(\text{CH}_2)_m(\text{CF}_2)_{n-1}\text{CF}_3$ aufgebaut, wobei der Betrag für die Zahl m typischerweise zwischen 0 und 3 und der Betrag für n zwischen 6 und 10 liegt. Die chemische Zusammensetzung ist der von Teflon sehr ähnlich.

Um einen solchen Katalysator wieder und wieder zu verwenden, sind weder ein weiteres Lösungsmittel noch exotische Zusätze oder eine spezielle Ausrüstung nötig. Als Variante dieser Methode beschreibt ein entsprechender Artikel der Erlanger Forscher in „Journal of the American Chemical Society“, Ausgabe November 2002, die Verwendung von Teflon-Spänen, auf deren Oberfläche sich der ausfallende Katalysator abscheidet. Dies erleichtert das Abfiltrieren und damit das Recycling der sehr kleinen Mengen. In einer zweiten Variante wird komplett auf ein Lösungsmittel verzichtet, der Katalysator fällt beim Abkühlen wieder aus. Eine Vielzahl von Versuchen



Molekülbeispiel für einen Pony tail-Katalysator (Abb.: Universität Erlangen)

wurde durchgeführt, um sicherzustellen, dass der Katalysator zurückgewonnen und nicht mit dem Lösungsmittel oder den Produkten entfernt wird.

Christian Rocaboy vom Lehrstuhl für Organische Chemie I der FAU stellte kürzlich thermomorphe Katalysatoren mit Übergangsmetallen als reaktivem Zentrum her. Darüber sind Publikationen in Vorbereitung. Außerdem wurden sowohl die von Wende und Rocaboy entdeckte generelle Methode als auch spezifische Daten zu ihren Anwendungen patentiert. Dank der breiten Anwendbarkeit des Phänomens und der Möglichkeit, die Löslichkeit der Katalysatoren durch Verlängern, Verkürzen oder Verzweigen der „Pferdeschwänze“ sehr genau einzustellen, ist zu erwarten, dass industrielle Anwender beträchtliches Interesse zeigen.

Römische Forscher entdecken O₄

Eine neue Form des Sauerstoffs haben jetzt italienische Wissenschaftler um Fulvio Cacace von der Universität Rom entdeckt: O₄.

Schon seit den 20er Jahren des vergangenen Jahrhunderts wurde solch ein Allotrop vorausgesagt. Die heutigen massenspektrometrischen Methoden ermöglichten die Entdeckung. Die Forscher kombinierten im Massenspektrometer O₂-Moleküle und positive O₂-Ionen, um O₄-Ionen zu erhalten. Diesen vermuteten Produkten fügten sie ein Elektron zu, um ein neutrales Molekül zu erhalten. Wenn solch ein O₄-Molekül stabil genug sein sollte, erwarteten die Wissenschaftler, einen O₄-

Massenpeak im Spektrometer zu sehen, nachdem man zuvor für die massenspektrometrische Detektion wieder ein Elektron von dem Molekül entfernt hatte. Genau dieses Ergebnis konnten sie darstellen.

Die Struktur von O₄ ist noch unklar. Frühere theoretische Rechnungen wiesen auf zwei Möglichkeiten: ein rhombusartiges Molekül mit einem Atom an jeder Ecke oder ein Moleküldreieck mit einem Atom in der Mitte. Keine dieser Möglichkeiten passt jedoch besonders gut zu bisherigen Ergebnissen. Vielmehr nimmt man zur Zeit an, dass O₄ aus zwei hantelförmigen O₂-Molekülen zusammengesetzt ist, die relativ lose miteinander verbunden sind.

BSE ermitteln und verfolgen

Neue Forschungen ermöglichen bald sowohl, BSE-infiziertes Material zu verfolgen, als auch Lebend-Tests auf BSE-Infektionen bei Kühen durchzuführen.

Seit dem Auftreten der bovinen spongiformen Enzephalopathie (BSE) in Deutschland wird nach sicheren Werkzeugen gesucht, mit denen die Behandlung von tierischen Abfällen überwacht und die Stoffflüsse von infiziertem Material verfolgt werden können. Das Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung aus Freising entwickelte nun ein Indikator-Testsystem, mit dem sich Zerstörungsgrad und Verbreitungswege von infiziertem Material aufdecken lassen. Die Methode des FhI erlaubt es, sowohl thermische als auch chemische Behandlungsverfahren darauf hin zu prüfen, ob und in welchem Umfang Prionen zerstört werden. Da mit herkömmlichen Nachweismethoden eine direkte Bestimmung der Restinfektiosität nicht möglich ist, wird dem zu behandelnden Stoffstrom ein Indikator zugegeben. Synthetische Polyamide eignen sich in besonderem Maße als Indikatortsubstanz, da sie Kettenbrüche an Säureamidgruppen mit großer Ähnlichkeit zu Kettenbrüchen in Proteinen, wie beispielsweise Prionen, abbilden.

Bei der Suche nach einer Indikatorsubstanz sind die Fraunhofer-Wissenschaftler davon ausgegangen, dass die Infektiosität von Prionen nur eliminiert werden kann, wenn die BSE-Erreger in möglichst kurze Molekülbruchstücke gespalten werden. Die bestehenden Analogien im Aufbau von Proteinen und Polyamiden lieferten den Lösungsansatz. Nach entsprechender Kalibrierung wird man zukünftig in der Lage sein, das Ausmaß der Spaltungen von Prionen indirekt zu bestimmen und daraus eine Aussage über die Restinfektiosität des Rückstands treffen zu können.

Die im neuen Verfahren eingesetzten Indikatoren sind gesundheitlich und hygienisch unbedenklich. Betreiber von Produktions- und Behandlungsprozessen können zukünftig mit dem Indikator auf ein kostengünstiges

Werkzeug zurückgreifen, welches ihnen Sicherheit und Vertrauen für ihre Prozesse und Produkte verschafft. Durch Variation des Ausgangsmaterials lassen sich synthetisch hergestellte Polyamide auf die Anforderungen des Verwertungsprozesses zuschneiden.

Göttinger Wissenschaftler haben einen deutlichen Schritt in Richtung eines Lebend-Tests zur Identifizierung BSE-infizierter Kühe getan. Nach intensiver Forschungsarbeit ist es Prof. Dr. Bertram Brenig, Direktor des Tierärztlichen Instituts der Universität, und seinem Team gelungen, im Blutserum infizierter Tiere charakteristisch veränderte Nucleinsäuren nachzuweisen, die bei gesunden Tieren in dieser Form nicht vorkommen. Die Forschungen des Tierärztlichen Instituts werden seit Dezember 2000 in enger Zusammenarbeit mit der amerikanischen Biotechnologiefirma Chronix Biomedical in Benicia (Kalifornien) zur Entwicklung eines marktfähigen Tests durchgeführt. Das Unternehmen in den USA hat inzwischen bekannt gegeben, als Ergebnis der Zusammenarbeit mit den Göttinger Wissenschaftlern einen Patentantrag über einen Serum-basierten Test zur Identifizierung von BSE gestellt zu haben. Wie Brenig erläuterte, handelt es sich bei dem „indirekten“ Nachweis über das veränderte Serum der Tiere um ein praktikables, bezahlbares und vor allem sicheres Diagnose-Verfahren, da das Blut selbst keine BSE-Erreger enthält. Nach der Identifizierung der entscheidenden molekularen Veränderungen als Nachweis der Prionen-Erkrankung haben die Göttinger Wissenschaftler jetzt die notwendige Validierungsphase eingeleitet, in der die Forschungsergebnisse an den Serumproben einer größeren Anzahl kranker Tiere bestätigt werden müssen und die ca. ein halbes Jahr dauert. Es sollen Proben mehrerer hundert Tiere untersucht werden. Dabei sei es in Deutschland immer noch sehr schwierig, an Blutproben infizierter Tiere zu gelangen. Die bisher einzige verlässliche Methode, BSE-infizierte Kühe zu identifizieren, war die Untersuchung des Hirngewebes nach Tötung der Tiere. RK

Kurzmeldungen

3 Mio. € für Signalproteinforschung
Komplexe Mechanismen der Steuerung von Zellfunktionen untersucht ein neuer Forschungsverbund in Jena. Der Sonderforschungsbereich „Multifunktionelle Signalproteine“ verbindet Arbeitsgruppen aus der Medizinischen Fakultät und der Biologisch-Pharmazeutischen Fakultät an der Universität Jena und aus den außeruniversitären Instituten „Institut für Molekulare Biotechnologie (IMB)“ und „Hans-Knöll-Institut für Naturstoff-Forschung (HKI)“. Im Zeitraum 2002 bis 2004 erhält der neue Sonderforschungsbereich von der DFG eine Förderung in Höhe von etwa 3 Millionen Euro.

DFG lässt Wasser erforschen

Die noch unbekanntesten Eigenschaften des Wassers an Grenzflächen wird die neue DFG-Forschergruppe „Polymorphismus, Dynamik und Funktion von Wasser an molekularen Grenzflächen“ unter die Lupe nehmen. Sie untersucht den Einfluss molekular strukturierter Grenzflächen, wie etwa großer Biomoleküle, auf die Struktur und Dynamik des Wassers und erforscht, welche Rückwirkungen sich aus seinen veränderten Eigenschaften z. B. auf biologische Systeme ergeben. Beteiligt sind Forscher des Fachbereichs für Chemie der Universität Dortmund, der Fakultät für Chemie der Ruhr-Universität Bochum und der Experimentalphysik der Universität Darmstadt. Sprecher ist Prof. Dr. Roland Winter aus Dortmund.

Forschungsauftrag aus Japan

„Technologische Entwicklung für den praktischen Gebrauch von Cellulosefaser / Nanofilter / Photokatalyse-Papier“ heißt der Forschungsauftrag, den das japanische Unternehmen EIN Engineering Tokyo an das Fachgebiet Kunststoff- und Recyclingtechnik im Institut für Werkstofftechnik der Kassler Universität vergeben hat. Was bei der Entwicklung solcher Nanofilter herauskommen kann, klingt exotisch: Papier, das geruchs- und keimreduzierend wirkt, das, etwa als Tapete an der Wand oder als Lampenschirm, Organismen wie das Milzbrand- oder das Kolibakterium oder Milben zersetzen kann.

Neue Produkte

Vierstoff-Schutzgas speziell für Nickel-Basis-Werkstoffe

Ein stabiler, gleichmäßiger Werkstoffübergang und ein verbessertes Fließverhalten sind nur zwei Vorteile des Argomag Ni, die beim MIG/MAG-Schweißen von hochkorrosionsbeständigen Nickel-Basis-Werkstoffen zum Tragen kommen. Das speziell für diese Werkstoffgruppe entwickelte Schutzgas stellt der Gasespezialist Messer Griesheim vor. Das 4-Komponenten-Gemisch setzt sich aus Argon, Helium, Wasserstoff und Kohlendioxid zusammen. Diese Kombination sorgt beim Schweißen speziell bei der Impulstechnik für hohe Prozesssicherheit und einen ruhigen Lichtbogen. Anwenden steht mit Argomag Ni ein Schutzgas zur Verfügung, das die besondere und sehr anspruchsvolle schweißtechnische Verarbeitung von Nickel-Basis-Werkstoffen (z.B. Hastelloy, Inconel, Incoloy) leichter macht. An das Schutzgas wurden besondere Anforderungen gestellt. Das Anfließverhalten und die Nahtqualität sind durch die spezielle Zusammensetzung mit einem geringen Aktivgasanteil deutlich verbessert worden.

Messer Griesheim GmbH, Industriegase Deutschland
Füttingsweg 34, 47805 Krefeld
Tel.: 0 21 51/ 3 79-0, Fax: 0 21 51/3 79-1 16

Belüftung verbessern

Die neue BugStopper Venting Cap Mat von Whatman International bietet eine einfache und zuverlässige Belüftungsmethode von in einer Mikrotiterplatte gezogenen Kulturen. Viele Forschungstechniken beinhalten das Wachstum von Mikroorganismen wie Bakterien, Pilzen, einzelligen Parasiten und Pflanzen im Multiwell-Format zur



Identifizierung und/oder zur Extraktion von Zellmaterialien. Oftmals sind Reagenzien oder Medikamente hinzuzufügen. Das Anzüchten der Kulturen hat unter sterilen Bedingungen zu erfolgen, besonders dann, wenn die Organismen infektiös und gegenüber Medikamenten resistent sind und/oder eine verlängerte Kultivierungszeit haben. Die BugStopper-Abdeckmatte ist eine autoklavierbare Einheit, bestehend aus einem wiederverwertbaren, sterilen Verschluss, der aus biologisch sicherem Silikon hergestellt ist. Für jede Kammer der 24 Well Mikrotiterplatte enthält die Matte einen separaten hydrophoben Filter. Die Abdeckmatte ist effizienter als eine Plastikabdeckung und lässt sich einfach aufdrücken, um für jede Kammer einen positiven Verschluss zur Verfügung zu stellen, der die Verdunstungsrate erheblich senkt und die Kontamination von Kammer zu Kammer eliminiert. Der Silikon-gummierteil der Abdeckmatte versiegelt sich nach dem Durchstechen erneut, wodurch die Sterilität des Inhalts der Kammer während der Inokulation oder beim Aspirieren gewährt bleibt. Der hydrophobe Filter bietet eine ideale Belüftung, wobei Luft und CO₂ entweichen können, Bakterien und Viren jedoch zu 99,9 % zurückgehalten werden, was die Integrität der Kultur garantiert.

Whatman International Ltd
Whatman House, St Leonard's Road, 20/20 Maidstone,
Kent ME16 0LS, England
Tel. +44 (0) 16 22 67 66 70, Fax: +44 (09) 16 22 67 70 11

Neue MICROPUMP-Optionen für OEM-Anwendungen

Der Bedarf an kompakten und zuverlässigen Pumpen mit laufruhiger und präziser Fördercharakteristik stellt eine typische Anforderung vieler Chemie-, Industrie-, Labor und OEM-Anwendungen dar. Die etablierte Pumpenbaureihe der Integral-Serie, erhältlich von MICROPUMP, ist eine Lösung für diese Art der Flüssigkeitsförderung. Die elektromagnetisch angetriebenen Pumpen der Integral-Serie kombinieren einen Pumpenkopf, einen bürstenlosen Gleichstromantrieb und die Steuerelektronik in einer kompakten, hermetisch dichten Pumpeneinheit. Dieses Design ist eine Weiterent-

wicklung konventioneller, magnetisch-gekoppelter Systeme: Der Pumpenkopf wird elektromagnetisch, ohne bewegte Komponenten im Motor, berührungslos und somit verschleißfrei angetrieben. Erhältlich in Standard- oder spezieller OEM-Konfiguration, ergeben diese Pumpen einen laufruhigen und nahezu pulsationsfreien Förderstrom von bis zu 4 l/min. bei Differenzdrücken bis zu 8,7 bar. Das Standardgehäusematerial SS316L (1.4404) zusammen mit verschiedenen Zahnradmaterialien, wie zum Beispiel RytonW



(PPS), PEEK und Kohlegraphit, ergeben eine optimale chemische Beständigkeit und Haltbarkeit. Das Unternehmen hat gerade neue, fortschrittliche Antriebsvarianten mit bürstenlosen Motoren entwickelt, die noch kompakter und kostengünstiger sind. Diese Weiterentwicklung der Integral-Serie M erweitert die anwendungsorientierten Lösungsmöglichkeiten für OEM-Konfigurationen. Der neue bürstenlose Gleichstromantrieb ermöglicht den direkten Einbau des Pumpenkopfes in die Statorwicklung und realisiert auf elektromagnetischen Wege den berührungslosen Antrieb ohne direkten Kontakt mit beweglichen Komponenten in der Pumpe.

Gaflo Pumpen-Vertrieb GmbH
Neumannstr. 2, 40235 Düsseldorf
Tel.: 02 11/23 80 60, Fax: 02 11/ 23 80 620

Höhere Laufzeit für Vakuumanwendungen

In Palo Alto hat Varian kürzlich eine neue Generation der für ihr „Plug and Pump“ bekannten Navigator-Turbo-pumpen vorgestellt: Bei der Navigator Turbo V-301 wurden sowohl der Energieverbrauch als auch die Temperatur der Lager reduziert und damit die Laufzeit der Pumpe wesentlich erhöht. Mit nur dem halben Energieverbrauch im

Vergleich zu ihren Vorgängermodellen erreicht sie eine Leistung von 300 l/Sekunde. Damit wird die neue Pumpe auch für den Einbau in eine Reihe von Kompletanlagen, z. B. in der Halbleiter- und Beschichtungsindustrie, interessant. Darüber hinaus kann die Pumpe auch in Flüssig- und Gas-Chromatographen sowie in Massenspektrometern integriert werden. Durch ein Redesign der Macrotorr-Stufen kann gegen einen Vordruck von bis zu 18 mbar gearbeitet werden. Das max. Saugvermögen ist ab 10^{-3} mbar erreicht. Ferner ist ein Betrieb der Pumpe bei Atmosphärendruck möglich. Durch verbesserte Kühlrippen wird die Wärmeableitung unterstützt, wodurch die Lagertemperatur gesenkt wird. Durch die Keramiklager ist die Pumpe praktisch wartungsfrei. Die Stromversorgung erfolgt durch universelle Hauptspannungen (120/200 V) oder 24 V. Weltweite Installationen sind so problemlos auch ohne den Gebrauch eines externen Transformators möglich. Die Pumpe kann mit einem schnellen und einfachen „Klick“ in fast jeder Anordnung an die Steuereinheit angebracht werden, auch in vertikaler, horizontaler Ausrichtung oder über Kopf. Flexibilität und Zuverlässigkeit wurden durch optionale Integration mit DeviceNet verbessert, einem weit verbreiteten offenen Kommunikationsnetzwerk und einer Protokollplattform, die entwickelt wurde, um industrielle Geräte mit Kontrollsystemen zu verbinden.

Varian Deutschland GmbH, Vacuum Technologies
 Alsfelder Str. 6, 64289 Darmstadt
 Tel.: 0 61 51/7 03-3 11, Fax: 0 61 51/7 03-3 02

**pH-Meter:
 vielseitig einsetzbar**

Die pH-Meter handylab pH11 und pH12 (vgl. Abb.) sind mit den Messparametern pH, mV und °C vielseitig einsetzbar. Die vollautomatische Ein- bis Dreipunktkalibrierung mit bereits im Gerät programmierten DIN- oder technischen Puffern bietet eine große Arbeitserleichterung im praktischen Einsatz. Die Zellkonstante lässt sich bei den Konduktometern handylab LF11 und LF12 in einem weiten Bereich einstellen. Der Anwender kann in der Anzeige zwischen spezifischem Widerstand und Leitfähigkeit wählen.



Während der Messung berücksichtigt und kompensiert das Sauerstoffmessgerät handylab OX12 automatisch die Einflussgrößen wie Temperatur und Luftdruck. Auch der Einfluss eines höheren Salzgehaltes auf die Sauerstoffbestimmung kann durch Eingabe der konduktometrisch bestimmten Salinität korrigiert werden. Alle handylab 12-Modelle bieten einen Datenspeicher, eine serielle Schnittstelle und ein optional erhältliches Netzteil für den Einsatz an eingerichteten Messplätzen.

Schott Glas
 Hattenbergstr. 10, 55122 Mainz
 Tel.: 0 61 31/66-24 11, Fax: 0 61 31/66-40 11

eZtrend V5 von Honeywell vereint viele Funktionen

Der papierlose Grafiksreiber eZtrend V5 erweitert die Minitrend/Multitrend-Familie von Honeywell um ein preiswertes und kompaktes Gerät. Bis zu 6 Universaleingänge und eine Einbautiefe von nur 175 mm bei einem Frontformat von 144 mm x 144 mm erlauben den Ersatz praktisch aller konventionellen 100-mm-Papiersreiber



durch dieses neue Produkt. Das 5" große Farb-LCD-Display ist sehr gut ablesbar. Zur Bedienung und Gerätekonfiguration werden lediglich die vier kontextsensitiven Fronttasten und die Cursor-Taste benötigt. Die Messdaten speichert das Gerät in seinem 2 MB großen, netzausfallsicheren internen Speicher und auf 1,44 MB 3,5"-Disketten. Die Messeingänge werden mit 10 Hz abgetastet. Die Speicherrate kann – für jeden Kanal getrennt – in einem Bereich von 100 ms bis 4 Tagen eingestellt werden. Zur Datenkompression wird auf einen fuzzybasierten Algorithmus zurückgegriffen, der bis zu 100 mal mehr Daten auf einem Datenträger zulässt als bei herkömmlichen Grafikscreibern. Die gespeicherten Daten sind verschlüsselt. Zudem wird der Manipulationen an Messdaten durch einen mehrstufigen Passwortschutz vorgebeugt; bis zu zehn verschiedene Benutzer können eingerichtet werden. Somit ist das „audit trail“, d.h. die Nachvollziehbarkeit der Aufzeichnung, gewährleistet. Als Standard verfügt das Gerät über eine Ethernet-Kommunikationsschnittstelle. Der im Grafiksreiber eingebaute Webserver erlaubt nicht nur die Konfigurierung und den Zugriff über das Internet – einzigartig in dieser Preisklasse ist die E-Mail-Funktion des Geräts: Alarm- und Ereignismeldungen können automatisch an bis zu 16 verschiedene Empfänger versandt werden.

Honeywell AG
 Kaiserleistr. 39, 63067 Offenbach
 Tel. 0 69/80 64-3 36, Fax: 0 69/80 64-9 31

Prozess-Spektrometrie im nahen Infrarotbereich

Siemens Automation and Drives (A&D) erweitert sein Angebot in der Prozessanalytik um zwei NIR(Near Infrared)-Spektrometer für Messungen im nahen Infrarotbereich: Sinis FT verwendet als weltweit erstes FT(Fourier Transformation)-NIR-Spektrometer einen rotierenden Retroreflektor, mit dem Daten auch unter schwierigen Umgebungsbedingungen schnell und sicher per Interferogramm dargestellt werden können. Das AOTF(Acusto Optic Tunable Filter)-Spektrometer Sinis A gibt es in zwei Varianten für Transmissions- und Reflexionsmessung. Dadurch können sowohl feste



Proben als auch stark absorbierende Flüssigkeiten berührungslos untersucht werden. Die beiden Spektrometer übernehmen Analysen- und Online-Controllaufgaben in Raffinerien, in der Petrochemie, der pharmazeutischen und chemischen Industrie sowie im Nahrungs- und Genussmittelbereich. Das FT-NIR-Spektrometer bestimmt gleichzeitig chemische und physikalische Eigenschaften – und dies bei kurzen Analysezeiten, hoher Auflösung und auch komplexen Prozessmedien. Es verwendet als weltweit erstes NIR-Spektrometer eine rotierende Spiegelbewegung. Das durchgesendete Licht wird so umgelenkt, dass zwei Lichtstrahlen den asymmetrisch rotierenden Retroreflektor passieren. Dabei entstehen zwei unterschiedliche Strahlängen, deren Differenz gemessen wird. Die so gewonnenen Daten werden mit einer mathematischen Rechenoperation, der Fast-Fourier-Transformation, zu einem Interferogramm aufbereitet. Die permanent justierte Optik wurde speziell für den Prozesseinsatz entwickelt und bietet eine sichere und schnelle Datenerfassung – auch unter schwierigen Umgebungsbedingungen. Dadurch eignet sich das neue Gerät zur Bestimmung von Aliphaten und Aromaten in Kraftstoffen, zur Verfolgung von chemischen Produktionsprozessen sowie zur Klassifizierung und Qualitätskontrolle von Polymeren.

Siemens AG Pressereferat Automation and Drives
PF 3240, 91050 Erlangen
Tel.: 0 91 31/7-2 66 73, Fax 0 91 31/7-2 04 15

Simultane TOC/TN_b-Bestimmung

Shimadzu hat kürzlich eine neue TOC-/TN_b-Serie vorgestellt, die aus fünf Geräten besteht und die gesamte Bandbreite der Wasseranalytik abdeckt. Diese neue TOC-V-Familie

knüpft an die guten Leistungsdaten der Vorgängerserie TOC-5000A an, beinhaltet aber zugleich wichtige Weiterentwicklungen. Dazu zählt unter anderem das TN-Modul, das die simultane TOC/TN_b-Bestimmung erlaubt. Mithilfe des TN-Moduls ist es möglich, innerhalb von 4 Minuten parallel die Konzentration des organischen Kohlenstoffs und des gesamten gebundenen Stickstoffs zu messen. Die TN-Bestimmung basiert auf der katalytischen Umsetzung bei 720°C. Das entstandene Stickstoffoxid wird mit einem Chemilumineszenzdetektor erfasst. Damit folgt Shimadzu den Vorgaben in der ENV 12260 „Bestimmung von Stickstoff“. Der weite Messbereich von 0,1 bis 4000 mg/L ermöglicht die TN-Bestimmung in den verschiedensten Applikationen. Das Shimadzu-Messprinzip zur Stickstoffbestimmung hat bereits im TOCN-4100-Prozessanalysator überzeugt. Hierbei sind besonders die guten Wiederfindungsraten der meistverbreiteten Stickstoffverbindungen hervorzuheben – und zwar unabhängig vom verwendeten Kalibrationsstandard. Die vorherige Kenntnis über die Zusammensetzung des TN_b ist somit nicht erforderlich.

Shimadzu Deutschland GmbH
Tel.: 02 03/7 68 74 10, Fax: 02 03/7 68 74 00

Messtechnisch die Lösung

Das Motto, unter dem burster weltweit seine Messtechnikprodukte vertreibt, prägt auch den Auftritt der Firma im Internet unter www.burster.de und www.burster.com. Die Website zeigt das komplette und umfangreiche Produktspektrum an Sensoren und Messgeräten mit der Möglichkeit zum Download aller Datenblätter mit den kompletten technischen Daten. Bei einigen Sensoren ermöglicht ein Link den Download der CAD-Daten zur direkten Einbindung und Weiterverarbeitung in Konstruktionszeichnungen. Neben wichtigen Informationen zu aktuellen Messen, zur Firma selbst und zum Produktangebot bietet die Homepage dem Anwender auch ein komfortables E-Mail-Bestellformular, über das Print-Kataloge, Broschüren und andere technische Informationen, wie z. B. die CD-ROM bequem angefordert werden



können. Über die Links auf der Kontaktseite erreicht der Webbesucher direkt die Außendienstingenieure in Deutschland und Österreich oder auch das weltweit ausgebaute Vertreter- und Händlernetz im Ausland. Im Bereich Software & Support steht Gerätesoftware zum schnellen Download zur Verfügung, und auf der Presseseite finden sich für den interessierten Leser schließlich aktuelle Fachpresseveröffentlichungen sowie die fertig aufbereiteten Presse-Informationen zum Download für die Redaktionen der Fachpresse selbst. Ein Besuch der Website lohnt sich also immer, rund um die Uhr.

burster präzisionsmesstechnik gmbh & co kg
Talstr. 1–5, 76593 Gernsbach
Tel.: 0 72 24/6 45-0, Fax: 0 72 24/6 45-88

Differenzdruckwächter für Klima- und Lüftungstechnik überarbeitet

Differenzdruckschalter sind schnell ansprechend, hochauflösend und wartungsfrei; sie bieten viel bei günstigem Preis. Ein bewährter Vertreter dieser Spezies ist der Differenzdruck-Wächter 930 Climair der Beck GmbH. Bei der neuen, überarbeiteten Version ist der Schaltbereich für Differenz-, Über- und Unterdrücke von 20 bis 2500 Pascal in der höchsten Version auf 1000 bis 4000 Pascal erweitert worden. Die Skala der Einstellräder ist wahlweise in Pascal oder mbar beschriftet. In der Standardausführung können bis 1 A bei 250 VAC und in der Schwachstromvariante 0,1 A bei 24 VDC geschaltet werden. Verbessert wurden auch die Handhabung und die Kabelführung im Schalter.

Beck GmbH, Druckkontrolltechnik
Ernst-Mey-Straße 4, 70771 Leinfelden-Echterdingen

BEZUGSQUELLENVERZEICHNIS

Analysen

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

Chemolab AG, Laboratorium für
chem.-analyt. Untersuchungen
Hauserstraße 53
CH-5210 Windisch
Tel. (05 64 41) 77 88
Fax (05 64 42) 41 21

Aräometer

Amarell GmbH & Co KG
97889 Kreuzwertheim
Postfach 1280
Tel. (093 42) 92 83-0
Fax (093 42) 398 60



Leo Kübler GmbH
Stephaniestr. 42/44, 76133 Karlsruhe
Tel. (07 21) 22491, Fax (07 21) 279 03

Arbeitsschutzartikel



Carl Roth GmbH + Co.
Postfach 21 11 62
76161 Karlsruhe
Tel. (07 21) 5 60 60

Bimssteingranulate und -mehle



Joseph Raab
GmbH & Cie. KG
Postfach 22 61
56512 Neuwied
Tel. (0 26 31) 913-178
Fax (0 26 31) 913-170

BSB-Bestimmung

WTW, Weilheim
Tel. (08 81) 183-0, Fax 62539

Chemikalien



Carl Roth GmbH + Co.
Postfach 21 11 62
76161 Karlsruhe
Tel. (07 21) 5 60 60

Chemiesoftware für Personal Computer

Umschau Software
UMSCHAU ZEITSCHRIFTEN-
VERLAG
Breidenstein GmbH
Stuttgarter Straße 18-24
60329 Frankfurt/M.
Tel. (069) 2600-680

Deuteriumlampen



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

Dewar-Gefäße aus Glas und Metall



Karlsruher Glastechnisches Werk
Gablonzerstraße 6, 76185 Karlsruhe
Tel. (07 21) 9 58 97-0, Fax 9 58 97-77

Dichtungsscheiben aus Gummi mit aufvulkanisierter PTFE-Folie

GUMMI-WÖHLEKE GmbH
Siemensstr. 25, 31135 Hildesheim
Teletex: 5 121 845 GUMWOE
Tel. (0 51 21) 78 25-0

Dilutoren/Dispensoren

Zinsser Analytic GmbH
60489 Frankfurt, Eschborner Landstr. 135

Dosierpumpen

LEWA Herbert Ott GmbH + Co.
Postfach 15 63, D-71226 Leonberg
Tel. (0 71 52) 14-0
Fax (0 71 52) 14-1303
E-mail: lewa@lewa.de,
http://www.lewa.de

Extruder für Labor und Produktion

LIHOTZKY

Emil Lihotzky Maschinenfabrik
GmbH & Co KG
(Pressen - Walzen - Trockner)
POB 1165 D-94441 Plattling,
Tel. (099 31) 9136-0, Fax 9136-80
http://www.lihotzky.de

Flüssigkeits- chromatographie/HPLC

Dr. Knauer GmbH,
HPLC · SMB · CombiChrom · Osmometer
Tel. (030) 8 09 72 70
Fax (030) 8 01 50 10
Internet: www.knauer.net
e-Mail: info@knauer.net

FTIR-Spektrometer- Zubehör



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

Gefahrgutberatung

Dr. Reinschmidt-Gefahrgutberatung
Sachkundelehrgänge nach § 5 ChemVerbotsV
Tel.: 072 44/70 6439, Fax: 70 64 40
http://www.online.de/home/reinschmidt

Gefriertrockner

Zirbus technology
37539 Bad Grund
Telefon (05327) 8380-0, Fax -80
Internet: http://www.zirbus.de

Gefriertrocknungsanlagen



Martin Christ GmbH
Postfach 17 13
37507 Osterode/Harz
Tel. (055 22) 5007-0
Telefax (055 22) 5007 12



STERIS GmbH
Kalscheurener Str. 92
D-50354 Hürth/Germany
Tel. (0 22 33) 69 99-0
Fax (0 22 33) 69 99-10

Hochdruckautoklaven

Zirbus technology
37539 Bad Grund
Telefon (05327) 8380-0, Fax -80
Internet: http://www.zirbus.de

Hochdruck- Extraktionsanlagen

Müller Extract Company GmbH
Postfach 25 44, 96414 Coburg
Tel. (095 61) 6 29 05
Fax (095 61) 5 33 93

Hohlkathodenlampen



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

HPLC-Lösungsmittel

Zinsser Analytic GmbH
60489 Frankfurt, Eschborner Landstr. 135

Klimakammern

-thermotest-
Telefon 0221/508667
Fax 0221/505834

Kühlgeräte

MTW, 97078 Würzburg, (09 31) 299 03-47

Kühl- + Tiefkühlgeräte



Gartenstraße 100
D-78532 Tuttlingen
Telefon (0 74 61) 705-0, Fax 705-125
www.hettich-zentrifugen.de
info@hettich-zentrifugen.de

Küvetten

HELLMA GMBH & CO. KG
Postfach 11 63
79371 Müllheim
Tel. (0 76 31) 1 82-0
Fax (0 76 31) 1 35 46
www.hellma-worldwide.com
aus Glas, Spezialgläser, Quarzgläser

STARNA GmbH, Postfach 1206
64311 Pfungstadt, Tel. 06157/28 13
Fax 85564, Internet: www.starna.de

Laboratoriumsmühlen

Pallmann Maschinenfabrik
Postfach 16 52, 66466 Zweibrücken
Tel. (0 63 32) 8 02-0
Fax (0 63 32) 8 02-1 06

Laborchemikalien



Carl Roth GmbH + Co.
Postfach 21 11 62
76161 Karlsruhe
Tel. (07 21) 5 60 60

Laboreinrichtungen

Köttermann GmbH & Co KG
Industriestraße 2-10
31311 Uetze/Hänigsen
Tel. 05147/976-0, Fax 976-844
http://www.koettermann.com

PRUTSCHER
Laboratoriumseinrichtungen GmbH
Badstraße 2, 81379 München
Tel. (089) 74 21 35-0, Fax 74 21 35-10
http://www.prutscher.at

WALDNER Laboreinrichtungen
GmbH & Co. KG
Haidösch 1, 88239 Wangen,
Tel. (0 75 22) 9 86-480, Fax 986-418
http://www.waldner.de

Wesemann GmbH & Co.
Postfach 1461, D-28848 Syke
Tel.: (0 42 42) 5 49-0, Fax: 5 94-39
http://www.wesemann.com

wrt Laborbau GmbH & Co KG
Postfach 15 55
48696 Stadthorn
Tel. 02563/919-0, Fax 919-100

Laborhilfsmittel



Carl Roth GmbH + Co.
Postfach 21 11 62
76161 Karlsruhe
Tel. (07 21) 5 60 60

Laboröfen

Nabertherm, Bahnhofstraße 20
28865 Lilienthal/Bremen
Tel. (0 42 98) 922-0, Fax (0 42 98) 922-129

LABOR-Schläuche und -Stopfen aus Gummi

GUMMI-WÖHLEKE GmbH
Postfach 1005 41, 31105 Hildesheim
Teletex: 5 121 845 GUMWOE
Tel. (051 21) 56046

Laborzentrifugen, Kühlzentrifugen



Gartenstraße 100
D-78532 Tuttlingen
Telefon (0 74 61) 705-0, Fax 705-125
www.hettich-zentrifugen.de
info@hettich-zentrifugen.de



Sigma Laborzentrifugen GmbH
Postfach 17 13
37507 Osterode/Harz
Tel. (055 22) 50 07-0
Fax (055 22) 50 07 12

Leitfähigkeits-Messgeräte



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

Knick, 14163 Berlin
Tel. (030) 8001-0, FS 184529

Leitfähigkeitsmessung

WTW, Weilheim
Tel. (0881) 1 83-0, Fax 6 253 9

Mahlanlagen

Pallmann Maschinenfabrik
Postfach 1652, 66466 Zweibrücken
Tel. (06332) 802-0
Fax (06332) 802-106

Mikrofotographie

OLYMPUS OPTICAL CO.
(EUROPA) GMBH, Postf. 10 49 08
D-20034 Hamburg

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, Postf. 10 49 08
D-20034 Hamburg

Osmometer

GONOTEC GMBH
Eisenacher Str. 56, 10823 Berlin
Tel. (030) 784 60 27, Fax (030) 788 12 01
contact@gonotec.com / www.gonotec.com

Partikelanalyse

LECO INSTRUMENTE GMBH
Marie-Bernays-Ring 31,
41199 Mönchengladbach
Tel. +49-(0)2166-687-0,
Fax +49-(0)2166-687-100
E-Mail: analytik.sales@leco.de
Internet: www.leco.com



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) 1 83-0, Fax 6 253 9

pH-Messgeräte



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

Photometer

MERCK
Merck KGaA, 64271 Darmstadt
Tel. (061 51) 72-30 00, Fax 72 33 33

Photometr. Wasseranalyse Geräte und Testsätze

WTW, Weilheim
Tel. (0881) 1 83-0, Fax 6 253 9

Polarimeter

Leo Kübler GmbH
Stephanienstr. 42/44, 76133 Karlsruhe
Tel. (0721) 224 91, Fax (0721) 279 03



SCHMIDT + HAENSCH GmbH&Co
Waldstraße 80/81; 13403 Berlin
Tel.: 030/41 70 72-0; Fax: -99



Telefon 08105/7792-0
Fax 7792-77
Info@soliton-gmbh.de

Probenfläschchen aus Glas und Kunststoff

Zinsser Analytic GmbH
60489 Frankfurt, Eschborner Landstr. 135

Reagenzien

MERCK
Merck KGaA, 64271 Darmstadt
Tel. (061 51) 72-30 00, Fax 72 33 33

Reflektometrie

MERCK
Merck KGaA, 64271 Darmstadt
Tel. (061 51) 72-30 00, Fax 72 33 33

Refraktometer

Leo Kübler GmbH
Stephanienstr. 42/44, 76133 Karlsruhe
Tel. (0721) 224 91, Fax (0721) 279 03



SCHMIDT + HAENSCH GmbH&Co
Waldstraße 80/81; 13403 Berlin
Tel.: 030/41 70 72-0; Fax: -99

Reinigungsmittel für Laborglas



Carl Roth GmbH + Co.
Postfach 21 11 62
76161 Karlsruhe
Tel. (07 21) 560 60

Sauerstoff-Messgeräte



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

WTW, Weilheim
Tel. (0881) 1 83-0, Fax 6 253 9

Spektralphotometer, UV-VIS



Telefon 08105/7792-0
Fax 7792-77
Info@soliton-gmbh.de

Sterilisatoren

Zirbus technology
37539 Bad Grund
Telefon (05327) 8380-0, Fax -80
Internet: http://www.zirbus.de

Scintillatoren

Zinsser Analytic GmbH
60489 Frankfurt, Eschborner Landstr. 135

Temperatur-Messgeräte

Amarell GmbH & Co KG
97889 Kreuzwertheim
Postfach 12 80
Tel. (093 42) 92 83-0
Fax (093 42) 3 98 60



Knick, 14163 Berlin
Tel. (030) 8001-0, FS 1845 29



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

WTW, Weilheim
Tel. (0881) 1 83-0, Fax 6 253 9

Thermometer

Amarell GmbH & Co KG
97889 Kreuzwertheim
Postfach 12 80
Tel. (093 42) 92 83-0
Fax (093 42) 3 98 60



Tiefsttemperaturmessung

Cryophysics GmbH
Dolivostraße 9, 64293 Darmstadt
Tel. (061 51) 8157-0, Fax 81 57-99
E-Mail: cryophysics_de@compuserve.com

Trifluoressigsäure und Derivate

Solvay Fluor und Derivate GmbH
Postfach 220
30002 Hannover
Tel. (05 11) 8 57-0
Fax (05 11) 28 21 26
Web: http://www.solvay.com/de

Umweltanalytik/Wasser

MERCK
Merck KGaA, 64271 Darmstadt
Tel. (061 51) 72-30 00, Fax 72 33 33

Vakuumkonzentratoren



Gartenstraße 100
D-78532 Tuttlingen
Telefon (0 74 61) 705-0, Fax 705-125
www.hettich-zentrifugen.de
info@hettich-zentrifugen.de

Zirbus technology
37539 Bad Grund
Telefon (05327) 8380-0, Fax -80
Internet: http://www.zirbus.de

Wasserdestillierapparate

Ges. f. Labortechnik mbH
Postfach 11 52
30927 Burgwedel
Tel. (051 39) 99 58-0
Fax (051 39) 99 58-21
Info@GFL.de
www.GFL.de

Zentrifugen

Kendro Laboratory Products GmbH
Heraeusstr. 12-14
63450 Hanau
Tel.: (0 61 81) 35 57 62



Sehr geehrte Autorin,
sehr geehrter Autor,
sehr geehrtes Unternehmen,
hier einige

Hinweise für die
Formatierung
elektronischer Daten.

Lieferung von Texten

Texte können als Word-Dateien, im RTF- oder ASCII-Format geliefert werden. Wünschenswert (bei ASCII notwendig) ist die zusätzliche Lieferung als Ausdruck, um ggf. Konvertierungsfehler zwischen verschiedenen Programmversionen oder Betriebssystemen erkennen zu können. Bitte keine Abbildungen in Word einbinden bzw. eingebundene Abbildungen zusätzlich als Files liefern, um eine ausreichende Auflösung zu erreichen.

Lieferung von
Abbildungen

Die bevorzugten Abbildungsformate sind EPS für Vektorgrafiken und TIFF für Halbtonabbildungen (Fotos). Für letztgenannte sind auch JPEG-Files möglich. JPEG-Files können leichte Farbabweichungen aufweisen. Auch PDF-Files mit hochauflösten Daten lassen sich verwenden.

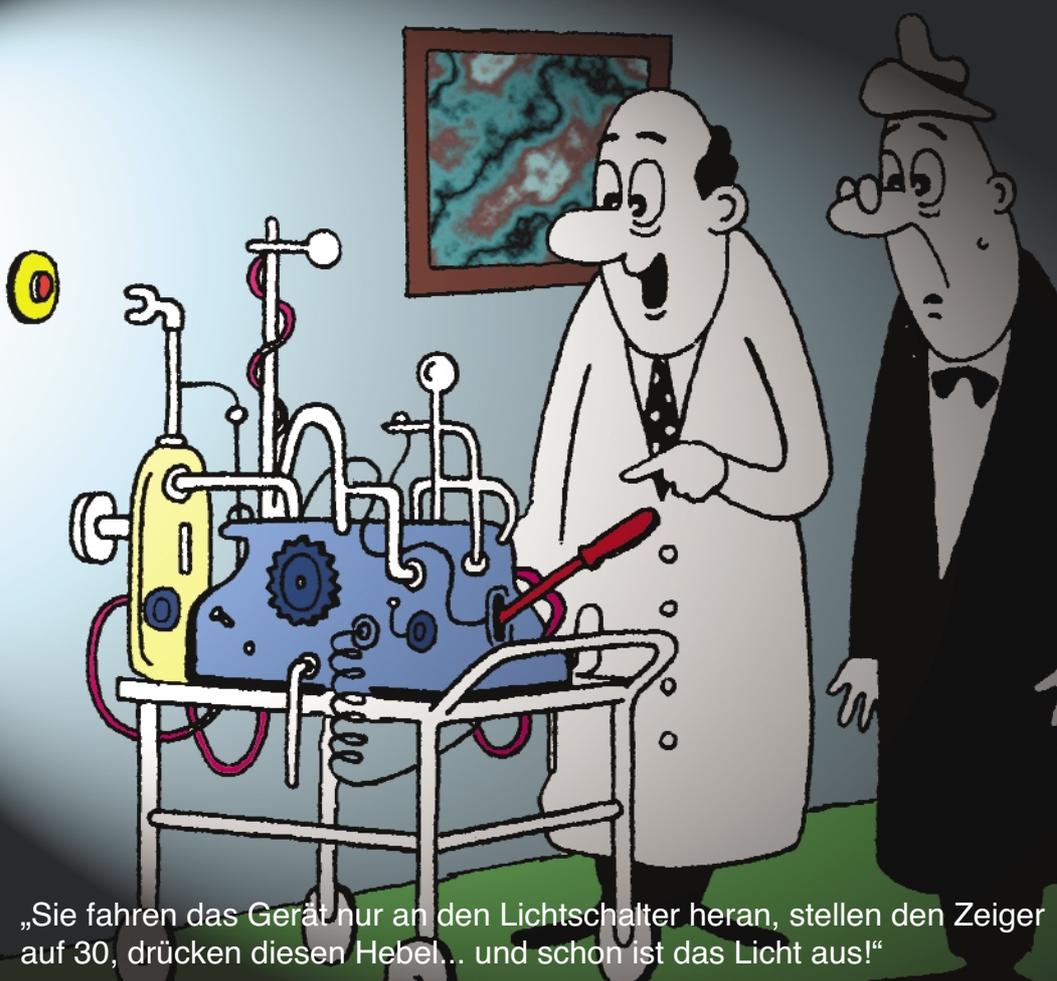
Der Umfang eines zweispaltig geplanten Farbbildes sollte ca. 2 – 3 MB umfassen, Graustufenbilder dieser Größe ca. 500 KB; EPS-Dateien sind meist noch kleiner. Gute Abbildungsergebnisse erzielen Halbtonabbildungen bei einer Scanauflösung von 300 dpi, Strichabbildungen bei einer solchen von 800 dpi.

Versenden Sie die Daten bitte auf Diskette, CD-ROM oder per E-mail an die im Impressum angegebenen Adressen.

Für Anzeigenkunden besteht die Möglichkeit, Daten über ISDN per Leonardo-Protokoll zu senden; wir bitten um telefonische Anmeldung.

Zur Korrektur versenden wir bevorzugt PDF-Files. Sollten Sie Interesse an Sonderdrucken haben, teilen Sie uns dies bitte bei der Korrektur Ihres Artikels mit. Sonderdrucke nach Drucklegung der entsprechenden CLB-Ausgabe können nur mit einem Kostenaufschlag geliefert werden.

Jetzt im Netz:
www.clb.de



So geht es auch, aber wenn Sie praxisgerecht und effizient arbeiten wollen, dann lesen Sie die

CLB

Preise gegenüber 2001 unverändert!

Für nur 70,50 € pro Jahr (incl. 7 % MWSt., zzgl. Versandkosten) erhalten Sie regelmäßig die CLB mit dem MEMORY-Teil. Damit sind Sie ständig informiert über aktuelle Entwicklungen in der Chemie, können diese mit der präsenten Kenntnis der Grundlagen klassifizieren, bewerten und nutzen!

FAX-Hotline: 06223-9707-41

CLB

ABO-BESTELLCOUPON

JA, ich möchte die CLB abonnieren. Ich erhalte die CLB zunächst für ein Jahr (=12 Ausgaben) zum Preis von 70,50 € zzgl. Versandkosten (Inland: 11,70 €, Ausland: 21,20 €). Das Abonnement verlängert sich automatisch um ein weiteres Jahr, wenn es nicht bis acht Wochen vor Ende des Bezugsjahres gekündigt wird.

X
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

X
Datum / 2. Unterschrift

Telefon