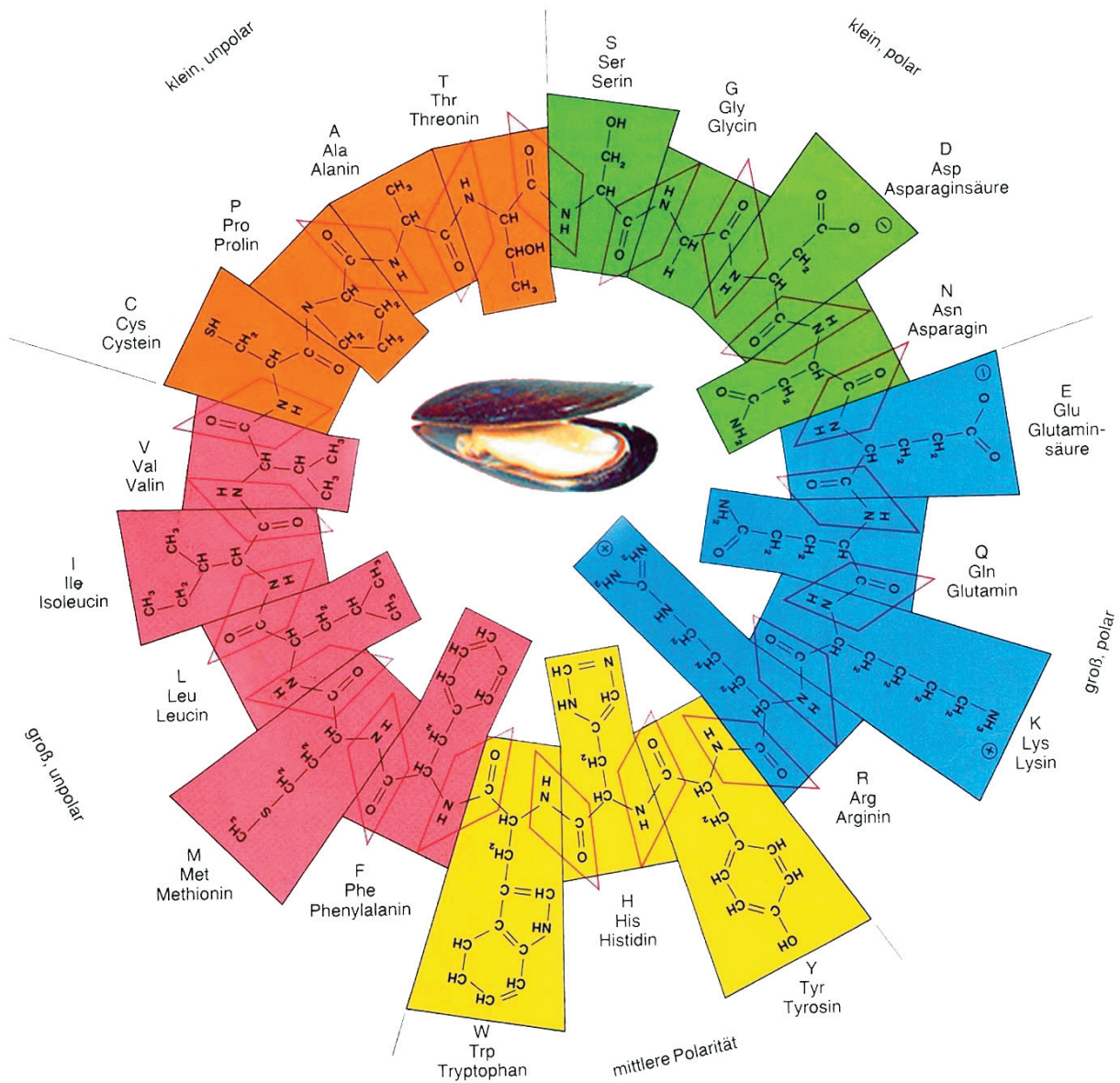


CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

Analytik
Biotechnik
Optimierte Prozesse
Komplexe Materialien
Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie
Aus- und Weiterbildung



- Synthetische Membranen
- ICP Emissionsspektrometrie
- Nanotechnik
- Jugend forscht

oder die als besonders gefährlich verschrienen Alkaloide sind dagegen harmlose Substanzen, denn sie töten ja nur, wenn sie mit dem menschlichen Organismus in Berührung kommen. Die radioaktiven Elemente dagegen zerstören das Leben schon auf relativ weite Entfernung mit ihren durchdringenden Strahlungen. Schon die Zeit und die Substanzmenge, welche zur Durchführung einer normalen Analyse im üblichen Maßstab notwendig ist, reicht völlig aus, um den Analytiker mit Sicherheit schwersten Schädigungen auszusetzen, ganz abgesehen davon, daß auch die Beschaffung so großer Mengen an Substanz wenigstens im Anfang der Forschungsarbeit auf Schwierigkeiten gestoßen wäre.

Da besann man sich in den leitenden Stellen des „Projekts Manhattan“ darauf, daß es seit den Pionierarbeiten von *Emich, Behrens* u. a. einen Zweig der analytischen Chemie gab, der speziell die Analyse aller kleinster Substanzmengen pflegte: die *Mikrochemie*. Das war die Rettung aus der scheinbar ausweglosen Situation. Wenn es aus Gründen der starken Strahlung unmöglich war, mit größeren Mengen der gefährlichen Elemente zu arbeiten, so mußte man eben die Analysemethoden soweit verfeinern, und mit so geringen Einwaagen analysieren lernen, daß deren Strahlung unterhalb der Gefahrgrenze blieb. Zweifellos sehr einfach, sozusagen das Ei des Columbus. Es stellte sich sehr bald heraus, daß zwar eine ganze Reihe von Analysevorschriften in der Literatur enthalten waren, die Analysen mit sehr geringen Substanzmengen betrafen. Die Aufgabe, welche den Atomanalysikern gestellt wurde, war jedoch noch etwas schwieriger, nicht mit Milligrammen, sondern mit *tausendstel Milligrammen* mußte genau so sicher und exakt gearbeitet werden, wie mit den sonst üblichen hundert Milligramm.

Der Mann, dem man diese schwierige Aufgabe übertrug, war erstaunlicherweise überhaupt kein Analytiker, sondern der Professor der Biochemie *Paul L. Kirk*, der sich allerdings bereits vorher durch analytische Arbeiten mit winzigen Substanzmengen einen Namen gemacht hatte. *Kirk* hat seine Erfahrungen in einem Buche niedergelegt, das 1950 erschienen ist. Trotz des nüchternen wissenschaftlichen Stiles fühlt man beim Lesen dieses Buches, welche Möglichkeiten der Forschung mit der neuen „*Ultra-mikroanalyse*“ eröffnet worden sind: Bisher „*Unmeßbares*“ ist der Messung zugänglich gemacht worden. Natürlich fußt *Kirk* stark auf den Vorarbeiten anderer, auch vieler europäischer Forscher, aber diese Feststellung schmälert sein Verdienst in keiner Weise.

(Fortsetzung auf Umschlagseite 3)

Chemie

FÜR LABOR UND BETRIEB

Die neue verständliche Monatsschrift

Nr. 4

Frankfurt a. M., April 1951

2. Jahrgang

Ultra - Mikroanalyse

Quantitative Analyse mit kleinsten Mengen

Von Dr. E. Pfeil, Biedenkopf/Lahn

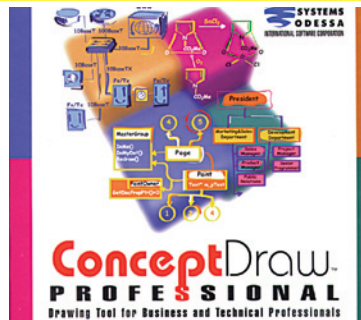
Die technische Ausnutzung der Atomenergie für wirtschaftliche und militärische Zwecke ist das letzte Glied einer langen Entwicklungsreihe, die weitab von technischen Problemen begann und schließlich, ohne daß es zu erwarten war, zunächst mitten im Brennpunkt kriegerischer Ereignisse endete. Eine Technik der Atomenergie wäre niemals möglich gewesen, hätten nicht Generationen friedlicher Forscher, unbekümmert um die Erfordernisse des Tages, die Methoden der *Analyse mit kleinsten Substanzmengen* ausgebaut. Daß ihre friedliche wissenschaftliche Arbeit, die *Ultra-mikroanalyse*, plötzlich technische und wirtschaftliche Bedeutung erlangt hat, ist eines der vielen Beispiele dafür, daß es in der Wissenschaft die Einteilung in sogenannte „*praktische*“ und „*theoretische Forschung*“ überhaupt nicht geben darf. Niemand kann voraussehen, ob nicht das scheinbar abseitsliegende, rein theoretisch bedeuende Problem durch die schnell veränderlichen Erfordernisse des Tages zum entscheidenden Faktor von größter wirtschaftlicher und sozialer Bedeutung werden kann. Die Vernachlässigung auch nur eines Teilgebietes der Naturwissenschaften kann heute unüberschaubare Folgen nach sich ziehen.

Die Aufgabe

Als die Amerikaner mit den Forschungsarbeiten für die noch zu schaffende Atombombe begannen, standen sie vor einem zunächst scheinbar unlösbaren Problem. Alle die Stoffe, die als „*Sprengstoffe*“ in Frage kamen, waren geradezu unheimlich wirksame Gifte. Arsenik, Zyankali

Zum Preisausschreiben

Liebe Leser, etwas zu gewinnen gibt es dieses Mal wieder für die Einsendung einer Leserbefragung zu dem CLB-Memory-Teil (siehe Seite M48, Einsendeschluss 5. Juli 2002), und zwar das Programm „*ConceptDraw 1.71*“ für Windows und Macintosh (siehe unseren Bericht in der April-Ausgabe, Seite 154).



Verkleinerung, die heute in Nanotechnik ihre Speerspitze hat, kündigte sich schon Anfang der 50er Jahre des vorigen Jahrhunderts an, wie dieser Artikel „*Ultra-Mikroanalyse*“ zeigt. Welchen Sprung dabei die Werkzeugentwicklung wenig später machte, erkennt man im Vergleich mit den Pipetten, die Eppendorf ab 1958 baute (siehe Seite 232).

Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,

in der Mai-Ausgabe des vergangenen Jahres fragte ich im Editorial „Alles Mikro, oder was?“ Heute geht es noch viel mehr als zu jenem Zeitpunkt schon absehbar um Techniken, die drei Größenordnungen kleiner sind und folglich mit der Vorsilbe nano belegt werden. Beginnend mit dieser Ausgabe wollen wir entsprechende Entwicklungen kontinuierlich verfolgen und ihnen mit der neuen Rubrik „Nanotechnik“ ein Forum einräumen (Seiten 226 bis 229). Und dies wird – wie ebenfalls vor einem Jahr bemerkt – keine Modeerscheinung sein. Bereits zur Drucklegung dieser Ausgabe quillt das Materialfach für die Nanotechnik-Rubrik über. Auch unser Hauptartikel über synthetische Membranen weist teilweise in diese Bereiche, beschreibt er doch u.a. Membranen zur Nanofiltration (Seiten 208 bis 216). Übrigens hat sich ein anderer Verlag kürzlich erst die Titelrechte für „Nanotechnik“ (u.ä.) sichern lassen. Vielleicht hätte der CLB-Gründungsverlag dies schon 1951 tun sollen, als ein Artikel über „Ultra-Mikroanalyse“ erschien (siehe nebenstehende Umschlagseite)...

Einer schon in früheren Jahren begonnenen Tradition folgend wird die CLB auch Artikel von Bundessiegern des Wettbewerbs „Jugend forscht“ veröffentlichen. Ich denke, wie oft auch die Darstellung der historischen Entwicklung von Techniken und Verfahren bietet die Darstellung von Versuchen, die Schüler erdacht und durchgeführt haben, einen leichten Einstieg in naturwissenschaftliche Fragestellungen. Gerade die CLB mit ihrem Schwerpunkt in Aus- und Weiterbildung will dieses Potenzial der Experimente von Schülern, das beispielhaft der Artikel von Behlich/Jarck (Seiten M41 bis M47) zeigt, nutzen.



Natürlich stehen fortschrittliche Verfahrensentwicklungen weiter auf dem Themenplan der CLB. In dieser Ausgabe stellt auf den Seiten 216 bis 220 Dr. Joachim Nölte neue Rechentechiken zur Auswertung von Signalen der ICP OES vor.

Wieder einmal freue ich mich über die gute Resonanz, die eine Umfrage in dieser Zeitschrift ergeben hat. Um auch Lesern dieses Heftes die Möglichkeit zu geben, die Fragen zum CLB-Memory zu beantworten, haben wir den entsprechenden Bogen noch einmal abgedruckt (Seite M48). Eins ist jetzt schon vorweg zu nehmen: Das CLB-Memory ist für die Leser, die bislang geantwortet haben, wohl unverzichtbar. Und sie haben uns weitere Anregungen gegeben, die wir in Zukunft umsetzen werden.

Ihr



INHALT

Aufsätze

Synthetische Membranen Stofftransport, Herstellung, Verwendung	208
Korrektur spektraler Störungen in der ICP Emissionsspektrometrie Multivariate Regressionstechniken	216

Rubriken

Editorial	201
Impressum	203
F & E im Bild	203
Unternehmen	204
Personalia	206
Förderungen/Preise	207

Umschau

Jugend forscht:	
Mächtige Muscheln und kompostierbare Kunststoff	221
Genforschung	
Bestandteile der „Alzheimer-Schere“ identifiziert	223
Datenbankauswertung Dioxine	
Nahrungsmittel um die Hälfte geringer belastet als vor zehn Jahren ..	223
GVC/Dechema-Tagung zu Ausbildung:	
Halb so viele, halb so gut“	224
9. AiF-Innovationstag	
„Wirtschaft(s)macht Forschung“	225
Nanotechnik	226
Forschung und Technik	230
Wirtschaft	232
Literatur	234
Service	235
Neue Produkte	236
Bezugsquellenverzeichnis	239



Zum Titelbild: Grafik von Laura-Kathrin Behlich und Felix C. Jarck, den Autoren der „Jugend forscht“-Arbeit: „Miesmuscheln unter Stress“ (siehe Seite M41).

CLB-Memory

Jugend forscht:	
Miesmuscheln unter Stress	M41
Reaktionen auf Artikel des CLB-Memory	M47
Leserumfrage	M48

Messmethoden aus Mainz für den Mars

Gammadetektoren und Alpha-Röntgen-Spektrometer

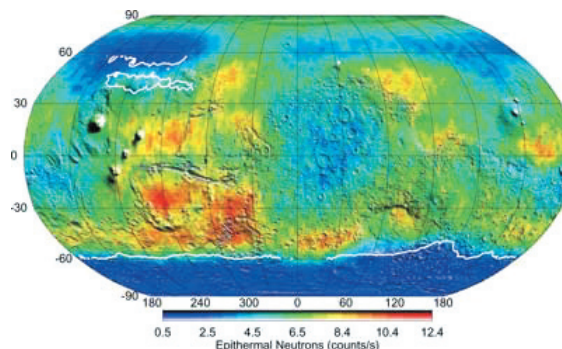
Die im April 2001 gestartete amerikanische Raumsonde „Mars Odyssey“ hat auf dem Mars außerhalb der Polkappen ein großes Wasser-Reservoir entdeckt. Dr. Johannes Brückner und Prof. Heinrich Wänke vom Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz haben in Zusammenarbeit mit amerikanischen Kollegen diesem Marswasser nachgespürt (Science, 31. Mai 2002).

Um dem Mars unter die Haut zu schauen, musste eine besondere Messmethode entwickelt werden. Dabei kam die Natur zu Hilfe: Auf dem Planeten entsteht reichlich Gammastrahlung, denn seine Oberfläche ist – mangels Magnetfeld und wegen der dünnen Atmosphäre – schutzlos dem Beschuss der kosmischen Strahlung ausgesetzt. Dieses Bombardement löst viele Kernteilchen, zum Beispiel Neutronen, aus dem Marsboden

und setzt zugleich Gammastrahlen frei. Geeignete Detektoren an Bord einer Raumsonde können Neutronen und Gammaquanten registrieren und damit Informationen über die chemische Natur des Bodens liefern.

Am Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz wurden technische und methodische Grundlagen für die Mission „Mars Odyssey“ erarbeitet. Den Zuschlag für den Bau des Marsdetektors erhielt die europäische Firma Canberra Eurysis.

Die Suche nach Wasser auf dem Mars wird im Jahre 2003 mit zwei großen Rovern der US-Raumfahrtbehörde NASA fortgesetzt. Dazu wird, wie bei der Mars Pathfinder-Mission, ein verbessertes „Schnüffel-Instrument“ – das Alpha-Röntgen-Spektrometer – eingesetzt, das Forscher am Mainzer Max-Planck-Institut für Chemie entwickelt haben. Die Rover werden den „Schnüffler“ zu



Mars-Karte im Licht von Neutronen. Der Fluss an „epithermalen Neutronen“ ist um so geringer, je mehr Wasserstoff im Boden ist. Die Farben geben an, ob viele (rot) oder wenige (blau) Neutronen gemessen wurden. Die weißen Linien sind Grenzen, bis zu denen Wassereis im Untergrund existieren kann. In den südlichen blauen Gebieten liegt Wasserstoff in Form von Wassereis vor (Abb.: University of Arizona & Los Alamos National Laboratory).

vielen Steinen und Bodenstellen bringen, um deren chemische Zusammensetzung zu bestimmen. Damit werden die globalen Beobachtungen von „Mars Odyssey“ auf regionaler Ebene im Detail weitergeführt werden. *mpg*

Impressum

CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

Verlag:

Agentur & Verlag Rubikon
für technische und wissenschaftliche
Fachinformation

Rolf Kickuth

Anschrift:

CLB, Agentur & Verlag Rubikon

Bammentaler Straße 6–8

69251 Gaiberg bei Heidelberg

Deutschland

e-Mail: redaktion@clb.de

Herausgeber:

Dr. Dr. U. Fitzner, Düsseldorf · Prof. Dr.

W. Fresenius, Taunusstein · Prof. Dr.

K.-H. Koch, Dortmund · Priv. Doz. Dr.

H.-M. Kuß, Duisburg · Prof. Dr. Georg

Schwedt, Clausthal-Zellerfeld · Prof. Dr.

G. Weichbrodt, Aalen · Prof. Dr. G. Werner,

Leipzig.

Redaktion:

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

Dr. Maren Bulmahn (MB, e-Mail:
bulmahn@clb.de)

Telefon (0 62 23) 97 07 43

Fax (0 62 23) 97 07 41

Ständige Mitarbeiter:

Dr. Mechthild Kässer, Diekholzen; Prof.

Dr. Erika Krakovská, Kosice; Hans Diet-

rich Martin, Köln; Dr. Ognian Serafimov,

Konstanz; Jürgen Wagner, Weinheim;

Hans-G. Winkler, Meyenfeld; Dr. Röbbbe

Wünschiers, Köln.

VBTA-Verbandsmitteilungen:

Thomas Wittling, Raiffeisenstraße 41,
86420 Diedorf,

Telefon (0821)327-2330

Fax (08 23 8) 96 48 50

e-Mail: info@vbta.de

Anzeigenberatung:

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

Abonnementbetreuung:

Natalia Khilian

CLB, Agentur & Verlag Rubikon

Bammentaler Straße 6–8

69251 Gaiberg bei Heidelberg

Telefon (0 62 23) 97 07 43

Fax (0 62 23) 97 07 41

e-Mail: service@clb.de

Layout und Satz:

Agentur & Verlag Rubikon

Druck: Printec Offset, Ochshäuser Straße

45, 34123 Kassel

CLB erscheint monatlich.

Bezugspreise:

CLB Chemie in Labor und Biotechnik mit

der Beilage „CLB-MEMORY“. Einzelheft

– außerhalb des Abonnements – 6,90

Euro, im Abonnement jährlich 70,50 Euro

zuzüglich Versandkosten; ermäßigter

Preis für Schüler, Studenten und Auszu-

bildende (nur gegen Vorlage der Beschei-

nigung) jährlich 57,00 Euro zuzüglich

Versandkosten, inkl. 7% MWSt. Ausland

auf Anfrage. Bezug durch den Buchhan-

del 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 erhalten CLB

zu Sonderkonditionen.

Anzeigenpreisliste:

Nr. 42 vom 1.1.2002. Bei Nichterscheinen

durch Streiks o. Störung durch höhere Ge-

walt besteht kein Anspruch auf Lieferung.

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

Für die Rückgabe unverlangt eingesandter Buchbesprechungsexemplare kann keinerlei Gewähr übernommen werden.

ISSN 0943-6677



NACHRICHTEN & NOTIZEN

Die Lancaster Synthesis GmbH, ein Clariant-Tochterunternehmen, hat vor kurzem ihr Vertriebszentrum in das Clariant Werk nach Frankfurt-Griesheim verlagert. Von dort versorgt der Spezialist für Laborchemikalien künftig Forschungseinrichtungen, Universitäten oder Entwicklungsabteilungen aus der Pharma- und Agroindustrie in Kontinentaleuropa.

Analytik Jena setzte in den ersten sechs Monaten des laufenden Geschäftsjahres den Wachstumskurs fort. Der Konzernumsatz stieg um 124,5 % auf 38,59 Mio. EUR. Die positive Umsatzentwicklung stützt sich insbesondere auf einen hohen Realisierungsgrad internationaler Großprojekte in der Business Unit „project solutions“ durch das Joint Venture AJZ Engineering GmbH.

Linn High Therm übernahm Ende Mai die in Insolvenz gegangene Firma L.E.N.A Industrieofenbau GmbH, die 1997 aus der Linn Industrieofenbau GmbH entstanden war.

Agilent Technologies will durch Übereinkunft mit Markes International Ltd. den Bereich Umwelt, Gesundheit und Sicherheit weiter ausbauen und neben den bestehenden Systemen auch Gasanalyse-Geräte anbieten.

Die Business Unit „Science“ der GeneScan Europe AG bringt mit dem CancerChip den zweiten themenspezifischen Anwendungschip der Concept Array human Serie an den Markt. Der CancerChip trägt 638 ausgewählte Gensonden, die für die Krebsforschung relevant sind. In der biomedizinischen Grundlagenforschung ermöglicht dieser vorkonfigurierte DNA-Chip, die Genaktivitätsprofile von Tumorzellen mit normalen menschlichen Zellen und Geweben zu vergleichen.

Die Inge AG, Greifenberg, und die S.Search B.V., Niederlande, vollziehen durch Aktientausch den vollständigen Zusammenschluß und vereinen so Forschung und Anwendungstechnik im Bereich der Membrantechnologie zur Trinkwasser- und Abwasser-aufbereitung. Als strategische Partner investieren die RWE Venture Capital Fonds GmbH und die Taprogge Unternehmensgruppe als Minderheitsaktionäre in den Spezialisten für Ultrafiltrationsmembrane.

Die Degussa AG mit ihrem Projekthaus Biotechnologie vertieft die Kooperation mit der Brain AG auf dem Gebiet der Biokatalyse. Beide Unternehmen starten ein weiteres neues Enzymscreeningprojekt.

Der Energiekonzern E.ON AG hat sich für die angestrebte Übernahme der Ruhrgas AG den Anteil des Steinkohleproduzenten RAG gesichert und gibt dafür die Degussa AG ab. Der RAG-Aufsichtsrat stimmte auf einer außerordentlichen Sitzung für das Geschäft. Der Tausch steht allerdings unter dem Vorbehalt, dass E.ON die beantragte Ministererlaubnis für die Ruhrgas-Übernahme erhält.

Bayer Teilkonzerne:

Ein neuer kommt, ein alter bleibt

Im Karussell der Firmenveräußerungen ist Bayer der Kauf der Cropsience von Aventis gelungen. Der Verkauf der Bayer Faser GmbH scheiterte bisher an zu geringen Angeboten.

Der neue Teilkonzern Bayer Cropsience, hervorgegangen aus dem bisherigen Bayer-Geschäftsbereich Pflanzenschutz und der Aventis Cropsience SA, hat seine Tätigkeit aufgenommen. Die Europäische Kommission hatte dem Erwerb bereits im April zugestimmt, am 30. Mai genehmigte auch die amerikanische Federal Trade Commission (FTC) die Übernahme-Pläne. Auflagen der FTC betreffen die Abgabe durch Verkauf oder Lizenzerteilung für eine Reihe von Produkten auf dem US-amerikanischen Markt:

Für das Insektizid Fipronil fordern beide Kommissionen die Veräußerung des weltweiten Geschäfts in der Landwirtschaft. Im Nichtagrarbereich hingegen darf das Geschäft mit Ausnahme von Europa über eine coexklusive Lizenz erfolgen. Auch die Abgabe des Insektizids Acetamidrid in

Europa und Nordamerika gehört zu den Forderungen. Daneben müssen das Weizen-Herbizid Everest veräußert sowie im Geschäft mit dem Baumwollentblätterungsmittel Folex der bisherige Vertriebspartner Aventis durch einen Dritten ersetzt werden. Die Auflagen der EU-Kommission und der FTC betreffen zusammen genommen ein Umsatzvolumen von 650 bis 700 Millionen Euro. Der Kaufpreis beträgt 7,25 Milliarden Euro.

Die Bayer Faser GmbH bleibt vorerst unter dem Dach des Bayer Konzerns. Im gegenwärtigen Geschäftsumfeld habe eine Fortführung der Aktivitäten größere Erfolgsaussichten als eine Veräußerung, begründete Bayer die Entscheidung. Der Markt sei derzeit nicht bereit, einen angemessenen Kaufpreis zu zahlen. Priorität habe deshalb die Steigerung des Unternehmenswerts durch intensive Bemühungen zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit. Der Teilkonzern erzielte im Geschäftsjahr 2001 einen Gruppenumsatz von 232 Millionen Euro.

Jena in Moskau

Die AJZ Engineering GmbH, ein gemeinsames Joint Venture der Analytik Jena AG und der Carl Zeiss Jena GmbH, wird umfangreiche Bereiche des international anerkannten onkologischen Zentrums „Blochin“ der Russischen Akademie der medizinischen Wissenschaften in Moskau mit neuer Medizin- und Labortechnik ausrüsten und modernisieren.

Im Mittelpunkt des Projekts steht dabei die komplexe Neuausstattung des chirurgischen Zentrums mit 22 Operationssälen, eines Knochenmarkstransplantationszentrums und einer Zentralsterilisation, sowie die Nachrüstung und Modernisierung von Berei-

chen der Strahlentherapie und der Labordiagnostik.

Das Auftragsvolumen beträgt mehr als 60 Millionen Euro. Die Realisierung wird noch in diesem Geschäftsjahr beginnen und mehr als 2 Jahre andauern. In die Planung und Realisierung des Vorhabens wird AJZ Engineering als Generallieferant eine Vielzahl von Unternehmen aus den Neuen Bundesländern, vorwiegend aus Thüringen, einbeziehen. Das Modernisierungskonzept für Strahlentherapie und bildgebende Diagnostik wurde in enger Zusammenarbeit zwischen dem Unternehmensbereich Medical Solutions der Siemens AG und AJZ Engineering erarbeitet.

Online-Karrierenetzwerk

Für die Stellenvermittlung in den Bereichen Biotechnologie und Chemie steht der Branche jetzt ein Online-Karrierenetzwerk zur Verfügung.

Der in Zusammenarbeit mit Recruiting-Experten entwickelte Karriereservice richtet sich sowohl an Arbeitgeber als auch an Stellensuchende. Auf Qualität, Aktualität und zahlreiche integrierte Dienstleistungen wird bei diesen neuen Netzwerken namens Biokarriere.net (www.biokarriere.net) und Chemiekarriere.net (www.chemiekarriere.net) laut Auskunft des Entwicklers und Betreibers Chemie.de Information Service GmbH besonderer Wert gelegt.

Jobsuchende können in der zentralen Bewerberdatenbank ihr eigenes Qualifikationsprofil einer Vielzahl von Unternehmen auf verschiedene Art präsentieren. Zum Beispiel kann jeder Bewerber mehrere anonymisierte Profile hinterlegen, die potentiellen Arbeitgebern vorgestellt werden. Alle Bewerberprofile können jederzeit bearbeitet und aktualisiert werden. Die alle vier Wochen notwendige Aktivierung des Bewerberprofils durch den Kandidaten gewährleistet die Aktualität der Bewerberprofile.

Membranen zur Chromatographie

Die Sparte Biotechnologie der Sartorius AG hat eine Technologieplattform für Chromatographiemembranen von der Analytik bis in den Produktionsbereich entwickelt. Die hochporöse Membranstruktur mit dichter Matrix von chemisch aktiven Liganden gestattet die sehr schnelle Reinigung biotechnologischer Produkte auch bei großen Proteinen oder Viren und im Spurenbereich. Membranadsorber werden durch Sartorius weiterentwickelt und vermarktet. Die Tochtergesellschaft Vivascience ist das Bindeglied zum Labormarkt.

Wer lieber selbst nach einem Job suchen möchte, dem helfen flexible Suchmöglichkeiten freie Stellen, Praktika sowie Diplom- und Doktorandenstellen aufzuspüren. Und sollte einmal nichts passendes dabei sein, so beauftragt man einfach den Job-Agenten, der automatisch per e-Mail informiert, sobald ein entsprechendes Angebot gefunden wurde.

Unternehmen und Forschungsinstituten steht mit Biokarriere.net und Chemiekarriere.net ein Angebot für e-Recruiting zur Verfügung. Stellenanzeigen können im Corporate Layout des Unternehmens geschaltet oder mit Online Bewerbungsformularen verknüpft werden. Auch der Bewerberpool lässt sich gezielt nach geeigneten Kandidaten durchsuchen. Qualität und Aktualität des Angebotes werden durch die Zusammenarbeit mit dem Life Science Karrierenetzwerk mediatum (www.mediatum.com) ergänzt.

Wir leben alle unter demselben Himmel, aber wir haben nicht alle denselben Horizont.

Konrad Adenauer

BASF füttert Schweine

Formi, die erste zugelassene Alternative zu Fütterungsantibiotika für die Schweinezucht hat BASF von der Firma Hydro Formates erworben. Formi wird zunächst von Hydro Formates in Porsgrunn, Norwegen, produziert. Den wichtigen Rohstoff Ameisensäure liefert die BASF. Auf Grund des zu erwartenden Verbots von Fütterungsantibiotika in der EU und der damit wahrscheinlich wachsenden Nachfrage plant das Unternehmen bei entsprechendem Markterfolg den langfristigen Aufbau eigener Formi Kapazitäten in Ludwigshafen.

Besonderer Einsatz für Kunststoffe

Die Celanese AG baut ihre Marktposition mit Kunststoffen in Europa aus. Polybenzimidazol (PBI) kommt in Feuerschutzanzügen und Brennstoffzellen zum Einsatz, während Polyphenylsulfid (PPS) im neuen Airbus mitfliegt.

Die hochtemperaturbeständige Kunststofffaser PBI Gold wird zunehmend für die äußere Schutzbeschichtung von Brandschutzanzügen der Feuerwehren eingesetzt. PBI Gold ist bei den Feuerwachen in den USA zum führenden Material für Schutzbekleidung geworden. Die meisten Celanese Kunden verarbeiten PBI-Fasern zu einem Gewebe, das anschließend an die Hersteller von Feuerwehr-Schutzbekleidung verkauft wird.

Vor wenigen Jahren wurde eine weitere Anwendungsmöglichkeit für PBI gefunden: Die Membran-Elektroden-Einheit (MEA), die die elektrochemische Reaktion in der Brennstoffzelle kontrolliert. Mit dem Einsatz von PBI hat Celanese eine MEA für Hochtemperatur-Brennstoffzellen entwickelt, die bei Betriebstemperaturen von bis zu 200°C arbeiten. Dies ermöglicht der Hochtemperatur-Brennstoffzelle eine bedeutend höhere Leistungsfähigkeit und eine Gewichts- und Kostenreduzierung gegenüber Niedrigtemperatur-Brennstoffzellen.

Eine tragende Rolle spielen faserverstärkte Composites (CFK) aus dem Hochleistungs-Kunststoff Fortron (Polyphenylsulfid/PPS) der Celanese-Tochter Ticona in den neuen Airbus-Serien A340-500/600 und A380. Rund 20 Prozent der Komponenten des Super-Airbus für 550 Passagiere werden voraussichtlich aus faserverstärkten Kunststoffen (CFK) bestehen.

www.analytik-news.de
4.000 geprüfte Web-Links



Simon

CARL ZEISS Dr. Ulrich Simon (38) hat die Leitung des Unternehmensbereiches Mikroskopie übernommen. Dazu gehören die Geschäftsbereiche Lichtmikroskopie in Göttingen sowie Advanced Imaging Microscopy und Molekulare Medizin in Jena.



Sonder

CELANESE Im Mai hat der Aufsichtsrat **Claudio Sonder** (60) als Vorstandsvorsitzenden, **Perry Premdas** (50) und **David N. Weidman** (47) als Vorstandsmitglieder bestätigt. **Dr. Andreas Pohlmann** (44) wurde als Nachfolger von Prof. Dr. Ernst Schadow zum Mitglied des Vorstands und Arbeitsdirektor bestellt.



Hoffmann

FHG Dr. Martin Hoffmann ist neuer Leiter der Abteilung Bioinformatik am Fraunhofer-Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen (SCAI). Dort baut er eine Abteilung auf, die in den nächsten Jahren zum führenden Anbieter von Integrationslösungen und IT-Infrastrukturen in der klinischen Forschung werden soll.



Fanghänel

FzK Neuer Leiter des Instituts für Nukleare Entsorgung im Forschungszentrum Karlsruhe ist **Prof. Dr. Thomas Fanghänel**. Zugleich wurde er auf den Lehrstuhl für Nukleare Entsorgung an der Ruprecht-Karls-Universität in Heidelberg berufen. Fanghänel tritt die Nachfolge von **Prof. Dr. Jae-II Kim** an.



Gruss

MPG Prof. Hubert Markl übergibt das Amt des Präsidenten der Max-Planck-Gesellschaft an **Prof. Peter Gruss** (52), Direktor am Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie in Göttingen. Zu Vizepräsidenten und damit zu Mitgliedern des Verwaltungsrats der Max-Planck-Gesellschaft wurden **Prof. Herbert Jäckle**, Direktor am Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie, Göttingen, für die Biologisch-Medizinische Sektion, **Prof. Kurt Mehlhorn**, Direktor am Max-Planck-Institut für Informatik, Saarbrücken,

für die Chemisch-Physikalisch-Technische Sektion und **Prof. Rüdiger Wolfrum**, Direktor am Max-Planck-Institut für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht, Heidelberg, für die Geisteswissenschaftliche Sektion gewählt.

SARTORIUS Dr. Joachim Kreuzburg übernimmt die Position „Vice President Finance & Investor Relations“ und damit die Verantwortung für Konzernfinanzierung und Investor Relations. **Andreas Smyczek**, bisheriger Treasurer und Director Investor Relations des Sartorius Konzerns, hat die Position des Chief Financial Officer (CFO) der B. Braun Biotech International GmbH (BBI) mit Hauptsitz in Melsungen übernommen.

WPG Prof. Dr. Manfred Geiger, Inhaber des Lehrstuhls für Fertigungstechnologie, wurde auf der Jahresversammlung der Wissenschaftlichen Gesellschaft Produktionstechnik (WGP) zum stellvertretenden Vorsitzenden dieser Gesellschaft gewählt mit der Vorgabe, den Vorsitz selbst ab Oktober nächsten Jahres für zwei Jahre zu übernehmen.

EHRUNGEN

Prof. Dr. Wolfgang Heckl vom Institut für Kristallographie und Angewandte Mineralogie und Center of NanoScience wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft mit dem **Communicator-Preis** ausgezeichnet. Er erhält den mit 50 000 Euro dotierten Preis für seine außerordentlich erfolgreiche Vermittlung seiner Forschungsergebnisse in der Öffentlichkeit und in den Medien.



Heckl

Der **Carl-Zeiss-Forschungspreis** wurde an **Dr. Stefan W. Hell**, Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie Göttingen, für seine Arbeiten zur Steigerung des Auflösungsvermögens optischer Mikroskope, vergeben. Die Verleihung des mit 25 000 Euro dotierten Preises fand im Rahmen der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für angewandte Optik in Innsbruck statt.



Hell

Prof. Dr. Horst Kessler wurde für seine Arbeiten zum Design von Peptiden mit Hilfe der NMR-Spektroskopie mit der **Hans Herloff Inhofen-Medaille** ausgezeichnet.



Kessler

Die von der Technischen Universität Braunschweig und dem Förderverein der Gesellschaft für Biotechnologische Forschung (GBF) gestiftete und mit 2500 Euro dotierte Auszeichnung würdigt besonders das fächerübergreifende Denken von Kessler.

Die Bunsen-Gesellschaft für Physikalische Chemie in Frankfurt hat **Prof. Dr. Dieter Kolb**, Leiter der Abteilung Elektrochemie der Universität Ulm, mit der



Kolb

Walther-Nernst-Gedenkmünze ausgezeichnet. Sie anerkennt damit Kolbs physikalisch-chemische Untersuchungen zur Struktur der Grenze zwischen Flüssigkeiten und festen Stoffen sowie seine Arbeiten auf dem Gebiet der Produktion von Nanostrukturen, der kontrollierten Erzeugung definierter atomarer Muster, die beispielsweise in elektronischen Bauteilen Verwendung finden.

Präzisionsmessungen

Er ist 15 000 Euro schwer, 30 Jahre alt und eine sehr angesehene deutsche Auszeichnung in der Welt der Metrologie: der Helmholtz-Preis. Der Helmholtz-Fonds und der Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft rufen jetzt den Helmholtz-Preis 2003 für Präzisionsmessungen in Physik, Chemie und Medizin aus. Erstmals richtet sich der Preis an Wissenschaftler aus dem gesamten europäischen Raum. Bei der bis zum **15. Dezember 2002** einzureichenden Arbeit muß es sich um ein aktuelles Forschungsergebnis aus Theorie oder Experiment handeln, das entweder einen Grundlagenbeitrag leistet oder auf konkrete Anwendungen zielt. Weitere Informationen: Dr. Jürgen Helmcke, Fachbereich „Länge und Zeit“, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Tel.: 0531 5924300, juergen.helmcke@ptb.de, www.helmholtz-fonds.de.

Biogene Treib- und Schmierstoffförderung erst wieder in 2003

Über 900 Anträge wurden bei der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) für das Markteinführungsprogramm „biogene Treib- und Schmierstoffe“ eingereicht. Da die bis Ende 2002 vom Bundesverbraucherschutzministerium bereitgestellten Finanzmittel damit erschöpft sind, wurde das Programm zum 1. Juni 2002 vorübergehend ausgesetzt. 2003 geht es dann mit neuen Mitteln und neuer Konzeption in die nächste Runde: vereinfachte Fördermodalitäten sollen Antragstellung wie Abwicklung des Programms deutlich erleichtern. Mit konkreten Informationen zum Neustart ist Ende des Jahres zu rechnen. Weitere Informationen: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Tel.: 03843 69300, info@fnr.de, www.fnr.de

Innovativer Service wird belohnt

Das Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO hat in Zusammenarbeit mit der MEWA Textil-Service AG & Co. in Wiesbaden und dem Kölner Wirtschaftsmagazin „impulse“ den „Deutschen Service-Preis“ ins Leben gerufen. Ziel ist, die Innovationskraft und die Service-Qualität

der mittelständischen Unternehmen einer breiten Öffentlichkeit aufzuzeigen sowie besonders engagierte Dienstleister mit Vorbildfunktion aufzuspüren.

Während die meisten Wirtschaftszweige unter der schlechten konjunkturellen Stimmung leiden, wächst der Dienstleistungssektor – wenn auch etwas verhaltener als bisher – kontinuierlich weiter. Um dieses Wachstum für die Zukunft zu sichern, sind alle Dienstleister aufgefordert, mit innovativen Service-Konzepten die Ausweitung ihres Marktsegments voranzutreiben. Dies gilt auch für Unternehmen des produzierenden Gewerbes sowie für freiberuflich Tätige, die sich durch die Einführung kreativer Dienstleistungsangebote abseits ihrer angestammten Märkte neue Umsatzpotenziale erschließen. Der Teilnahmebogen ist im impulse-Heft 6/2002 sowie im Internet unter www.impulse.de zu finden. Der ausgefüllte Teilnahmebogen sollte bis zum **31. Oktober 2002** in der Redaktion impulse eintreffen. Ihre Ansprechpartner für weitere Informationen: Fraunhofer IAO, Prof. Dr. Klaus-Peter Fähnrich, Tel.: 0711 9705116, Thomas.Meiren@iao.fhg.de

Links zu Gründungswettbewerben

Gründungswettbewerb start2grow:	www.start2grow.de
Businessplan Wettbewerb Berlin-Brandenburg:	www.b-p-w.de
Münchener Businessplan Wettbewerb:	www.mbpw.de
Gründungswettbewerb ProMotion:	www.erfolgreichgruenden.de
Businessplan Wettbewerb NUK	www.n-u-k.de
Businessplan Wettbewerb StartUp:	www.stern.de/campus-karriere/startup-initiative/

Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft

Mit dem Programm InnoNet – Förderung von innovativen Netzwerken – unterstützt das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) bereits seit drei Jahren den Aufbau von Kooperationsnetzwerken zwischen Wirtschaft und Wissenschaft, um so die Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit von mittelständischen Unternehmen zu stärken. Noch bis zum **31. Juli 2002** können Konzeptpapiere für den aktuellen InnoNet-Ideenwettbewerb des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) ausgearbeitet werden. Gefördert werden

industrielle Verbundprojekte, in denen Forschungsinstitute und Unternehmen gemeinsam die technisch-wissenschaftlichen Voraussetzungen für die Entwicklung innovativer Produkte, Verfahren oder Dienstleistungen schaffen. Um den gewünschten breiten interdisziplinären Know-how-Austausch zu forcieren, sind in jedem InnoNet-Verbund mindestens sechs Partner – zwei Forschungseinrichtungen und vier mittelständische Unternehmen – engagiert. Nähere Infos zum Programm und zum Aufbau der Ideenskizze gibt es im Internet unter www.vdivde.de/innonet oder direkt bei VDI/VDE-Technologiezentrum Informationstechnik GmbH, InnoNet, Tel.: 03328 435136, InnoNet@vdivde.de.

Stofftransport, Herstellung, Verwendung

Dr. Eckehard Walitza, Stuttgart

Norbert Stroh, Stuttgart

Prof. Dr. Herwig Brunner, Stuttgart

Die ersten Membranen, die für einfache Trennprozesse eingesetzt wurden, waren aus natürlichen Stoffen hergestellt, z.B. Tierhäute, Papier, Leinwand, Tuch, Filz usw. Schon sehr früh wurde erkannt, dass Organe, wie Schweinsblasen, Fischblasen oder Därme, nur eine bedingte Permeabilität für bestimmte Stoffe aufweisen, so dass Trennschritte möglich wurden. Eine der ersten Publikationen zu dem Thema Membrantechnik dürfte die des Mikroskopikers R. Hooke (1635 - 1703) gewesen sein, der im Jahre 1667 die Ergebnisse seiner Untersuchungen über die Porosität von Kork veröffentlichte. 1748 beschrieb Abbe Nollet erstmals ein Experiment, in dem die Membraneigenschaften tierischer Blasen untersucht wurden. Er entdeckte dabei das Phänomen der Osmose. Systematische Untersuchungen zu Membrantrennverfahren wurden erst im 19. Jahrhundert durchgeführt. Dazu gehören z.B. die Arbeiten von Fick, der 1855 seine klassischen Diffusionsexperimente durchführte und Pfeffer, der zwanzig Jahre später über seine Untersuchungen zum osmotischen Druck berichtete.

Die tatsächlich bedeutenden Erkenntnisse, die Voraussetzung für eine gezielte technische Anwendung waren, wurden Anfang dieses Jahrhunderts erarbeitet. Einen Meilenstein in der Entwicklung von Membranen stellten die Arbeiten von Loeb und Sourirajan zu asymmetrisch aufgebauten Strukturen dar, deren Filtrationsleistungen um ein Vielfaches höher lag als die der vorher genutzten symmetrischen Schichten.

Als erste medizinische Anwendung kann die von Haas 1925 mit Erfolg am Menschen durchgeführte Hämodialyse gesehen werden. 1947 wurde diese Methode entsprechend verfeinert von Kolff in die klinische Routine eingeführt.

Inzwischen haben sich zahlreiche Gebiete für den Einsatz technischer Membranen eröffnet. Die Entwicklung zielt jetzt darauf ab, weitere Verbesserungen hinsichtlich Selektivität, mechanischer und chemi-

scher Stabilität sowie Funktionalität zu erreichen. Vor ca. 20 Jahren kamen die ersten Keramikmembranen auf den Markt. In den letzten 10 Jahren wurde intensiv weiterentwickelt, und es gibt mittlerweile eine Reihe von Firmen, die keramische Membranen und Module fertigen.

Membranklassifikation

Der Begriff Membran (lat. membrana - die Haut) wird in verschiedenen Fachgebieten unterschiedlich verwendet. Dichte, schwingungsfähige Membranen werden beispielsweise in der technischen Akustik zur Übertragung und Erzeugung von Schallwellen oder im Maschinenbau zur Übertragung von Drücken und zum Abdichten von bewegten Teilen benutzt.

Demgegenüber stehen die aus Biologie, physikalischer Chemie und Chemie bekannten teildurchlässigen Schichten. Die Abgrenzungen von Zellen oder Organismen, die einen Stoff-, Energie- und Informationsaustausch ermöglichen und die um diese Aufgaben zu erfüllen mit teilweise hoch komplexen Funktionen ausgerüstet sind, werden ebenso wie die meist passiv wirkenden Trennschichten in technischen Apparaten als Membranen bezeichnet. Eine solche Membran ist eine meist heterogene Phase, die selbst zwei weitere Phasen, z.B. flüssig und gasförmig, kontaktiert und die Phasen damit voneinander trennt. Sie stellt für die Inhaltsstoffe der Letzteren eine mehr oder weniger leicht passierbare Barriere dar, und ihre Dicke ist, verglichen mit charakteristischen geometrischen Abmessungen des betrachteten Systems, meistens klein.

Bei der groben Klassifikation von Membranen kann nach verschiedenen Gesichtspunkten vorgegangen werden. Man kann sie nach ihrem Ursprung einteilen, als natürliche Membranen (biologische Systeme) und synthetische Membranen. Eine weitere Möglichkeit ist eine Klassifikation nach ihrer Struktur, wie „dichte“ Membranen und Porenmembranen. Dicht heißt dabei lediglich porenfrei. Die Geometrie der Poren kann in Form und Abmessungen sehr unterschiedlich sein.

Weitere Möglichkeiten bestehen darin, Membranen nach ihrer Herstellungsart zu klassifizieren, nach dem Material aus dem sie bestehen (biologische, synthetische Polymer-, keramische, metallische Membranen), nach ihrem Aggregatzustand (Gel, Flüssigkeit, Kristall, Polymermatrix), nach Mechanismen, die für den Stofftransport verantwortlich sind, Größenausschluss, Lösungsdiffusion, elektrische Migration, oder sehr praxisbezogen nach dem endgültigen Einsatz, das heißt nach den Trennprozessen (Umkehrosmose, Ultrafiltration, Mikrofiltration, usw.), die man mit ihr durchführen kann. In Tabelle 1 ist eine Zusam-



Walitza



Stroh



Brunner

Die Autoren:

Diplom-Physiker Dr. Eckehard Walitza ist seit 1977 Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik an der Universität Stuttgart (IGB). Seine Arbeitsschwerpunkte bilden die physikalischen Grundlagen der Verfahrenstechnik, Modellbildung und numerische Simulation. **Diplom-Ingenieur Norbert Stroh** hat Flugzeugbau, Maschinenbau und Biomedizinische Technik studiert. Er ist Leiter der Abteilung Membran- und Energiesysteme am IGB. Der Chemiker **Prof. Dr. techn. Herwig Brunner** ist seit Mai 1994 als Ordinarius für Grenzflächenverfahrenstechnik an der Universität Stuttgart und als Direktor des IGB tätig.

menstellung der wichtigsten Membranverfahren, zusammen mit Hinweisen auf ihren physikalischen Hintergrund und die Modellvorstellungen für ihre Berechnung gegeben.

Biologische Membranen sind immer nach demselben Prinzip aufgebaut: In einer Lipiddoppelschicht sind Proteine und Kohlenhydrate eingebaut, denen die verschiedensten Aufgaben zukommen. Die reine Lipidschicht ist für hydrophile Stoffe praktisch undurchlässig. Diffusionsvorgänge, wie sie bei anderen Membrantypen sehr häufig vorkommen, treten hier eher in den Hintergrund. Die Transportmechanismen an natürlichen Membranen werden unterteilt nach nichtspezifischer Permeation, spezifischer Permeation und Transport von Makromolekülen.

Nichtspezifische Permeation geschieht mit Hilfe von Membranstrukturänderungen, den unspezifischen Membranproteinkanälen. Spezifischer Transport läuft z.T. über selektive Kanäle ab. Sind energieliefernde Reaktionen und spezifische Trägermoleküle beteiligt, so spricht man vom erleichterten oder aktiven Transport, je nach Energielieferanten von primären (z.B. Photosynthese) oder sekundären Systemen (z.B. Nutzung eines pH-Gradienten). Häufig sind verschiedene Mechanismen beteiligt und ermöglichen so eine günstige Abstimmung aller Teilschritte. Transport von Makromolekülen kann über Vesikel (Endo- und Exozytose) oder über Rezeptoren vermittelt werden.

Für technische Membranen sind die biologischen Membranen zwar Vorbild und fast unerschöpfliche Quelle für Nachahmungen, eine direkte Anwendung in der Trenntechnik besteht aber heute nicht mehr. In der Biotechnologie werden sie indirekt in Form von Mikroorganismen für die Produktionstechnik eingesetzt.

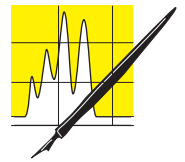
Verglichen mit biologischen verändern sich synthetische Membranen nur unter wenigen äußeren

Einflüssen. Genannt werden müssen aber pH und Salzkonzentration des Feeds und die Adsorption von Ionen aus dem Feed, welche die Membraneigenschaften, insbesondere von sonst ungeladenen oder nur schwach geladenen Membranen, extrem verändern können. Die genannten Größen können sich ebenfalls auf die Eigenschaften von Ionenaustauschermembranen auswirken. Schließlich spielt die Temperatur bei synthetischen Membranen eine größere Rolle als bei den biologischen Membranen, insofern, als sie nicht so stark eingeschränkt ist.

Synthetische Membranen umfassen eine Vielzahl von Strukturen, die sich in ihrem Aufbau, in ihrer Funktion und in ihrer Herstellung zum Teil erheblich unterscheiden. Sie können sowohl aus anorganischen als auch aus organischen Stoffen bestehen. Ihre Struktur kann homogen, heterogen, symmetrisch und asymmetrisch aufgebaut sein. Betrachtet man die Funktion, so kann man zwischen Löslichkeitsmembranen, Porenmembranen, Ionenaustauschermembranen und funktionalisierten Membranen (d.h. Membranen mit zusätzlich angebrachten funktionellen Einheiten) differenzieren. Unter Zugrundelegung des Herstellungsprozesses ergeben sich wiederum verschiedene Membrantypen, z.B. Sintermembranen, Phaseninversionsmembranen oder Strukturen, die durch Verstrecken eines Polymerfilms, durch die sogenannte Kernspurtechnik, Sol-Gel Technik oder noch andere Verfahren hergestellt werden.

Stofftransport in Membranen

Man unterscheidet beim Stofftransport durch eine Membran drei Transporttypen, den passiven Transport, den Trägertransport und den aktiven Transport. Beim passiven Transport werden alle Stoffe entspre-



AUFSÄTZE

Tabelle 1: Zusammenstellung der wichtigsten Membranverfahren und der beteiligten physikalischen Vorgänge

Trennverfahren	Membrantyp	Am Stofftransport durch die Membran beteiligte Phänomene							
		Sorption	Diffusion		Konvektion		Elektromigration		
		Idealfall: Henrysches Gesetz	Idealfall: Ficksche Diffusion	Allgemeinere Diffusionsansätze	Erzwung. Konvektion	Elektro-Osmose	Os-mose	1.Max-wellsches Gesetz	Coulomb-sches Gesetz
Mikrofiltration	Porenmembran				x				
Ultrafiltration	Porenmembran				x				
Nanofiltration	schwach elektrisch geladene Porenmembran		x	x	x		x	x	x
Umkehrosmose	Lösungsdiffusionsmembran	x	x	x	x		x		
Dialyse, Diafiltration	Lösungsdiffusionsmembran	x	x	x	x bei Diafilt.		x		
Elektrodialyse	geladene Porenmembran		x	x	x	x	x	x	x
Gastrennung, Dampfpermeation, Pervaporation	Lösungsdiffusionsmembran Porenmembran	x	x	x	x bei Porenmembran				

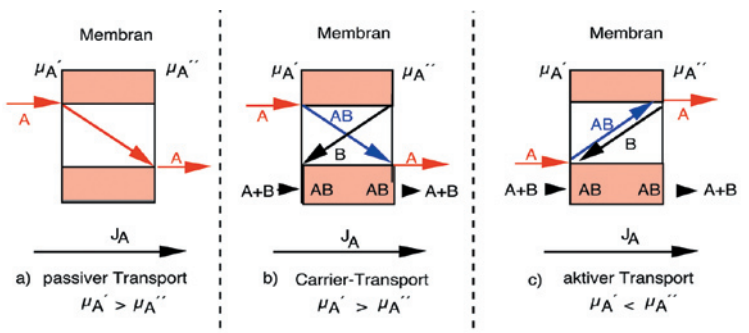


Abb. 1: Stofftransport durch Membranen

chend ihrer treibenden Kraft in Richtung des Potentialgefälles transportiert. Die Transportgeschwindigkeit der einzelnen Komponenten wird durch die treibende Kraft, die auf diese Komponente wirkt, und durch ihre Beweglichkeit in der Membranmatrix bestimmt. Der Begriff „treibende Kraft“ stammt aus der Thermodynamik der irreversiblen Prozesse, die für die quantitative Beschreibung von Transportvorgängen durch Membranen den theoretischen Hintergrund bietet.

Beim trägergebundenen passiven Transport, oder auch Carriertransport, erfolgt eine zusätzliche Bindung des transportierten Stoffes A (Permeand) an einen freien oder an die Membranmatrix gebundenen Träger B (Carrier). Beim aktiven Transport ist der Stofftransport an eine chemische Reaktion gekoppelt, bei der die freiwerdende Energie den Transport entgegen dem Potentialgefälle ermöglicht.

Während man in technischen Membranen meist den passiven Transport und seltener den Carriertransport nutzt, sind in biologischen Prozessen (Zellmembranen) hauptsächlich der Carriertransport und der aktive Transport realisiert. Abb. 1 zeigt die möglichen Transportarten beim Vorliegen einer Konzentrationsdifferenz, hier beschrieben durch das chemische Potential zu beiden Seiten der Membran μ' und μ'' . Im vorliegenden Beitrag wird nur der passive Transport näher betrachtet.

Membranmodelle

Bei der Erstellung von Membranmodellen gibt es zwei Aspekte: Die physikalische Abstraktion des Gebildes Membran und die mathematische Formulierung des Stofftransports durch die Membran. Eine solche Abstraktion kann z.B. eine zylindrische enge Pore mit impermeablen Wänden sein, die den Transportweg darstellt. Neben den allgemein gültigen Erhaltungssätzen für Stoff, Energie und Impuls sind mathematische Modelle für die Auslegung von Membranapparaten und Prozessen sowie für deren Optimierung von größtem Nutzen. Man unterscheidet bei der Modellierung zwischen einer mechanistischen und einer phänomenologischen Vorgehensweise.

Aus physikalischer Sicht sind die Ansätze am interessantesten, die von den Eigenschaften aller beteiligten Stoffe ausgehend, unter Berücksichtigung der

sonstigen Gegebenheiten, die zeitliche Entwicklung des gesamten betrachteten Systems zu berechnen gestatten. Das läuft auf eine „statistisch mechanische Theorie“ des Transports einzelner oder gleichzeitig mehrerer Spezies durch die Membran hinaus. Diese Vorgehensweise verlangt Wissen über das Verhalten jedes einzelnen Individuums der beteiligten Stoffe (inklusive Membranmoleküle), das meist nicht vorhanden ist, und einen enormen Berechnungsaufwand. Dennoch gibt es schon seit längerem Bemühungen, mit Hilfe von Methoden wie „molecular modelling“ Eigenschaften von hochspezifischen Membranen zu simulieren. Auch sind solche Ansätze zur Berechnung von Diffusionskoeffizienten in einer Polymermatrix publiziert worden. Ob es jemals zur praktischen Anwendung derartiger Berechnungen kommt, ist derzeit nicht absehbar. Für praktische Zwecke sind die phänomenologischen Modelle besser geeignet.

Bei diesen Modellen wird das experimentelle Wissen in Form empirischer Gleichungen verwendet. Man kann dabei nach der Methode der „Black Box“ vorgehen. In diesem Fall werden experimentelle Ergebnisse an mathematische Funktionen approximiert, wobei die Koeffizienten der Approximationsfunktionen meist keine physikalische Bedeutung haben. Diese Vorgehensweise ist einfach, verlangt aber einen hohen experimentellen Aufwand. Ein anderer Weg ist es, mit Modellvorstellungen an die experimentellen Ergebnisse heranzugehen und sie im Sinne bekannter physikalisch-chemischer Zusammenhänge zu interpretieren. Um auf dieser Grundlage ein aussagefähiges Modell zu erstellen, benötigt man wesentlich weniger Experimente, und es bietet sich die Möglichkeit einen Stofftrennprozess besser zu verstehen, da die Parameter des Modells eine physikalische Bedeutung haben. Vorteil der phänomenologischen Betrachtungsweise ist, dass man keine Details über das Verhalten einzelner Moleküle wissen muss. Da keine thermodynamischen Gleichgewichtszustände vorliegen, bedient man sich für die Modellerstellung der irreversiblen Thermodynamik. Die einfachsten unter den phänomenologischen Modellen der Membrantechnik sind die „Porenmembran“ und die „Lösungsdiffusionsmembran“.

Im **Modell der Porenmembran** betrachtet man eine Membran als eine dünne mit Poren versehene Schicht. Der Stofftransport findet nur im Porenraum statt. Idealerweise ist das Material der Membran, welches die Poren trägt, für alle beteiligten Stoffe undurchlässig, und die Poren sind von zylindrischer Form mit einem einheitlichen Porenradius. Mit dieser Beschreibung ist der Schritt der physikalischen Abstraktion getan, und es bedarf noch der Beschreibung des Stofftransport durch mathematische Formeln.

Im einfachsten Fall kann eine solche Membran wie ein sterisches Ausschlussfilter wirken. Teilchen, die kleiner sind als der Porendurchmesser, passieren die Membran, solche, die größer sind, werden zurückgehalten. Diese Vorstellung lässt sich gut anwenden

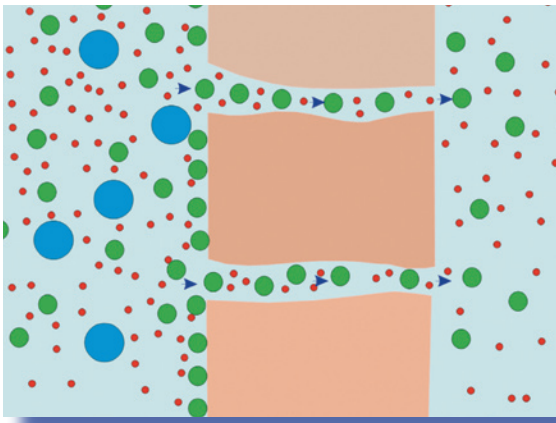


Abb. 2: Porenmodell. Die Membran hat Poren, auf die sich der gesamte Stofftransport beschränkt. Teilchen größer als der Porendurchmesser (blau) werden vollständig zurückgehalten, Teilchen kleiner als der Porendurchmesser (rot, grün) werden sowohl vom Konzentrationsunterschied als auch vom konvektiven Lösungsmittelstrom durch die Pore transportiert.

für Teilchen im Bereich größer $0,1 \mu\text{m}$. Betrachtet man kleinere Teilchen und liegt über der Membran eine Konzentrationsdifferenz an, so lässt sich der transportierte Stoffstrom durch das Ficksche Gesetz beschreiben. In das Ficksche Diffusionsgesetz werden häufig noch zusätzliche Größen aufgenommen, wie ein Verteilungskoeffizient, der angibt, ob die Konzentration in der Pore gegenüber der Außenphase verändert ist, und ein Faktor, der die Länge der Pore korrigieren soll, da die Poren nicht geradlinig durch die Membran hindurch gehen (Abb. 2). Schließlich muss noch die Membrandicke berücksichtigt werden. Sie ist ein wichtiger Parameter des Modells, denn sie gibt die Länge des Wegs an, den die zu trennenden Moleküle oder Teilchen in der Membran zurückzulegen haben.

Da die Diffusionskoeffizienten von Molekülen in Flüssigkeiten nicht sehr stark von der Molekülgröße abhängen ($D = \text{const } M^{-1/3}$), ist eine Trennung aufgrund eines Unterschieds im Diffusionskoeffizienten nur schwer erreichbar. Es bleibt aber die Beeinflussung über die Konzentrationen der

einzelnen Spezies in der Membranpore. Zu einer solchen Veränderung der Konzentration gegenüber der Feedlösung kann es kommen, wenn die Radien der zu trennenden Moleküle in der Größenordnung des Porenradius liegen. Dieser Einfluss und ein Reibungseinfluss auf Moleküle, die gerade noch in die Pore hineinpassen, führten zu einer mathematischen Erweiterung des genannten Fickschen Ansatzes, dem Ferry-Renkin-Modell, mit welchem die Trennschärfe einer Porenmembran beschrieben werden kann. Die Trennschärfe einer Membran erkennt man am Verlauf der Rückhaltung mit der Molekül- oder Teilchengröße, wie sie in Abb. 3 gezeigt ist. Unter der Rückhaltung R versteht man das Verhältnis der Konzentration einer Komponente im Filtrat zur Konzentration in der Ausgangslösung.

Liegt statt der Konzentrationsdifferenz eine Druckdifferenz Δp an der Membran an, so gilt in erster Näherung für den Stofftransport das Hagen-Poiseuille'sche Gesetz. Eine nach Karman-Kozeny benannte Beziehung, erweitert dieses für realistische Verhältnisse. Sind Druck- und Konzentrationsdifferenzen gleichzeitig vorhanden, so kommt es in erster Näherung zu einer Addition beider Wirkungen. Mit der Konzentrationsdifferenz ist allerdings auch eine Differenz im osmotischen Druck verbunden, die den hydrostatischen Druck Δp in seiner Wirksamkeit reduziert.

In Abb. 4 ist der Konzentrationsverlauf innerhalb der Membran gezeigt, wie er sich aus der Sicht des Poren- und des im folgenden beschriebenen Lösungs-Diffusions-Modells ergibt. Man erkennt, dass mit zunehmender Volumenstromdichte v die Außenkonzentration weiter in die Membran hinein getragen wird, je nach Richtung von v , von der einen oder der anderen Seite der Membran. Bei verschwindendem v liegt das lineare Konzentrationsprofil vor, wie man es unter den gegebenen Voraussetzungen erwarten würde.

Für eine praktische Anwendung des Porenmodells ist es notwendig, die Volumenstrom-Druck-Charakteristik und die Trenncharakteristik (Abb. 3) experimentell zu bestimmen. Die Volumenstrom-Druck Charakteristik

Abb. 3 (linke Spalte): Rückhaltvermögen vs. Molekulargewicht für zwei verschiedenen Membranen und idealer Verlauf.

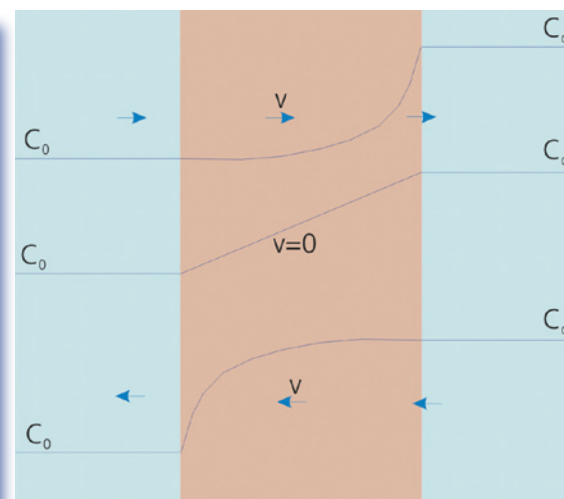
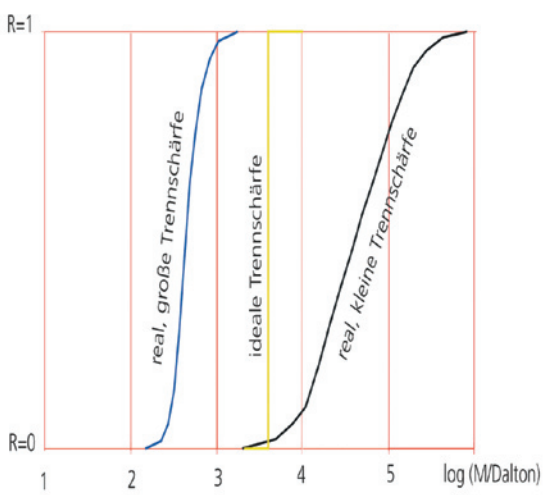


Abb. 4 (rechte Spalte): Konzentrationsverlauf in der Membran bzw. in der Membranpore in Abhängigkeit von der Volumenstromdichte v . Bei $v=0$ liegt nur diffusiver Transport vor.

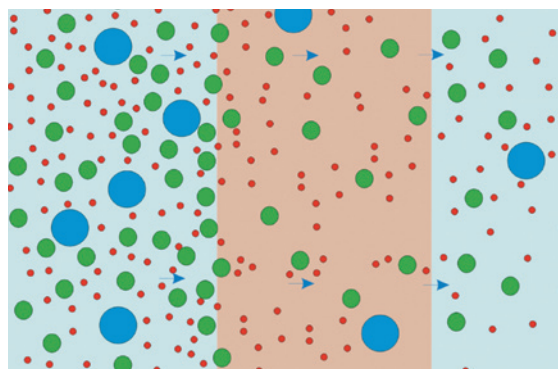
ist im allgemeinen linear und kann durch eine einzige Konstante beschrieben werden.

Die ideale Löslichkeitsmembran besteht aus einer homogenen Polymerschicht, die zwei benachbarte Phasen trennt. Komponenten der Phasen lösen sich in der Membran wie in einer Flüssigkeit und werden dann diffusiv in der Membran weiter transportiert, Abb. 5. Die durch die Membran transportierte Massenstromdichte einer Komponente lässt sich im Idealfall wieder durch das Ficksche Diffusionsgesetz beschreiben. In der Praxis zeigt sich allerdings, dass der Diffusionskoeffizient dann aufwendig an Experimente angepasst werden, bzw. dass ein realistischerer Ansatz für die Diffusion verwendet werden muss.

Das Lösungs-Diffusions-Modell kann in der Praxis sowohl für die Pervaporation, die Gaspermeation als auch für die Umkehrosmose Verwendung finden. Beim Lösungs-Diffusions-Modell tritt der Stoff per Sorption in die Membran ein. Für die Angabe der Konzentration an den Rändern in der Membran muss deshalb ein entsprechender Zusammenhang bekannt sein. Bei Gasen wird üblicherweise der Henry-Koeffizient verwendet. Andere in Frage kommende, jedoch nichtlineare Ansätze sind die Dual-Sorption (eine Überlagerung von „Henry“ und Langmuir-Sorption) und im Falle gequollener Membranen die Flory-Huggins-Theorie, die aus der Thermodynamik von Polymerlösungen abgeleitet wird.

Mit diesem Modell bietet sich eine universelle Möglichkeit an, Membrantransportvorgänge zu beschreiben, insbesondere auch für elektrolytische Lösungen. Es beruht auf den grundlegenden Überlegungen zum Ionentransport in verdünnten Lösungen, die aus dem Jahr 1888 von Nernst stammen und die 1890 von Planck weitergeführt wurden. Spätere Formulierungen von Theorell, Schlögl und Meyer-Sievers führten auf das heute viel benutzte **Modell der „geladenen engen Pore“**, welches durch die sogenannte „erweiterte Nernst-Planck-Gleichung“ mathematisch beschrieben wird. Abb. 6 zeigt eine Membran mit solchen engen, geladenen Poren, die als die physikalische Abstraktion für eine geladene Porenmembran (meistens Ionenaustauschermembran) herangezogen wird. Als Transportmechanismen kommen hier Konvektion, Diffusion und Elektromigration

Abb. 5: Lösungs-Diffusions-Modell. Große Moleküle (blau) mit kleinen Diffusionskoeffizienten können die Membran schlecht, kleine Moleküle (rot) mit großen Diffusionskoeffizienten können sie gut permeieren. Die blauen Pfeile deuten den Lösungsmittelstrom an, der ebenfalls zum Transport der in der Membran gelösten Stoffe beiträgt.



zur Geltung, verursacht durch Druckunterschiede, Konzentrationsunterschiede und elektrische Felder.

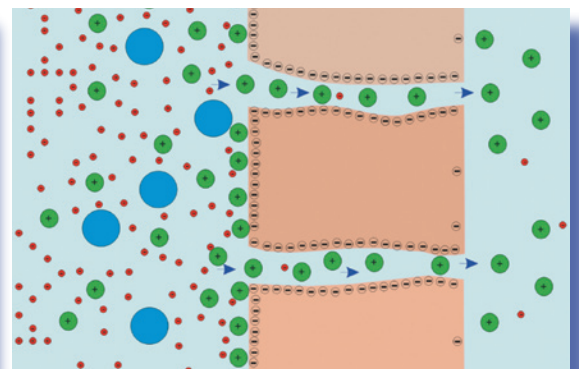
Für die Formulierung der mathematischen Zusammenhänge die den gesamten Stofftransport durch die geladene Pore beschreiben, werden meist noch die folgenden Vereinfachungen getroffen: Die Transportgleichungen für die Membran werden eindimensional formuliert (lange, enge Pore d.h. Porendurchmesser/Porenlänge $\ll 1$); die Matrix der Membran besitzt eine Festladung; bewegliche Gegenionen kompensieren die Festladung; die Ladungen sind homogen über die Membran verteilt; es werden stark verdünnte Lösungen angenommen.

Untersuchungen haben gezeigt, dass in einem Abstand von wenigen Debye-Längen von der Phasengrenze in der Membran schon mit guter Genauigkeit von lokaler Elektroneutralität ausgegangen werden kann, was bei der numerischen Lösung zu wesentlichen Vereinfachungen führt. Die Debye-Länge ist ein Maß für die Reichweite der Festladung einer Oberfläche, wenn sich diese in einer Elektrolytlösung befindet.

Für verdünnte Salzlösungen (10^{-3} bis 10^{-2} mol/l) ergeben sich Debye-Längen von 10^3 bis 10^2 μm . Der Bereich, in dem also die Elektroneutralität nicht angenommen werden kann, ist demnach etwa ein tausendstel der Dicke der aktiven Schicht der Membran (i.a. ca. 0,1 bis $1 \mu\text{m}$), jeweils an der Feed- und Permeatseite.

Für die vollständige Modellierung des Stofftransports durch Membranen sind neben der Membran noch die Zonen im Feed bzw. im Permeat zu berücksichtigen. Durch Bildung von laminaren Grenzschichten, Fouling, Deckschichten, Kuchenbildung, Konzentrationspolarisation, wird der Stofftransportwiderstand der Membran oft wesentlich verändert. Bei der Kuchenbildung z.B. hat die Membran kaum noch einen Einfluss auf den gesamten Stofftransportwiderstand. Wesentliche Parameter sind in diesem

Abb. 6: Membranmodell „Elektrisch geladene Pore“. Große, ungeladene Teilchen (blau) werden hier allein wegen ihrer Größe zurückgehalten. Positiv geladene Teilchen (grün) können auf Grund der Ladungsverhältnisse die Membran passieren, sie werden sowohl vom elektrischen Feld, als auch vom Konzentrationsunterschied angetrieben. Negativ geladene Teilchen (rot) werden von der Membran abgestoßen. Die blauen Pfeile deuten den Lösungsmittelstrom an, der für den konvektiven Transport verantwortlich ist.



Zusammenhang die Membran- und Modulgeometrie und die verfahrenstechnischen Betriebsgrößen.

Analytische Lösungen der oben genannten Modelle können nur unter starken Vereinfachungen angegeben werden. Für die Praxis bleiben deshalb nur numerische Methoden, um ein Trennverfahren modellgemäß zu simulieren.

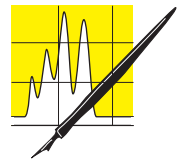
Membranherstellung

In Tabelle 2 sind verschiedene Membranen und ihre Herstellungsverfahren, das Material aus dem sie bestehen, die Trennmechanismen, die bei ihrem Einsatz zum Tragen kommen, und ihre Anwendungsgebiete zusammengestellt.

Membranen, die mit dem Phaseninversionsverfahren hergestellt werden, haben heute immer noch die größte wirtschaftliche Bedeutung und den weitesten Einsatzbereich. Das Verfahren geht auf Bechold zurück, der vor mehr als 70 Jahren die ersten Phaseninversionsmembranen aus Nitrocellulose hergestellt hat. Dabei wird Nitrocellulose in einer

Ether-Ethanol-Mischung gelöst und als dünner Film ausgegossen. Weder Ether noch Ethanol allein vermögen Nitrocellulose zu lösen und wenn nun der leichter flüchtige Äther an der Oberfläche des Films verdampft, kommt es dort zu einer Fällung der Nitrocellulose. Die zunächst als Gel vorliegende Nitrocellulose geht in eine Porenstruktur über, wenn schließlich auch der Ethylalkohol verdampft. Lösungsmittelzusammensetzung und Polymerkonzentration erlauben die Porengröße zu variieren. Das ursprüngliche Verfahren wurde im Laufe der Zeit wesentlich verbessert, und es gelingt damit asymmetrische Membranen mit einheitlicher Porenstruktur in der trennenden Schicht herzustellen. Asymmetrische Membranen bestehen aus einer dünnen trennenden Schicht, der eigentlichen Membran, die in eine grobporige Unterstruktur übergeht. Sie entstehen beim Verfahren der Phaseninversion in einem Schritt und sind keine Composite-Membranen die aus mehreren Schichten zusammengesetzt sind.

Die thermodynamischen und kinetischen Grundlagen der Entmischung, die auch die Grundlage für die Entstehung der Membranstruktur bilden, sind heute



AUFSÄTZE

Tabelle 2: Übersicht über die üblichen Herstellungsverfahren von Membranen

Membran	Material	Herstellungsmethode	Trennmechanismus Porengröße	Anwendung
Keramikmembranen	Ton, Silikate, Aluminiumoxid, Graphit	Pressen und sintern von feinkörnigem Pulver, Sol/Gel-Technik	0,1 bis 10 µm	Filterieren von Suspensionen
Glasmembranen	Gemisch aus zwei Gläsern unterschiedlich in ihrer chemischen Beständigkeit	Auslaugen des chemisch weniger beständigen Glases aus dem Gemisch	5 bis 20 nm	Filterieren von molekularen Gemischen bei erhöhter Temperatur
Metallmembranen	Palladium, Silber, Wolfram, etc.	Pressen und Sintern von Pulvermetallen und Auslaugen des weniger beständigen Metalls	0,1 bis 10 µm	Gastrennung, Isotopentrennung
Polymersintermembran	Polyethylen, PTFE, Polypropylen	Pressen und Sintern von feinkörnigem Polymer	0,1 bis 50 µm	Grobfiltration von aggressiven Medien, Gaseinleitung, Luftreinigung
Verstreckte Polymerfilme	Polyethylen, PTFE, Polypropylen	Verstrecken einer teilkristallinen Folie senkrecht zur Kristallrichtung	0,1 bis 1 µm	Filtration aggressiver Medien, Luftreinigung, Sterilfiltration, Medizintechnik, Kontaktoren
Geätzte Polymerfilme	Polycarbonat	Bestrahlung einer Folie mit schweren Ionen und nachfolgende Säureätzung	0,5 bis 1 µm, sehr enge Porengrößenverteilung	Analytische und medizinische Chemie
Homogene Membranen	Polydimethylsiloxane	Extrudieren homogener Folien	Löslichkeit und Diffusionskoeffizient	Gastrennung
Symmetrische mikroporöse	Cellulosederivate	Phaseninversionsreaktion	5 bis 100 nm	Sterilfiltration, Dialyse
Integral asymmetrische	Cellulosederivate, Polyamid, Polysulfon, etc.	Phaseninversionsreaktion	1 bis 5 nm oder Löslichkeit und Diffusionskoeffizient	Ultrafiltration, Umkehrosiose
Zusammengesetzt asymmetrische	Cellulosederivate, Polyamid, Polysulfon, etc.	Phaseninversionsreaktion	1 bis 5 nm oder Löslichkeit und Diffusionskoeffizient	Ultrafiltration, Umkehrosiose
Ionenaustauschermembranen leitende	Polyethylen, Polysulfon, Polyvinylchlorid	Beschichtung einer mikroporösen Membran mit Ionenaustauscherharz oder Sulfonierung homogener Folien	Positive oder negative Ladungen	Elektrodialyse
Festkörpermembranen	Perovskite			Analytik

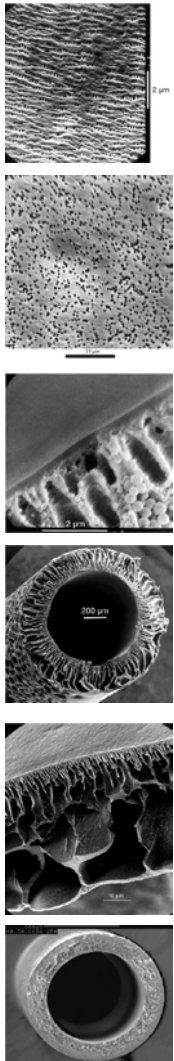


Abb 7: Raster-Elektronen-Mikroskopie (REM)-Aufnahmen von Membranen, die nach verschiedenen Verfahren hergestellt wurden (von oben nach unten):

- Recken von Polypropylen
- Kernspurätzen
- Löslichkeitsmembran auf poröser Unterstruktur
- Phaseninversionsverfahren, Fingerstruktur
- Phaseninversionsverfahren, Fingerstruktur, vergrößert
- Phaseninversionsverfahren, Schwammstruktur

weitgehend bekannt. Eine quantitative Beschreibung dieses Vorgangs ist aber noch nicht möglich.

Keramische Membranen

Keramikfilter für die Mikrofiltration (Porengrößen > ca. $0,05 \mu\text{m}$) sind seit den 60er-Jahren bekannt. Ihre Herstellung erfolgt über einen einfachen Beschichtungsprozess (Slip-Casting), bei dem ein poröser keramischer Flachträger manuell in eine Keramikpulversuspension eingetaucht wird (Dip-Coating) und die anhaftende Schicht über einen Sinterschritt mit dem Träger dauerhaft verbunden wird. Das Beschichtungsprinzip beruht auf einer Konzentrierung der suspendierten Partikel an der Oberfläche durch den vom Substrat erzeugten Kapillarsog. Je enger im allgemeinen die Partikelgrößenverteilung des Pulvers ist, desto enger wird die Porengrößenverteilung der Membran und desto größere Trennschärfen sind erreichbar. Die Membranen weisen im allgemeinen Porositätswerte von 35-50 % auf. MF-Membranen aus $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, TiO_2 oder ZrO_2 lassen sich heutzutage problemlos mit der gewünschten Porengröße herstellen (Abb. 8).

Für die Herstellung von Membranen mit Porengrößen im Bereich von ca. $0,05 \mu\text{m}$ - 5 nm zum Einsatz in der Ultrafiltration sind die derzeit kommerziell verfügbaren Pulverteilchen zu groß und es bedarf des Einsatzes alternativer Syntheseverfahren. Etabliert ist die Sol-Gel Technik, bei der zumeist metallorganische Ausgangsverbindungen (Alkoxide) eingesetzt werden, die sich über mehrere Verfahrensschritte zu porösen Schichten weiterverarbeiten lassen. Als Sol wird allgemein eine kolloidale Dispersion von Teilchen der Größe 1-100 nm in einer Flüssigkeit bezeichnet.

Ti-, Al-, Zr-, oder MgAl_2 -Alkoxide sind kommerziell erhältliche, preisgünstige Substanzen und eignen sich daher gut als Precursoren für die Herstellung der entsprechenden Membranmaterialien TiO_2 , Al_2O_3 , ZrO_2 oder MgAl_2O_4 (Spinell [1]). Ein Sol muss für den nachfolgenden Schritt der Beschichtung hinsichtlich der Viskosität optimiert werden. Daher werden dem Sol Additive zugesetzt, die für die Herstellung einer defektfreien Membran unerlässlich sind. Als letzter Verfahrensschritt schließt sich das Brennen („Sintern“) der getrockneten Sol-Schicht an. Dieser Prozess ist mit einem starken Masse- und Volumenverlust verbunden. Um die mechanischen Spannungen während dieser Reaktion zu minimieren, muss das Sinterregime sorgfältig gewählt werden. Abbildung 9 zeigt eine rasterelektronenmikroskopische Querschnittsaufnahme einer ca. $2 \mu\text{m}$ dünnen MgAl_2O_4 -Ultrafiltrationsmembran auf einem $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (Korund)-Träger. Die Porengrößen betragen ca. 7 nm in der UF-Schicht bzw. $1,8 \mu\text{m}$ im Träger.

Für die Gasseparation können entweder mikroporöse, meist oxidische oder zeolithische Keramikmembranen eingesetzt werden oder es finden dichte, metallische Membranen mit bevorzugtem Transport nur einer Gaskomponente Einsatz. Auch Compositefilter haben in jüngerer Zeit in der Gasseparation Beachtung ge-

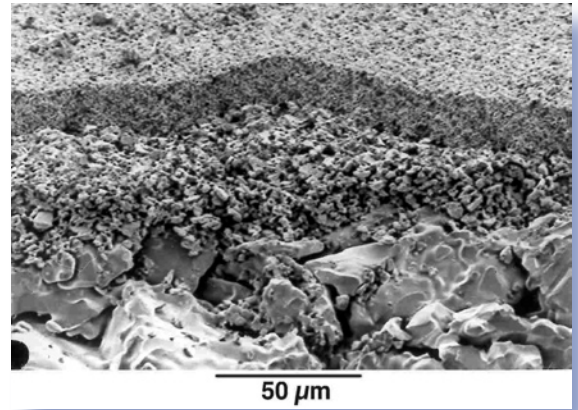
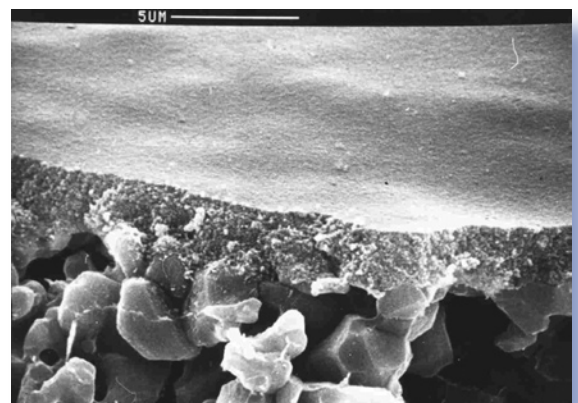


Abb. 8: REM-Querschnittsaufnahme einer oxidkeramischen MF-Membran mit grobporiger Stützstruktur, Zwischenschicht und abschließender feinporöser MF-Schicht.

funden. Es handelt sich hierbei um Polymermaterial, Silikon oder PVDF-Filme, oder dichte Materialien, in die zur Erhöhung des Flusses ZrO_2 oder TiO_2 , zur Erhöhung der Selektivität Zeolith-Einkristalle in ungeordneter oder geordneter Form eingelagert wurden, und die somit eine Zwischenstellung einnehmen [2].

Die mengenmäßig klar dominierenden Polymermembranen stoßen bei ihrem Einsatz in organischen Lösungsmitteln, bei hohen Temperaturen, sowie bei starken Drücken an ihre materialimmanenten Grenzen. Eine detaillierte Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile von Polymermembranen verglichen mit anorganischen Filtern ist in Tabelle 3 dargestellt. Die Nachteile der Polymermembranen eröffnen für anorganische, meist keramische Membranen ein breites Anwendungsgebiet [3]. Jedoch lassen sich entwicklungsbedingt noch nicht alle Membrantrennprozesse mit keramischen Membranen realisieren. Keramische Membranen finden bislang in folgenden Anwendungsgebieten industriellen Einsatz: Grobfiltration, Feinfiltration, Mikrofiltration, Ultrafiltration, Nanofiltration (Pilotmaßstab) und Gasseparation (Pilotmaßstab). Keramische Membranen für die Mikro- und Ultrafiltration sind wirtschaftlich am bedeutendsten. Neben Flachträgern finden hier zylindrische Träger,

Abb. 9: REM-Querschnittsaufnahme einer MgAl_2O_4 (Spinell)-Ultrafiltrationsmembran auf einem $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ -Träger.



insbesondere Rohre („Monokanälelemente“) Einsatz. Zur Erzielung einer möglichst großen Membranfläche werden diese Träger alternativ mit 7, 19, 37, 61 oder 91 Einzelkanälen mit Kanaldurchmessern von 2-4 mm angeboten („Multikanälelemente“). Die Beschichtung von Mono- und Multikanälelementen erfolgt in der Weise, dass die Beschichtungsflüssigkeit in das vertikal auf einer Unterlage stehende und unten abgedichtete Element eingefüllt und das Element nach erfolgter Beschichtung angehoben wird, so dass überschüssige Beschichtungsflüssigkeit ausfließen kann. Scheibenförmige bzw. planare Flachträger werden üblicherweise über einen Eintauchprozess (Dip-Coating) beschichtet, wobei die Träger manuell in die Beschichtungsflüssigkeit eingetaucht und nach gegebener Zeit herausgenommen werden. Unabhängig von der Beschichtungstechnik erhöht sich die Dicke der abgeschiedenen Membran etwa mit der Quadratwurzel der Beschichtungszeit.

In der Praxis haben sich Mono- und Multikanälelemente durch die innenbefindliche, unzugängliche Membran als benutzerfreundlicher und weniger empfindlich in der Handhabung (Einbau bzw. Wechsel) erwiesen, im Vergleich zu Flachgeometrien mit ihrer ungeschützten außenliegenden Membran. Die Flachmembranen zeichnen sich dagegen durch die Möglichkeit der Erzielung einer hohen Packungsdichte, d.h. einem hohen Verhältnis von Membranfläche zu Gehäusevolumen, aus und gewinnen daher zunehmend an Bedeutung.

Keramische MF-Membranen mit Porengrößen zwischen 0,1 und 0,4 μm werden beispielsweise zur Trennung von Öl-Wasser-Emulsionen in der spanabhebenden Fertigungsindustrie eingesetzt. Diese Emulsionen enthalten ca. 3-10 % Öl in Form stabilisierter Tröpfchen und fallen täglich zu Millionen Litern an. Mit der Mikrofiltration lassen sich Öl-Anreicherungen bis zu 50 % erreichen. Ein weiteres Beispiel für den Einsatz von Mikrofiltrationsmembranen ist die Klärung von Bier. Bier enthält im Durchschnitt etwa 91 % Wasser, 4 % Alkohol, 0,5 % Kohlendioxid, 0,4 % Proteine und 3,6 % Kohlenhydrate. Ziel ist es, Trübstoffe sowie Mikroorganismen, Kulturhefen und Bakterien zu entfernen. Der Einsatz von MF-Membranen mit Porengrößen zwischen 0,2 und 0,8 μm ermöglicht die Einhaltung der angestrebten Maximalkonzentrationen von z.B. weniger als fünf Hefezellen pro Milliliter im Permeat.

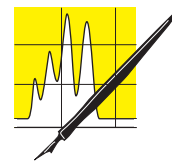
Keramische UF-Membranen werden beispielsweise in der Lebensmittelindustrie zur Herstellung von entfettetem, hochangereichertem Molkenproteinkonzentrat eingesetzt. Molke ist ein Nebenprodukt der Milchverarbeitenden Industrie mit einem jährlichen Anfall von ca. 8 Mio. t in Deutschland. Mit Hilfe einer gezielten Molkenvorbereitung werden zunächst durch einen Mikrofiltrationsschritt der Molke spezielle Substanzen (Lipoproteine, Immunoglobuline, Calciumphosphat) und ein Teil der Laktose entzogen. Das Permeat nach der Mikrofiltration besteht überwiegend aus α -Lactoalbumin, β -Lactoglobulin, Laktose und Mineralbestandteilen. Der Eiweißgehalt dieses

Permeats kann durch Ultrafiltration bis auf 90 % bei 25 % Trockenmasse angereichert werden.

Keramische Kapillarmembranen

Eine in mehrfacher Hinsicht optimale Membrangeometrie stellt die Hohlfaser ($\varnothing_{\text{außen}} < 0,5 \text{ mm}$) bzw. Kapillare ($\varnothing_{\text{außen}} > 0,5 \text{ mm}$) dar. Ihr Oberfläche/Volumen Verhältnis ist sehr hoch, bei gleichzeitig niedrigem Materialbedarf. Mit diesen Membranen können daher ebenso leichte wie kompakte Module mit großen Austauschflächen realisiert werden.

Bisher spielen tubuläre keramische Membranen mit Durchmessern von deutlich weniger als 10 mm in der Anwendung kaum eine Rolle. Dies wird sich in naher Zukunft ändern, da ein deutlicher Bedarf an größeren Membranflächen vor allem für die Gastrennung benötigt wird. Keramische Membranen sind durch ihre spezifischen Materialeigenschaften besonders für Beschichtungen geeignet. Zur Herstellung stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung. Besonders geeignet sind Fällspinnverfahren, da hiermit die Wandstrukturen entsprechend dem vorgesehenen Einsatz gestaltet werden können. Ausgehend von organischen Bindersystemen, die auf natürlichen



AUFSÄTZE

Eigenschaften	Polymermembranen	Keramikmembranen
<u>Membranleistung</u>		
Porosität	+	+++
Porengestalt	++	+
Adsorptionsverhalten	+	++
Zwischenverbindung	++	+++
Porengrößenverteilung	+	++
Partikelabgabe	+++	+
Rückspülbarkeit	+	+++
Regenerierbarkeit	+	+++
<u>Membranlebensdauer</u>		
Festigkeit	+	+++
Chem. Beständigkeit	++	+++
Therm. Beständigkeit	++	+++
Ausfallsicherheit	+	+++
Kompaktierung	+	+++
Reinheit/Biokompatibilität	++	+++
<u>Spez. Produktkosten</u>		
Gewicht	+++	+
Herstellkosten	+++	+
Desorptionsverhalten	++	+++
Oberflächenrauigkeit	+++	+
Flexibilität	+++	+
Formbarkeit	+++	+
Verarbeitbarkeit	++	+

Tab. 3: Beurteilung keramischer Filter im Vergleich mit Polymermembranen. Wertungen: + zufriedenstellend, ++ gut, +++ sehr gut

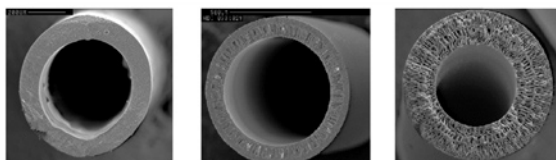


Abb. 10: Kapillarmembranen aus α - Al_2O_3 mit verschiedenen Wandstrukturen und Außendurchmessern von 0,6 mm (links), 0,8 mm (Mitte) bzw. 1,1 mm (rechts), Wandstärken zwischen 0,1 und 0,25 mm.

oder künstlichen Polymeren basieren, können Schlicker aus oxidischen, nitridischen, carbidischen, aber auch metallischen Pulvern zu Kapillaren versponnen werden. Die Membraneigenschaften können durch Anpassung der Schlicker, des Spinnverfahrens und des Sinterprozesses über einen weiten Bereich gezielt eingestellt werden.

Typische Kapillarmembranen aus α - Al_2O_3 weisen Außendurchmesser zwischen 0,5 und 1,5 mm bei Wandstärken zwischen 0,1 und 0,2 mm auf. Mit Porenweiten > 200 nm und offenen Porositäten zwischen 25 und 50% eignen sich diese Membranen sehr

gut als Träger für weitere selektive Trennschichten. Charakteristisch sind auch enge Porenradienverteilungen mit scharf definierten oberen Grenzen für die Porenweiten. Bruchfestigkeiten von bis zu 250 MPa im 3-Punkt-Biegetest zeigen eine ausgezeichnete mechanische Stabilität an. Typische Wasserpermeabilitäten liegen, abhängig von der realisierten Wandstruktur und der Porengrößen (0,2-0,5 μm) zwischen ca. 300 bis 3000 $\text{l/m}^2\text{hbar}$.

Literatur

- [1] Pflanz K.B., Riedel R., Chmiel H.: Preparation of Spinel Ultrafiltration Membranes, *Adv. Mater.*, 4(10), 662-665, 1992.
- [2] Bein T., Brown K., Enzel P., Brinker C.J.: Formation and Characterization of Inorganic Membranes from Zeolite - Silica Microcomposites, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, 121, Better Ceram. Chem. 3, 761-766, 1988.
- [3] Bhawe R. (Ed.): *Inorganic Membranes*, van Nostrand & Reinholdt, New York, 1991.

Weitere Informationen über Herstellungsverfahren und Membrancharakterisierung sowie weiterführende Literatur finden Sie im Internet (www.clb.de).

Korrektur spektraler Störungen in der ICP Emissionsspektrometrie

Multivariate Regressionstechniken

Joachim Nölte, Owingen

Mit Rechentechiken, die die spektrale Information um die Analysenlinie ausnutzen und eine Anpassungsrechnung durchführen, kann eine richtige Auswertung von Signalen in der ICP OES erfolgen, die wegen spektraler Störungen mit herkömmlichen Auswertetechniken nicht nutzbar sind. Diese Rechentechiken setzen die Differenzierung von Peaks mit mathematischen Mitteln dort fort, wo die optische Auflösung keine weitere Auftrennung zwischen Analysen- und Störsignal zulässt.

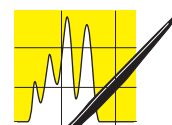
Der Autor:

Dr. Joachim Nölte studierte Chemie an der Universität Hamburg. Er arbeitete von 1981 bis 1985 mit der ICP OES im Rahmen seiner Promotion bei Prof. Dannecker. Von 1988 bis 1997 war er im ICP OES-Applikationslabor von Perkin Elmer für Methodenentwicklung, Anwenderschulung und Präsentation zuständig. Von 1998 bis 2000 war er Evaluator für ein neues ICP OES-Gerät. Seither ist er im Rahmen von AnalytikSupport tätig in der Methodenentwicklung und Ausbildung für die ICP OES. Anfang 2002 erschien sein Buch "ICP Emissionsspektrometrie für Praktiker".



Eine der wichtigsten Fehlerquellen in der ICP Emissionsspektrometrie [1] sind spektrale Störungen. Um deren Einfluss zu minimieren, wurde seit der Einführung der ICP OES die Auflösung der Spektrometer verbessert [2]. Der Einfluss einer Störung hängt vom Abstand der Störlinie zu der verwendeten Analysenlinie ab. Idealerweise wird zwischen beiden Emissionslinien die Basislinie erreicht, doch ist dies in der Praxis oft nicht realisierbar. Bei herkömmlicher Auswertung (Höhen- oder Flächen- bzw. Teilflächenauswertung [3]) ist es ratsam, nur solche Linien auszuwerten, bei denen sich zwei gleich große Signale auf halber Höhe begegnen. Ist die Störlinie deutlich intensiver als die Analysenlinie, so kann selbst bei diesem Abstand eine Auswertung nicht möglich sein. Dagegen sind multivariate Auswertetechniken in der Lage, die spektrale Information des Analytsignals in Gegenwart einer starken Störlinie auszuwerten und daraus ein richtiges Ergebnis zu berechnen.

Erstmals wurde 1990 in der ICP Emissionsspektrometrie von de Loos-Vollebregt und van Veen ein Rechenverfahren (Kalman-Filtering) in einem preisgekrönten¹ Doppelartikel vorgestellt [4, 5]. Hier wurde



AUFSÄTZE

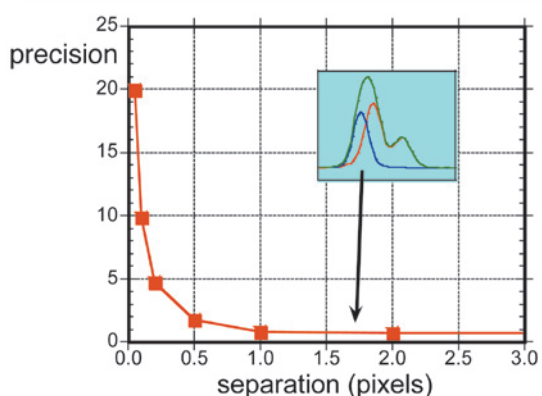


Abbildung 1: Die Präzision als Funktion des Abstandes zweier Emissionslinien. Mit zunehmendem Abstand wird die Korrektur besser. Das blau unterlegte Spektrum zeigt die Fe-Störung der Cd-Linie bei 214 nm. Beide Linien haben einen Abstand von 4,5 pm [10].

ein Verfahren der multivariaten Regressionsrechnung beschrieben, das partielle spektrale Überlagerungen richtig und effizient korrigiert [6]. Es ist als Post-Analyse Software-Paket als Shareware erhältlich² [7]. Ein ähnliches Verfahren wurde 1993 als Software-Modul eines kommerziellen Spektrometers³ vorgestellt [8, 9]. Dort wird es als MSF (Multikomponenten-Spektren-Fitting) bezeichnet. Ein weiterer Hersteller⁴ benutzt seit 1998 eine ähnliche Routine und bezeichnet es als FACT (Fast Automated Curve-fitting Technology) [10, 11,12].

Prinzip

Voraussetzung für die Anwendung aller multivariaten Regressionstechniken ist, dass sich das vom Plasma emittierte Licht in einem betrachteten Spektralbereich aus den Spektren der Elemente und dem entsprechenden spektralen Untergrund des Plasmas additiv zum gemessenen Spektrum zusammensetzt. Durch unterschiedliche Skalierung aller beteiligten Einzelement-Modellspektren und mit dem Plasmaspektrum kann ein Spektrum mathematisch komponiert werden, das dem gemessenen Spektrum der Messlösung entspricht. Man könnte dies auch als „rechnerische Matrixanpassung“ bezeichnen. Diese Anpassung erfolgt sowohl beim Kalibrieren (Ermitteln des Skalierungsfaktors für den Analyten und Zuordnung zu einer Konzentration) als auch beim Messen (Nutzen des Skalierungsfaktors zum Berechnen der Konzentration).

Dieser Weg einer Anpassungsrechnung führt nur dann zu einer eindeutigen mathematischen Lösung,

wenn unterschiedliche Strukturmerkmale (zum Beispiel Wellenlängendifferenz oder weitere Emissionslinien im betrachteten Spektralbereich) vorliegen. Die Güte der Korrektur als Funktion des Abstandes ist in Abbildung 1 dargestellt. Daraus folgt, dass diese Auswertetechnik nur für partielle Linienüberlagerungen zuverlässige Ergebnisse liefern kann. Da bei der multivariaten Auswertung ein Spektralbereich ausgewertet wird, wird mehr Information als bei den klassischen Auswertetechniken benutzt. Dies führt dazu, dass komplexe Spektren, eindeutige Ergebnisse bei der multivariaten Regressionsrechnung liefern. Die Tatsache der Nutzung der zusätzlichen spektralen Information führt auch dazu, dass sich der statistische Fehler verkleinert, so dass bessere Reproduzierbarkeiten und damit auch niedrigere Nachweisgrenzen resultieren [13].

Die Auswertetechnik ist unabhängig von den Anregungsbedingungen, da sich die Signalform aufgrund der Plasmatemperatur nur in einem sehr kleinen, vernachlässigbaren Umfang verändert. Das heißt Modellspektren, die beispielsweise bei einer niedrigen Plasmaleistung aufgenommen wurden, können für eine Analyse mit hoher Leistung verwendet werden. Ungeachtet der Korrektur der spektralen Störungen müssen nicht-spektrale Störungen nach wie vor berücksichtigt werden. Dies erfolgt in der Regel am Besten mit einer Matrixanpassung des Standards an die Proben.

Methodenentwicklung

Im Rahmen der Vorbereitung für die multivariate Auswertung werden die Spektren der Blindwertlösung und die Einzelementlösungen von Analyt und Interferent(en) als Modellspektren aufgenommen. Die Konzentration, die für die Aufnahme dieser Modellspektren verwendet wird, kann in einem sehr weiten Rahmen liegen. Im unteren Konzentrationsbereich sollte das Spektrum nicht durch das Basislinienrauschen beeinflusst werden und bei hohen Konzentrationen sollte keine Selbstabsorption erfolgen, da dies zu

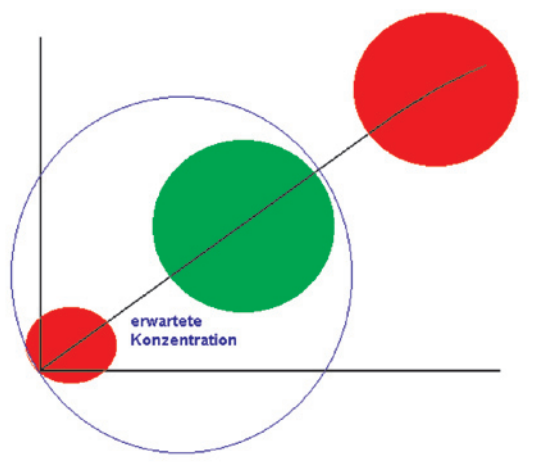


Abbildung 2: Die Konzentration der Modelllösung sollte den in den Proben erwarteten Konzentrationsbereich nach oben hin abschließen. Man sollte nach Möglichkeit sehr kleine und sehr hohe Konzentrationen (insbesondere im nicht-linearen Bereich = Selbstabsorption) meiden.

1 Spectrochimica Acta Award 1990.

2 Bei Interesse kann der Autor die Bezugsquelle vermitteln.

3 PerkinElmer Optima-Spektrometer

4 Varian Vista-Spektrometer

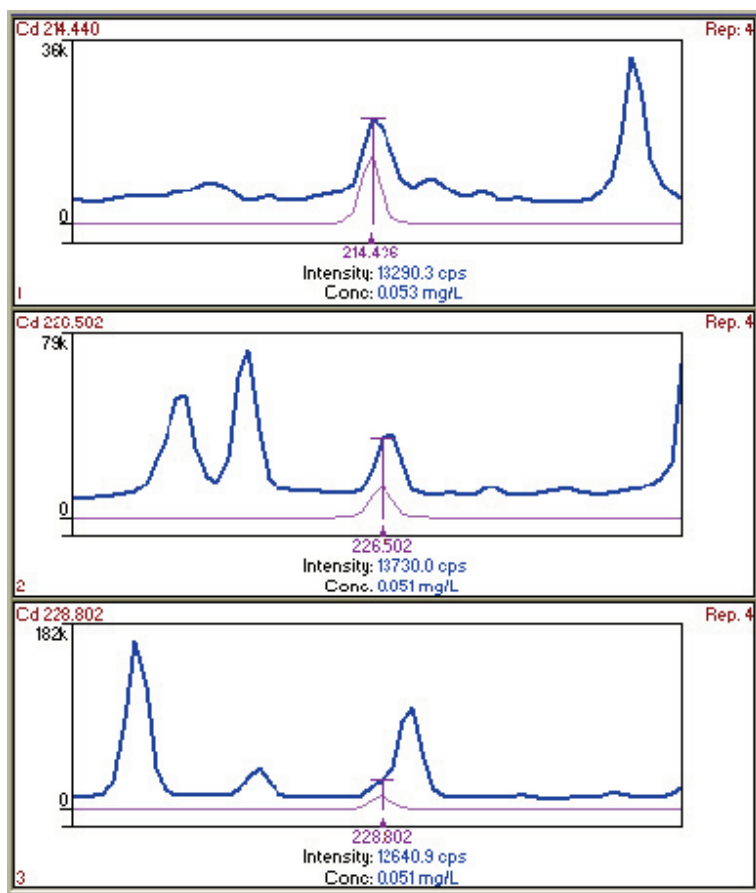


Abbildung 3: Beispiel für die Kontrollspektren, die während der multivariaten Auswertung ausgegeben werden können. Das gemessene Spektrum ist blau dargestellt, das reskalierte Analytspektrum in rot. Das Beispiel zeigt die Bestimmung von Cd in einer synthetischen Matrix aus Fe und As mit dem PerkinElmer Optima 2000. Bei allen drei Wellenlängen wird die zudotierte Konzentration von 50 µg/L gefunden.

breiteren Peaks führt. Bei zu kleinen Konzentrationen in der Modelllösung ergibt sich das Risiko, dass das Spektrum eine Rauschkomponente enthält, die „hochskaliert“ wird. Ein Mehr- oder Minderbefund kann die Folge sein. Auch dann, wenn die Konzentration des Analyten in der Modelllösung deutlich kleiner ist als in den Messlösungen, werden Strukturmerkmale, die zum Beispielaus Kontaminationen herrühren können, in dem gleichen Maße verstärkt.

Generell gilt auch hier, dass eine Interpolation zu besseren Ergebnissen führt als eine Extrapolation. Sofern möglich, sollte die Konzentration der Modelllösung gleich oder höher sein als die erwarteten Konzentrationen in den Proben. Abbildung 2 zeigt anschaulich den bevorzugten Konzentrationsbereich.

Während der Methodenentwicklung ist es bei der Modellspektrenaufnahme entscheidend wichtig, dass es sich bei den Lösungen um *reine* Substanzen handelt, da sonst Fehlberechnungen resultieren können. Diese Anforderung an Abwesenheit von Begleitsubstanzen bezieht sich nur auf die Elemente, die im betrachteten Wellenlängenbereich Emissionslinien aufweisen. Die Reinheitsanforderungen beziehen sich

nicht nur auf die Lösungen selbst sondern auch auf etwaige Verschleppungen im Probeneinführungssystem [14]. Um Verschleppungen zu verhindern, sollte man daher zwischen den Lösungen für die Modellspektrenaufnahme eine Blindwertlösung angesaugt werden. Erst dann, wenn man sich davon überzeugt hat, dass das Nullniveau wieder erreicht wurde, sollte die nächste Einzelementlösung angesaugt werden. Die Aufnahme der Modellspektren erfordert ein gewisses Maß an Geduld und Akribie.

Nach der Aufnahme der Modellspektren legt der Anwender fest, ob es sich bei dem jeweiligen Spektrum um den Untergrund, den Analyten oder einen Interferenten handelt. Die multivariaten Techniken verlängern die Methodenentwicklung geringfügig, da die Aufnahme aller Einzelementspektren der Komponenten in hoher Reinheit zwingend erforderlich ist. Deutlich einfacher – und damit auch schneller – wird die Methodenentwicklung dadurch, dass die Entscheidung, ob die Wellenlänge zur Auswertung geeignet ist, überflüssig wird und dass keine Untergrundkorrekturpunkte festgelegt werden müssen. Gerade dann, wenn Störlinien in der Nähe der Analysenlinie liegen, ist die Entscheidung in bezug auf die Eignung und auch die anschließende Wahl der optimalen Untergrundkorrekturpunkte bisweilen sehr schwierig. Im Falle der multivariaten Auswertetechniken erfolgt lediglich eine Zuordnung, ob es sich bei den Spektren um den Untergrund, den Analyten oder einen Interferenten handelt. Die Störungen können sogar nach Abschluss der Analyse rechnerisch korrigiert werden, selbst wenn das Störelement, wie bei der Interferent-Korrektur notwendig, nicht gemessen wurde.

Grenzen

Strukturmerkmale der Interferenten führen im Modellspektrum des Analyten zu Minderbefunden. Dies ist einer der häufigsten Fehler bei der Anwendung multivariater Techniken. Sie rühren von Kontaminationen in der Messlösung oder Verschleppungen bei der Modellspektrenaufnahme her. Der Massenanteil des Elementes, der verschleppt wurde, wird im Modellspektrum des folgenden Elementes als ihm zugehöriger Spektrbestandteil interpretiert und folglich mit diesem reskaliert. Dies führt dazu, dass für das Element, was verschleppt wurde, ein Minderbefund (im schlimmsten Fall eine negative Konzentration) errechnet wird. Leider sind einige Einzelementstandards nicht so rein, wie es für diese Anwendung erforderlich ist. So wurde in für ICP spezifizierten Fe-Standards Cd bis zu 20 µg/l gefunden [15].

Zum Gelingen der Anwendung multivariater Auswertetechniken trägt entscheidend bei, dass sich die Wellenlängenpositionen zwischen Aufnahme der Modellspektren und der Analyse nicht verändern dürfen. Dies erfordert Spektrometer mit einer guten Konstanz der Wellenlängen. In der Regel werden die

Spektrometer thermostatisiert. Darüber hinaus sollten andere Möglichkeiten zur Stabilisierung der Wellenlängenposition, die das jeweilige Spektrometer besitzt (zum Beispiel Rekalibration mit Hg-Dampflampe oder Neonspektrum) genutzt werden. Im Algorithmus von FACT wird automatisch ein Abgleich mit Argonlinien zur Korrektur von etwaigen Wellenlängenverschiebungen durchgeführt.

Alle Störelemente sollten als Modellspektren vorliegen. Bei FACT wird ersatzweise ein nicht berücksichtigter Interferent durch einen anderen „geschifteten“ substituiert, während bei MSF das Fehlen einer Komponente durch einen „negativen“ Kontrollpeak (s. nächsten Abschnitt) angezeigt wird. Bei großem Abstand zur Analyselinie kann man in einigen Software-Paketen einen Teil des Spektralbereichs ausblenden, um nicht für alle Interferenten Spektren aufnehmen zu müssen. Dies ist aber nur dann erfolgreich, wenn der Interferent keinen spektralen Beitrag zu dem übigen verwendeten Spektralbereich liefert.

Kontrolle

Während der Analyse können in einigen Software-Paketen das Spektrum des korrigierten Analyten oder die Spektren der Komponenten gezeigt werden. Diese dienen zur Plausibilitätskontrolle. Abbildung 3 zeigt beispielhaft solch ein Spektrum.

Fehler in der Berechnung werden am leichtesten anhand von „ungewöhnlichen“ Kontrollpeaks erkannt. Typischerweise werden beobachtet:

- Ein negativer Kontrollpeak. Er kann hervorgerufen werden durch:
 - o eine nicht berücksichtigte Störung
 - o eine Kontamination in der Lösung für das Modellspektrum
- Der Kontrollpeak ist nicht sichtbar bzw. er liegt im oberen Bereich des Fensters: die Konzentration in der Modelllösung war zu gering
- Ein Oszillographenmuster (ein negativer und ein positiver Peak jeweils etwas verschoben) ist ein Zeichen für Wellenlängenverschiebung zwischen Aufnahme der Modellspektren und Analyse

Unabhängig von der Beobachtung von Kontrollpeaks können Fehler bei der Berechnung anhand mangelhafter Präzision festgestellt werden. Diese treten auf, wenn

- o der Intensitätsunterschied zwischen Analyt und Interferent zu groß ist. Wenn der Analytpeak im Rauschen der Interferenzlinie verschwindet, sind die Grenzen der Technik erreicht
- o der Wellenlängenabstand zu gering ist (vgl. Abbildung 1). Die Rechnung ergibt nur dann einen eindeutigen Skalierungsfaktor, wenn sich die Strukturmerkmale deutlich unterscheiden. Dies bedeutet, dass eine Koinzidenz oder eine nahezu direkte Überlagerung mathematisch nicht zu

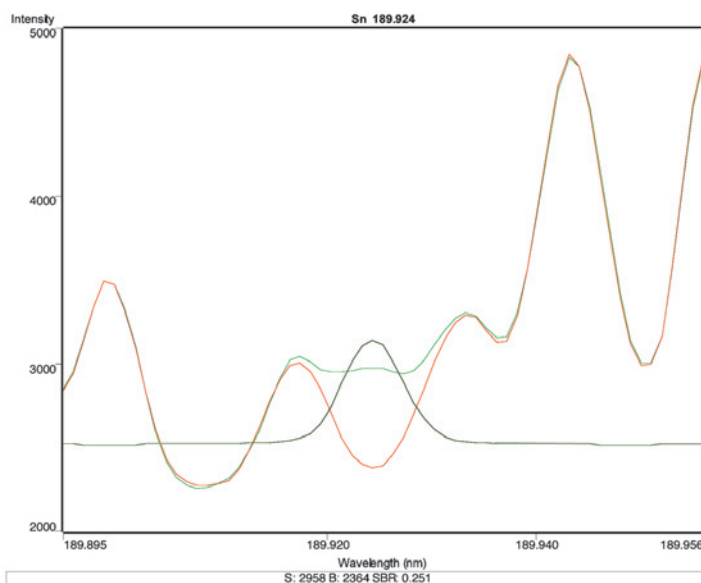
einer eindeutigen Lösung führt. Die jeweils berechnete Zahl ist ein Zufallsprodukt und mit einer großen statistischen Schwankung behaftet.

Für den zuletzt geschilderte Fall wurde die Inter-Element-Korrektur (Inter-Element Correction = IEC) konzipiert. Sie ist die hierfür einzig anwendbare Korrekturtechnik, während die multivariaten Auswertetechniken bei partiellen Überlagerungen erfolgreich sind [16]. Besonders komplexe Spektren lassen sich für Korrekturen mit der multivariaten Regression gut nutzen. Auch bei der Wiederholbarkeit und den Nachweisgrenzen schneiden die multivariaten Techniken weitaus besser ab.

Anwendungsbeispiele

Ein typisches Beispiel aus der Umweltanalytik ist die Störung der drei empfindlichen Cd-Linien bei 214, 226 und 228 nm dar, die durch Fe und As gestört sind, so dass in einer komplexen Umweltmatrix, wie zum Beispiel kontaminierten Bodenproben das Ausweichen auf eine ungestörte Linie nicht möglich ist. In Abbildung 3 ist anhand von synthetischen Lösungen gezeigt, dass auch bei Störungen auf allen Linien ein richtiges Ergebnis erzielt werden kann.

Abbildung 4: Bestimmung von Sn in W-Matrix. Das Spektrum der Probe ist grün, der Analyt Sn dunkelgrün und der Interferent W rot dargestellt. Der isolierte Kontrollpeak und die Übereinstimmung des Interferentspektrums mit dem der Probe auf beiden Seiten der Analyselinie zeigt die Plausibilität der Modellrechnung. Die Spektren wurde mit einem Varian Vista aufgenommen.



www.analytik-news.de
Das Portal fürs Labor



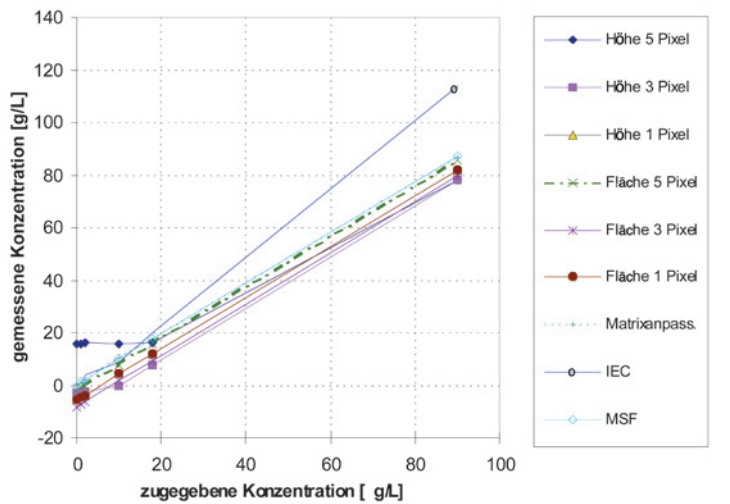


Abbildung 5: Wiederfindungsraten bei der Bestimmung von Cd in synthetischen Ni-Lösungen. Verglichen wurden verschiedene Auswertetechniken bei Vorliegen von partiellen Überlagerungen. Multivariate Auswertetechnik und Matrixanpassung weisen die besten Ergebnisse auf. Die Untersuchung erfolgte mit einem Perkin-Elmer Optima 3000 XL.

Weitaus häufiger treten Störungen auf allen potentiellen Analysenlinien in der Analyse von Metallen auf. Besonders linienreiche Matrixelemente wie zum Beispiel W sind in der OES „gefürchtet“. In Abbildung 4 ist die Bestimmung von 50 mg/kg Sn in einer Wolfram-Matrix gezeigt. Auch hier kann die nachweisstärkste Sn-Linie bei 189 nm aus den benachbarten W-Störlinien mit multivariaten Techniken herausgearbeitet werden.

Bei der Bestimmung von Cd in einer Ni-Matrix, bei der alle drei Linien durch nahegelegene Ni-Peaks gestört sind, wurden verschiedene Auswertetechniken miteinander verglichen [16]: Die Höhen- und Flächenauswertung unter Nutzung von jeweils 1, 3 und 5 Pixeln, eine Matrixanpassung zur Kompensation von spektralen Störungen, die Interelement-Korrektur (IEC) und multivariate Auswertung (MSF). Abbildung 5 zeigt, dass mit multivariater Rechentechnik die besten Wiederfindungen erzielt werden. Ähnlich gut schneidet die Matrixanpassung ab. Diese führt aber nur dann zu einem richtigen Ergebnis, wenn die Anpassung perfekt ist, was in der Routineanalytik meist nicht zu verwirklichen ist. Bei der Höhenauswertung zeigt sich, dass bei großem Fenster (5 Pixel) bei kleinen Analytsignalen ein zu hoher Messwert resultiert, der daher stammt, dass die nahegelegene Störlinie erfasst wird.

Multivariate Rechentechniken sind nicht nur sinnvoll für den Einsatz von spektralen Störungen durch Matrixelemente sondern sie können auch zur Korrektur von strukturiertem Untergrund oder von nicht-linear steigendem Untergrund (Flanke einer weiter entfernten Störlinie) erfolgreich eingesetzt werden. Selbst die Verwendung ohne Vorliegen einer

Störung ergibt Sinn, um das Nachweisvermögen etwas zu verbessern, da wegen der Nutzung von mehr korrelierender spektraler Information die Nachweisgrenzen im allgemeinen geringer ausfallen [5, 9, 16].

Literatur

- [1] J. Nölte: „ICP Emissionsspektrometrie für Praktiker“, Wiley-VCH, Weinheim 2002.
- [2] J. Nölte: „ICP-OES: Entwicklungen in den letzten 25 Jahren“, CLB Chemie in Labor und Biotechnik 51 (2000), 286–292.
- [3] M. Treige-Wegener: „DIN Taschenbuch 340: Grundlagen der instrumentellen Analytik – Normen und Norm-Entwürfe“, Beuth Verlag, Berlin 2002.
- [4] E. H. van Veen, M. T. C. de Loos-Vollebregt: „Kalman filtering of data from overlapping lines in inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry“, Spectrochim. Acta 45B (1990), 313–328.
- [5] E. H. van Veen, F. J. Oukes, M. T. C. de Loos-Vollebregt: „Some spectral interference studies using Kalman filtering in inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry“, Spectrochim. Acta 45B (1990), 1109–1120.
- [6] E. H. van Veen, M. T. C. de Loos-Vollebregt: „Application of mathematical procedures to background correction and multivariate analysis in inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry“, Spectrochim. Acta 53B (1998), 639–669.
- [7] E. H. van Veen, S. Bosch, M. T. C. de Loos-Vollebregt: „Kalman filtering approach to inductively coupled plasma atomic emission spectrometry“, Spectrochim. Acta 49B (1994), 829–846.
- [8] J. C. Ivaldi, D. Tracy, Th. Barnard, W. Slavin: „Multivariate methods for interpretation of emission spectra from the inductively coupled plasma“, Spectrochim. Acta 47B (1992), 1361–1371.
- [9] J. C. Ivaldi, Th. Barnard: „Advantage of coupling multivariate data reduction techniques with simultaneous inductively coupled plasma emission spectra“, Spectrochim. Acta 48B (1993), 1265–1273.
- [10] US Patent 6137104: Fast automated spectral fitting method.
- [11] C. Webb, A. T. Zander, P. V. Wilson, G. Perlis: „A Fast Automated Spectral Curve-Fitting Technique for ICP-AES“, Spectrosc. 14 {5} (1999), 58-63.
- [12] T. Hoß, S.-A. Ahmadi: „Einsatz simultaner ICP-OES-Mess-technik in der Umweltanalytik“, GIT Fachz. Lab. 45 (2001), 732–735.
- [13] K. Danzer, K. Venth: „Multisignal calibration in spark- and ICP-OES“, Fresenius J. Anal. Chem. 350 (1994), 339–343.
- [14] J. Nölte, S. Mann: „Probeneinführungssysteme – die Achillesferse der ICP / Teil 3: Behebung von Problemen“, Labor-Praxis 25, April 2001, 52-56.
- [15] Pers. Mitteilung: J. Hansmann, Varian, Darmstadt.
- [16] J. Nölte: „Minimizing Spectral Interferences with an Array ICP Emission Spectrometer by Using Different Strategies for Signal Evaluation“, At. Spectrosc. 19 (1999), 103–107.

CLB – Memory

Die CLB-Beilage für Ausbildung in Chemie, Labortechnik,

Chemietechnik, Biologie und Biotechnik

Juni 2002

Jugend forscht

Miesmuscheln unter Stress

Laura-Kathrin Behlich
Felix Christoph. Jarck

Chemikalien wie Kohlenwasserstoffe, Pestizide und Schwermetalle belasten unsere Küstengewässer in erheblichem Umfang. Im Rahmen biologischer Monitoring-Programme werden große Anstrengungen unternommen, die Belastungssituation und die Stress-Reaktionen mariner Organismenarten auf Umweltgifte zu beschreiben [1]. Insbesondere werden molekulare Stress-Marker gesucht, anhand derer biologische Effekte abgelesen werden können.

Das von uns untersuchte Schwermetall-Bindende-Protein (SBP) aus der Körperflüssigkeit der Miesmuschel könnte ein solcher Stress-Marker sein. Um eine Antwort auf diese anwendungsbezogene Frage geben zu können, werden zunächst grundlegende Informationen zum Aufbau und zu der Funktion dieses Proteins und des codierenden Gens benötigt.

Filtrierende Organismen wie die Miesmuschel können hohe Schwermetallkonzentrationen in ihren Geweben anreichern, die oftmals 10 000x höher liegen als die des umgebenden Meerwassers [2]. Schwermetalle werden, nachdem sie in Organismen eingedrungen sind, sofort von intrazellulären (zum Beispiel Metallothioneinen) oder extrazellulären (Serumalbumin, histidinreiches Glycoprotein, Ceruloplasmin oder Transferin) Molekülen gebunden [3] und damit

für die Zellen unschädlich gemacht. Diese Erkenntnisse beziehen sich meist auf Säugetiere, insbesondere den Menschen. Metallothioneine sind aber auch bei der Miesmuschel *Mytilus edulis* beschrieben worden [4], über die Bindemoleküle in den Körperflüssigkeiten der Miesmuschel ist wenig bekannt.

Wir greifen in dieser Arbeit die Vorarbeit von Anna Breckwoldt und Wibke Bruer (2001) zur Präzipitationsreaktion in der zellfreien Hämolymphe der Miesmuschel nach Zugabe des Schwermetalls Zink auf. Bekannt ist, dass das Zinkpräzipitat in der Hauptsache aus einem 35000 Dalton Protein besteht, eben dem Schwermetall-Bindenden-Protein (SBP). Bei dem SBP handelt es sich um ein bemerkenswertes Protein, das nicht nur temperaturstabil ist (es übersteht Temperaturen von 90° augenscheinlich unbeschadet), sondern im nativen (nicht denaturierten) Zustand eine Behandlung mit der Protease Trypsin unbeschadet übersteht.

Ziel dieser Arbeit ist es, mehr über die Struktur des ungewöhnlichen SBP aus der Miesmuschel zu erfahren. Die Aminosäurekomposition ist bereits teilweise beschrieben worden [3]. Auffällig ist der 14%ige Anteil der Aminosäure Histidin. Cystein hingegen wurde nicht bestimmt.

Um die Aminosäuresequenz aufzuklären, haben wir die 35000 Dalton-Bande elektrophoretisch dargestellt, aus dem Gel isoliert und geblottet. Anschließend wurde

es einer Aminosäuresequenzanalyse nach dem EDMAN-Verfahren vom N-Terminus her unterzogen.

Um Sequenzinformationen aus dem „Inneren“ des SBP zu erhalten, haben wir versucht, das SBP zu fragmentieren, um eben diese Fragmente mit „neuen“ N-Termini im EDMAN-Abbau anzusequenzieren. Die mit biochemischen Methoden ermittelten Aminosäuresequenzinformationen zum SBP können in einer folgenden „Jugendforscht“-Arbeit dazu dienen, Abschnitte des kodierenden Gens mit Hilfe der Polymerasen-Kettenreaktion zu vervielfältigen und anschließend die Basensequenz zu ermitteln.

Gewinnung der zellfreien Hämolymphe

Beschafft wurden die Miesmuscheln (*Mytilus edulis*) im Fischgeschäft. Vor der Entnahme der Hämolympheflüssigkeit haben wir die Muscheln in künstlichem Meerwasser, bestehend aus Leitungswasser und 30 g/l Meersalz (Instant Ocean, Aquarium Systems) 30 min gewässert. Als Hämolymphe wird die Körperflüssigkeit der Miesmuschel bezeichnet. Sie besteht aus Hämolympheflüssigkeit und den darin befindlichen phagozytischen Zellen, die Hämozyten genannt werden. Die Hämolymphe wird mit einer Kanüle durch Punktion des hinteren Schließmuskels der Muscheln entnommen, während man die Schalen mit einem Keil offen hält. Insgesamt haben wir aus einem Kilogramm Miesmuscheln 17 ml Hämolymphe gewonnen. Die Hämolymphe wurde zusammengekippt (gepoolt) und zur Entfernung der Hämozyten 10 min bei 1500 rpm in einer Tischzentrifuge (Festrotor) geschleu-

dert. Dabei werden die Zellen sedimentiert (pelletiert), mit dem zellfreien Überstand wurde weitergearbeitet.

Zink-Präzipitation der zellfreien Hämolymphe

Zellfreie Hämolympheflüssigkeit (9 ml) wurde mit 1ml Zink-Chlorid (5 mMol/l; p.A. Qualität, Sigma) vermischt und 30 min bei Raumtemperatur inkubiert. In dieser Zeit bildet sich ein milchiges Präzipitat, das mithilfe einer Tischzentrifuge niedergeschlagen wurde. Der glasklare Überstand wurde verworfen, mit dem eingeengten Präzipitat haben wir weitergearbeitet.

Vorbereitung des Zink-Präzipitats für den Protease-Verdau

DENATURIERUNG DES PRÄZIPITATS MIT MERCAPTOETHANOL: Um die Proteine des Zink-Präzipitats dem Angriff der Proteasen gut zugänglich zu machen, wurde das Präzipitat mithilfe von SDS (Sodiumdodecylsulfat, Sigma) und Mercaptoethanol (ME, Bio-Rad) denaturiert. SDS bindet an Proteine und entfaltet diese, ME zerstört bestehende S-S-Brücken innerhalb und zwischen Proteinen, so dass sich diese vollständig entfalten können. Da ein Kontakt mit dem giftigen ME durch Berührung oder Einatmen unbedingt zu vermeiden ist, wurde unter dem Abzug und mit Handschuhen gearbeitet. Die kontaminierten Flüssigkeiten wurden durch den Lehrer ordnungsgemäß entsorgt. Das sedimentierte Zink-Präzipitat wurde in 1ml Probenpuffer nach Laemmli 1970 (2% SDS, 62,5mMol Tris/HCL, pH=6,8, 0,01% Bromphenol-Blau, 5% ME; Bio-Rad) aufgenommen und 10min bei 100°C aufgeköcht.

IN-GEL-VERDAU DER 35 000 DALTON-BANDE MIT DER PROTEASE LYS-C: Für den Verdau der 35 000 Dalton-Bande im Gel mit der Protease Lys-C wurde das Protein reduziert und alkyliert [5].

Prinzip: Gel in möglichst kleine Würfel schneiden und 5min in Wasser waschen, Überstand verworfen. Unter dem Abzug einen Überschuss Acetonitril (Sigma,

A6914) hinzufügen (mit Handschuhen). Nach 10-15min sind die Gelpartikel geschrumpft und weißlich gefärbt, dieser Vorgang wird 3-4mal wiederholt. Der Überstand wird verworfen und die Gelpartikel werden in einer Dithiotreitol (DTT) – Lösung (10 mMol DTT / 0,1Mol NH₄HCO₃) bei 56°C 30min inkubiert und so die Proteine reduziert. Flüssigkeit entfernen und die Behandlung mit Acetonitril wiederholen. Acetonitril durch 55mMol Iodacetamid/0,1Mol NH₄HCO₃ ersetzen und 20min bei Raumtemperatur unter dem Dunkelsturz inkubieren. Überstand entfernen und die Gelpartikel in 150-200µl Acetonitril 15min waschen. Die Behandlung mit Acetonitril nochmals wiederholen, dekantieren und die Gelpartikel trocknen. Zum In-Gel-Verdau Gelpartikel mit Lys-C (250µg/ml NH₄HCO₃) rehydrieren, über Nacht bei Raumtemperatur inkubieren. Überstand verworfen und wieder mit Acetonitril behandeln (2mal) und den Überstand aufbewahren. Im UKE wurde der Überstand zur Entfernung des Acetonitrils in der Vakuumentrifuge getrocknet. Die Gelpartikel wurden erneut hydriert und die in dieser Flüssigkeit enthaltenen Proteinefragmente wurden mithilfe der HPLC aufgetrennt. Für den Edman-Abbau wurden die Proteine auf PVDF-Folie immobilisiert.

DIALYSE DES DENATURIERTEN PRÄZIPITATS: Um das denaturierte Präzipitat endgültig auf den Protease-Verdau vorzubereiten, wurden das Enzymhemmende Schwermetall Zink und überschüssiges ME durch Dialyse entfernt. Die Dialyse wurde mit einem Dialyseschlauch aus Zellulose (Visking, Typ 20/30, Ausschlussgrenze=10 000-20 000 Dalton; Firma Roth) durchgeführt. Der Dialyseschlauch wurde vor dem Einfüllen des Dialysegutes (=Innendialysat) 10min in A.demin. bei 100°C ausgeköcht. Der Schlauch wurde dann mit dem denaturierten Präzipitat gefüllt, an beiden Enden gut verschlossen und 5h bei 45°C unter ständigem Rühren in Dialysepuffer [100mMol NaCl, 10mMol Tris/HCL, pH=8,0, 0,1%

SDS, Bio-Rad) gehalten (bei der Protease Chymotrypsin wurde auf SDS verzichtet, da Chymotrypsin laut Herstellerangaben durch SDS gehemmt wird). Nach der Dialyse war das Innendialysat stets klar. Das Außendialysat war aufgrund der Diffusion des niedermolekularen Bromphenol-Blau leicht bläulich gefärbt.

PROTEASE-VERDAU DES DIALYSIERTEN PRÄZIPITATS: Das dialysierte Präzipitat wurde in vier parallelen Ansätzen mit folgenden Proteasen (Roche, sequencing-grade) behandelt: Thrombin (aus Rinder-Plasma, Molekularmasse 38kD, Kat.Nr. 602418), Trypsin (Rinder-Bauchspeicheldrüse, Molekularmasse 23,5kD, Kat.Nr. 1418475), Chymotrypsin (Rinder-Bauchspeicheldrüse, Molekularmasse 25,0kD, Kat. Nr. 1418467), Proteinase K (aus Tritirachium album, Molekularmasse 28,8kD, Kat. Nr. 1413783).

Vorarbeiten, die im Universitätskrankenhaus Eppendorf geleistet wurden [6] haben ergeben, dass durch Zink-Behandlung 55µg Protein/ml Hämolymphe präzipitiert werden. Wir haben das Gewichtsverhältnis Protease-Substrat so gewählt, dass – sofern nicht anders angegeben – 1µg Protease auf 20µg Miesmuschelprotein (Substrat) kommen. Die Aktivität der Proteasen wurde jeweils nach den im Ergebnisteil angegebenen Inkubationszeiten durch Aufkochen der Versuchsansätze in Laemmli-Puffer abgestoppt.

Behandlung des Zink-Präzipitats mit Säure

Obwohl heute hochreine Proteasen zur Fragmentierung von Proteinen aufgrund ihrer Spezifität vorgezogen werden, wird bei Protease-resistenten Proteinen auf die Hydrolyse durch Säure zurückgegriffen. Die Hydrolyse-Aktivität kann durch die Konzentration der Säure, Inkubationstemperatur und Inkubationsdauer beeinflusst werden. Wir haben vier parallele Versuche mit Zink-Präzipitat angesetzt (alle Chemikalien in p.A. Qualität, Merck):

1. 48h Inkubation bei 37°C mit Ameisensäure (Endkonzentration 70%), Neutralisation mit NaOH
2. 48h Inkubation bei 37°C mit Ameisensäure (Endkonzentration 70%), Entfernung der Ameisensäure durch Abdampfen
3. 4h Inkubation bei 100°C mit Ameisensäure (Endkonzentration 20%), Neutral. mit NaOH
4. 96h Inkubation bei 37°C mit Salzsäure (Endkonzentration 2Mol/l), Neutral. mit NaOH

Elektrophorese

Unbehandeltes Zink-Präzipitat, die Protease-Verdauung und die Säurehydrolyse-Ansätze wurden zur Vorbereitung auf die Elektrophorese (SDS-Page=Sodiumdodecylsulfat-Polyacrylamid-Gel-Elektrophorese) in Laemmli-Puffer aufgekocht (10min, 100°C). Alle Proben waren nach dieser Behandlung klar, enthielten also kein ausgefallenes Protein.

VERSUCHSPRINZIP: Die Elektrophorese zur Trennung von Proteingemischen beruht auf dem einfachen Versuchsprinzip, dass elektrische geladene Moleküle im Gleichspannungsfeld auf die Elektrode mit der entgegengesetzten Ladung zuwandern. Damit die Moleküle nicht auf die Elektroden auftreffen, ist zwischen Plus- und Minus-Pol ein Gel gespannt. Proteine binden die Seife SDS zu negativ geladenen SDS-Protein-Komplexen mit konstantem Ladungs-zu-Masse-Verhältnis (1,4g SDS/1g Protein in 1% SDS-Lösung). Die Raumstruktur der Proteine wird dabei zerstört (Denaturierung), sie können dann im porösen Gel, das wie ein molekulares Sieb wirkt, rein nach ihrer Molekularmasse aufgetrennt werden. Im Gleichspannungsfeld wandern kleinere Proteine schneller als größere, die unterschiedlichen Protein-Spezies konzentrieren sich dabei zu Banden auf, die mit Hilfe einer Proteinfärbung sichtbar gemacht werden können [7].

VERSUCHSDURCHFÜHRUNG: Zur elektrophoretischen Auftrennung unserer Proben wurde das Mini-Protean-3 vertikal-Elektrophorese-

System (Bio-Rad) verwendet (alle Elektrophorese-Artikel wurden soweit nicht anders vermerkt ebenfalls von der Firma Bio-Rad bezogen); es wurde nach den Angaben des Herstellers verfahren. Es wurden zwei verschiedene Gel-Typen (zur Gefahrstoffvermeidung als Fertiggele bezogen) verwendet: 12% Tris/Glycin-Polyacrylamid-Gele (10 Taschen) zur Auftrennung von Proteinen mit einer Molekularmasse von 14-97kD und 16,5% Tris/Tricin-Polyacrylamid-Gele (10 Taschen) zur Auftrennung von Proteinen mit einer Molekularmasse von 1,4-26kD. Als Elektrophorese-Puffer wurde im Tris/Glycin System ein Tris/Glycin/SDS-Puffer [25mMol Tris, 192mMol Glycin, 0,1% SDS (w/v); mit HCL auf pH=8,3 eingestellt] verwendet und im Tris/Tricin System ein Tris/Tricin/SDS-Puffer [100mMol Tris, 100mMol Tricin, 0,1% SDS (w/v), pH=8,3].

Die Proteine sind unter den angegebenen Puffern negativ geladen und wandern zum Plus-Pol. Als Spannungsgeber diente das Power-Pack 300. Aufgrund der in unserer Arbeitsgruppe geleisteten Vorarbeiten [6] wußten wir, dass eine Probenmenge von 10µl in die Taschen der Gele pipettiert, eine ausreichend hohe Konzentration Zink-präzipitierter Proteine enthält, so dass diese durch Coomassie-Blau Färbung sichtbar gemacht werden können, also die Nachweisgrenze des Färbeverfahrens nicht unterschritten wird. Um die Molekularmasse der Probenproteine abschätzen zu können, wurde ein vorgefärbter Molekulargewichts-Standard (low range, 14,4-97,4kD verwendet), der es ermöglicht, schon während der Elektrophorese die Auftrennung zu beobachten. Die Stromstärke wurde konstant gehalten (40mA), die Spannung lag beim Start der Elektrophoresen im Bereich von 70-80V und stieg im Verlauf der 80minütigen Laufzeit auf bis zu 160V an.

NACHBEHANDLUNG DER GELE: Nach der Elektrophorese wurden die Gele vorsichtig von den beiden Kunststoffplatten der Gelkassetten

abgelöst und dann 3x in A.demin. (jeweils 5min) zur Entfernung des SDS gewaschen. Dann wurden die Gele zur Fixierung und Sichtbarmachung der Proteinbanden in dem Proteinfärbemittel Coomassie-Brilliant Blue G-250 (zur Gefahrstoffreduzierung ohne Methanol), das als Fixierungsmittel Essigsäure enthielt, übernacht inkubiert. Laut Angaben des Herstellers beträgt die Nachweisgrenze 8ng Protein/Bande in Mini-Page-Gel (10 Taschen). Um die Hintergrundfärbung zu vermindern, wurden die Gele nach dem Färben in A. demin. gewaschen und nach der Klärung fotografiert.

Ermittlung der N-terminalen Aminosäuresequenz

WESTERN-BLOT: Um das Protein im Bereich der auffälligen 35 000-Dalton-Bande des Zink-Präzipitats aus dem SDS-Page-Gel zu isolieren und dann einem Edmann-Abbau zur Aminosäuresequenzierung zu unterwerfen, wurde zunächst ein nicht fixiertes und nicht gefärbtes Gel einem Elektroblothing unterzogen. Dabei wird das Gel „quer“ zur ehemaligen Laufrichtung einer Gleichspannung ausgesetzt, so dass die darin befindlichen Protein-Banden aus dem Gel „wandern“; die aus dem Gel tretenden Proteine werden von einer Blot-Membran abgefangen, auf der sie haften bleiben. Das Protein-Banden-Muster des Gels findet sich nach Anfärbung auf der Blot-Membran wieder.

Verwendet wurde ein Tank-Blot (Mini-Transblot-Elektrophorese-Zelle, Bio-Rad). Die PVDF (Polyvinylidenedifluorid)-Blot-Folie wurde 5min in Methanol gehalten, um sie benetzbar zu machen. Dann wurde sie auf das SDS-PAGE-Gel (das zuvor 10min in Blot-Puffer gehalten wurde) gelegt, wobei darauf geachtet wurde, dass keine Luftblasen eingeschlossen werden. Auf beide Seiten des Sandwiches wurde je ein Spezial-Papier und dann je ein Kunststoff-Pad (die zuvor ebenfalls 10min in Blot-Puffer gelagert wurden) gelegt. Das Ganze wurde dann in die Gelhalte-Kassette eingespannt, diese wurde in die Blot-Zelle gebracht, die dann in den

1	2	3	4	5	6
N	P	V	D	D	H
7	8	9	10	11	12
Q	N	D	D	H	H
13	14	15	16	17	18
D	A	P	I	V	G
19	20	21	22	...//... C-Terminus	
H	H	D	A		

Tab1: N-terminale Aminosäuresequenz des SBP. 22 Aminosäurepositionen konnten mithilfe des Edman-Abbaus identifiziert werden. Die Aminosäuren sind im Einbuchstaben-Code angegeben (N = Asparagin, P = Prolin, V = Valin, D = Asparaginsäure, H = Histidin, Q = Glutamin, K = Lysin, A = Alanin, I = Isoleucin, G = Glycin). 1,2,3 ... = Aminosäureposition; fett = N-Terminus

Blot-Tank mit Blot-Puffer (25mMol Tris/HCl Puffer pH=8,3, 192mMol Glycin, 0,1% SDS, Bio-Rad) gestellt wurde. 60min wurde bei konstanter Stromstärke (350mA) geblottet; die Spannung betrug zu Beginn des Blottens 100V, bei Abbruch 58V.

Die aus dem Sandwich befreite PVDF-Membran wurde 5min in A. demin. gehalten und dann einer Proteinfärbung (Coomassie-Brillant Blau G-250, Bio-Rad) unterworfen, bis die transferierten Protein-Banden sichtbar wurden. Die Folie wurde dann luftgetrocknet, die 35000-Dalton-Bande scharf ausgeschnitten.

EDMAN-ABBAU UND HPLC ZUR AMINOSÄURESEQUENZIERUNG: Die PVDF-Schnipsel wurden Herrn Dr. F. Buck (Institut für Zellbiochemie und klinische Neurobiologie, Universitäts-Krankenhaus Hamburg-Eppendorf) übergeben, der freundlicherweise die N-terminale Aminosäure-Bestimmung mittels Edman-Abbau und Identifizierung der abgespaltenen Aminosäuren mithilfe der HPLC (High-Perfor-

mance-Liquid-Chromatographie) vorgenommen hat.

Analyse des Proteins

Informationen über die Aminosäuresequenz von Proteinen werden heutzutage bei gut untersuchten Arten meist mithilfe molekularbiologischer Verfahren abgeleitet. Da nach unseren Recherchen zum SBP aus der Miesmuschel keine Aminosäuresequenzinformationen vorliegen, wird in dieser Arbeit der „klassische biochemische Weg“ über die Präparation des SBP mithilfe der Elektrophorese und des Western-Blots zum Zwecke eines anschließenden Edman-Abbaus zur Aminosäuresequenzanalyse besprochen.

Die elektrophoretische Darstellung des Proteins

Das Präzipitat, das nach Zink-Behandlung aus der zellfreien Hämolymphe der Miesmuschel ausfällt, wurde elektrophoretisch mithilfe einer SDS (Sodiumdodecylsulfat)-Page (Polyacrylamid-Gelelektrophorese) aufgetrennt. Nach Proteinfärbung mit Coomassie-Blau weist das Elektropherogramm in den Spuren 4-6 eine auffällige Bande auf (Abb. 1). Es handelt sich um die Bande des schwermetallbindenden Proteins (SBP). Die Bande liegt in einem Molekulargewichtsbereich von 28,8-34,3kD (vgl. Spur 3).

Western-Blott-Präparation

Das im SDS-Page-Gel befindliche SBP wird mithilfe des Elektro-Blottings nach Anlegen einer Gleichspannung aus dem Gel auf eine

PVDF-Folie übertragen. In Abb. 2 ist die Blot-Folie (PVDF) nach dem Blotten und nach einer Proteinfärbung gezeigt. Die Eichproteine des Molekulargewichtsstandards (Spur 3, Spur 8) sind gut auszumachen. Die Banden des SBP (Spur 4-7) sind auf der Photographie der Folie leider nicht mehr zu erkennen, mit bloßem Auge waren sie hingegen noch auszumachen.

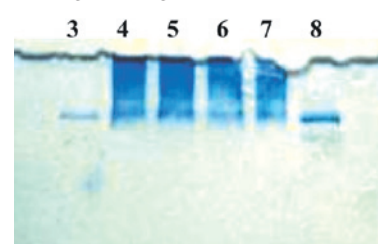
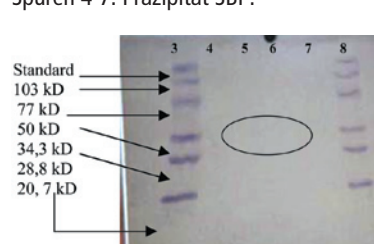
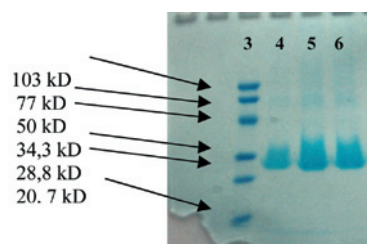
Die Lage der Banden wurde nachträglich auf der Photographie markiert. Zur Kontrolle der Effektivität des Blottens wurde das bislang ungefärbte SDS-PAGE-Gel nach dem Blotten einer Proteinfärbung unterzogen. In Abb. 3 ist zu erkennen, dass sowohl die Banden des SBP (Spur 4-7) als auch die Banden des Standards (Spur 3, Spur 8) durch das Blotten aus dem Gel entfernt wurden. Wir haben die Bande des SBP aus der PVDF-Folie scharf ausgeschnitten und ansequenzieren lassen (s.u.). Die Bande des SBP ist wegen ihrer schwachen Anfärbbarkeit wohl mit dem bloßen Auge, leider aber nicht auf der Photographie zu erkennen. Sie liegt in dem markierten Bereich der Spuren 4-7. (Die Benennung der Spuren bezieht sich auf das Elektropherogramm in Abb. 3).

Edman-Abbau

Die Banden des SBP wurden aus der Blot-Folie scharf ausgeschnitten und dann einer Analyse im Edman-Abbau unterzogen. Dabei reagiert die freie Aminogruppe der N-termin-

Abb. 3: SDS-Page-Gel nach dem Blotten. Das SBP (Spur 4-7) wurde auf die Blot-Folie übertragen, die entsprechenden Banden sind im Elektropherogramm nicht mehr zu erkennen. Gleiches gilt für den Molekulargewichtsstandard (Spur 3, Spur 8). Das Gel, das in ungefärbtem Zustand geblottet werden muß, ist nach dem Blotten zur Kontrolle einer Proteinfärbung unterzogen worden.

Abb. 1: Unser Protein (SBP) hat eine Molekularmasse von rund 35 Kilodalton (Spur 3: Standard, Spur 4 - 6: Präzipitat SBP).



nalen Aminosäure des Proteins im Basischen mit Phenylisothiocyanat (PTH). Die Peptidbindung zwischen N-terminaler Aminosäure und der folgenden wird gelockert und man kann die Bindung unter milden Bedingungen im Sauren hydrolysieren. Das Aminosäure-Derivat wird chromatographisch identifiziert. Auf diese Weise wird eine Aminosäure nach der anderen abgespalten und bestimmt.

Wie Tab. 1 zeigt, war der Edman-Abbau erfolgreich. Das bedeutet zum einen, dass der N-Terminus des SBP nicht blockiert ist und zum anderen, dass die Proteinkonzentration der geblohteten SBP-Banden ausreichend hoch gewesen ist. Immerhin konnten 22 Aminosäure-Positionen am N-Terminus des SBP bestimmt werden.

ERZEUGUNG NEUER N-TERMINI: Lässt sich das schwermetallbindende Protein fragmentieren? Um noch mehr Aminosäuresequenzinformationen mithilfe des Edman-Abbaus zu gewinnen, müssen neue N-Termini erzeugt werden. Zur Fragmentation des SBP wurden zwei Methoden eingesetzt: Proteaseverdau und Hydrolyse mit Säure. Um herauszufinden, ob die Fragmentation des SBP geglückt ist, wurden die Fragmentationsansätze mithilfe der SDS-Page analysiert.

Behandlung des SBP mit Proteasen

1. Thrombin (Abb. 4): Das Elektropherogramm (SDS-Page) zeigt die Bande des SBP auch nach Inkubation des Präzipitats mit der Protease Thrombin (Spur 3, Spur 5), gleiches gilt für BSA (Rinderserumalbumin, Spur 7). Inkubiert wurde bei Raumtemperatur.
2. Trypsin (Abb. 5): Das Elektropherogramm (SDS-Page) zeigt, dass die Bande des SBP nach Inkubation des Präzipitats mit der Protease Trypsin noch vorhanden ist (Spur 5, Spur 8). BSA (Rinderserumalbumin, Spur 4) wird nicht vollständig verdaut. Inkubiert wurde bei Raumtemperatur und niedriger Trypsin-Konzentration.

3. Chymotrypsin: (Abb. 6): Das Elektropherogramm (SDS-Tris/Tricin-Gel) zeigt, dass die SBP-Bande nach der Inkubation des Präzipitats mit der Protease Chymotrypsin (Spur 9) im Vergleich zum unbehandelten Präzipitat (Spur 6) nur noch schwach zu erkennen ist. Trypsin und Thrombin vermögen dies jedoch nicht, auch wenn deren Konzentration im Unterschied zu Abb. 4 und Abb. 5 verdoppelt und bei 37° C inkubiert wurde (Spur 7, Spur 10). Lys-C verdaut das Präzipitat vollständig.
4. Proteinase K (Abb. 7): Nach Inkubation des Präzipitats mit der Protease ist die SBP-Bande im Elektropherogramm nicht mehr zu erkennen (Spur 7, Spur 8), gleiches gilt für BSA (Rinderserumalbumin, Spur 3, Spur 4)

Behandlung mit Säure

Um die Proteine der SBP-Bande vollständig in Fragmente zu zerlegen (was mit der Protease Chymotrypsin lediglich teilweise gelungen scheint), haben wir das Präzipitat der Säure-Hydrolyse unterzogen.

- a) mit Ameisensäure 70% bei 37°C, 48h ohne Neutralisation
- b) mit Ameisensäure 70% bei 37°C, 48h mit Neutralisation
- c) mit Ameisensäure 20% bei 100°C, 4h mit Neutralisation
- d) mit Salzsäure 1Mol/l bei 37°C, 96h mit Neutralisation

Nach einer Säurebehandlung (Abb. 8) sind keine Banden im Bereich von 35000 kD mehr zu erkennen. Sowohl Ameisensäure als auch Salzsäure vermögen das SBP zu fragmentieren. Nach einer Behandlung des Präzipitats mit Ameisensäure (Spur 2 - 4) sowie Salzsäure (Spur 5) ist die SBP-Bande, die beim unbehandelten Präzipitat zu erkennen ist (Spur 10), aus dem Elektropherogramm (SDS-Tris-Tricin-Gel) verschwunden. Leider finden sich aber im niedermolekularen Bereich auch keine Banden mehr wieder, die Fragmente lassen sich elektrophoretisch nicht darstellen.

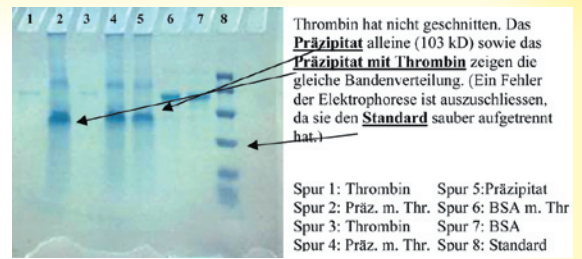


Abb. 4: Thrombin verdaut das SBP nicht.

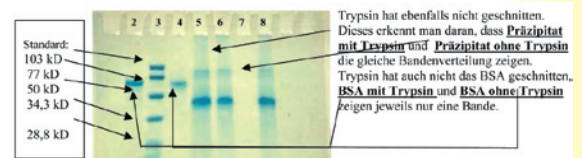


Abb. 5: Trypsin verdaut das SBP nicht. (2: BSA ohne Trypsin, 3: Standard, 4: BSA mit Trypsin, 5, 8: Präzipitat mit Trypsin, 6: Präzipitat ohne Trypsin, 7: Trypsin)

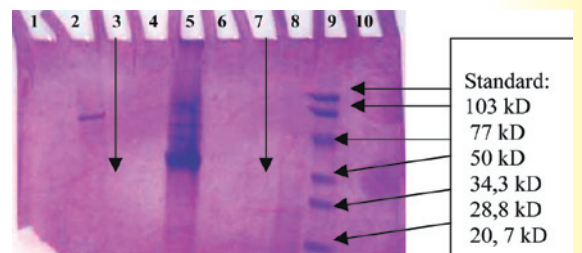
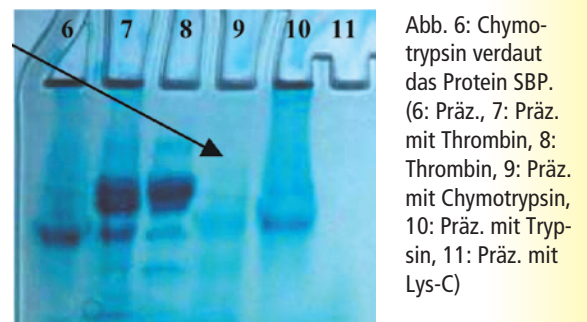
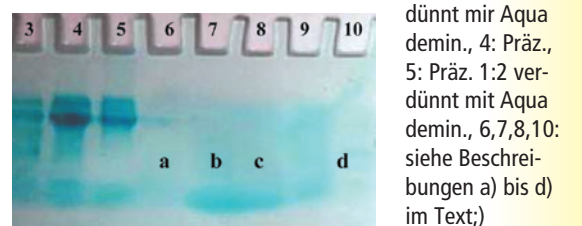


Abb. 7: Proteinase K vermag SBP vollständig zu verdauen. Hier erkennt man, dass in Proteinase K inkubiertes Präzipitat sowie BSA keine Bande mehr zeigen. (2: BSA, 3, 4: BSA mit Proteinase K, 5: Präzipitat, 6: Proteinase K, 7, 8: Präzipitat mit Proteinase K, 9: Standard)



Edman-Abbau der Lys-C-Fragmente

Nach dem Lys-C-Verdau wurden die Fragmente des SBP getrennt und tropfenweise gesammelt. Die in den Tropfenfraktionen enthaltenen Proteinfragmente wurden auf PVDF-Folie immobilisiert und dann die Aminosäuresequenz mit dem Edman-Verfahren festgestellt. In einer dieser Tropfenfraktionen wurde folgende Aminosäuresequenz ermittelt:

N – Terminus ...// Q - L - H - E - E - V - E - Y - F - K ...//.. C – Terminus

(Q=Glutamin, L=Leucin, H=Histidin, E=Glutaminsäure, V=Valin, Y=Tyrosin, F=Phenylalanin, K=Lysin)

Das SBP wurde durch die Protease Lys-C im Gel verdaut, die mit HPLC dargestellten Fragmente wurden im Edman-Abbau ansequenziert.

Diskussion

Nachdem wir das SBP elektrophoretisch isoliert hatten, wurde das aus dem Gel extrahierte Proteinmaterial einem Edman-Abbau unterzogen. Mit dieser klassischen Methode der Biochemie kann man im besten Fall rund 40 Aminosäurepositionen vom N-Terminus eines Proteins her bestimmen.

Am SBP konnten 22 Aminosäurepositionen bestimmt werden. Unsere Befürchtungen, dass der N-Terminus unseres Proteins durch chemische Modifikation blockiert und deshalb nicht ansequenzierbar ist, bestätigten sich also nicht. Zudem können wir davon ausgehen, dass es sich bei dem von uns präparierten Eiweiß um eine Proteinspezies handelt. Folgende Sequenz wurde ermittelt:

N-Terminus-N-P-V-D-D-H-Q-N-D-D-H-H-D-A-P-I-V-G-H-H-D-A...C-Terminus.

Auffällig an der Sequenz sind insbesondere die Position 2 und Position 15, an denen sich die Aminosäure Prolin (P) befindet. Zusätzlich tritt an 14. Position die Aminosäure Alanin (A) auf. Das A-P Motiv tritt nämlich ebenfalls am N-Terminus der Botenstoffe Interleukin-1 β , Interleukin-2 so-

wie Erythropoetin auf; bekannt ist, dass dieses Motiv evolutionär konserviert wurde. Ein Grund dafür könnte darin liegen, dass dieses Motiv Proteine gegen unspezifischen Abbau durch Exoproteasen vom N-terminus her schützt [8] und dadurch die biologische Halbwertszeit des Moleküls in der Körperflüssigkeit der Miesmuschel verlängert.

Bemerkenswert ist auch die Wiederholung des Motivs: Asparaginsäure-Asparaginsäure-Histidin an 4., 5. und 6. Position bzw. Asparaginsäure-Asparaginsäure-Lysin an 9., 10. und 11. Position. Allgemein fällt auf, dass ein Großteil der identifizierten Aminosäuren in unserer Sequenz sauer wirkt. Es tritt oft Asparaginsäure auf. Interessant wäre es nun herauszufinden, ob der hohe Anteil saurer Aminosäuren auch im Rest des 35000 D Proteins zu beobachten ist. Um weitere Sequenzinformationen zum SBP zu bekommen, versuchten wir, unser Protein mithilfe von Proteasen und Säure zu fragmentieren.

Die von uns eingesetzten Endoproteasen unterscheiden sich in ihrer Spezifität, eine Säure-Hydrolyse greift eher unspezifisch an, wobei allerdings bekannt ist, dass insbesondere das Aminosäuremotiv D-P (Asparaginsäure-Prolin) säurelabil ist und bevorzugt hydrolysiert wird. Zum Verdau unseres SBP setzten wir die Proteasen Thrombin, Trypsin, Chymotrypsin und Proteinase K ein (die Spezifität der Proteasen nimmt von links nach rechts ab).

Durch Variation der Inkubationszeiten und -temperaturen haben wir den Proteasen möglichst gute Bedingungen beim Verdau zu bieten versucht. Allein die Proteasen Chymotrypsin, Proteinase K und Lys-C haben unser SBP angreifen können. Das Elektropherogramm des Chymotrypsinansatzes zeigt eine starke Abschwächung der 35000 Dalton-Bande des SBP, die Bande war nach einer Behandlung mit Proteinase K nicht mehr vorhanden.

Leider ließen sich aber im niedermolekularen Bereich keine

Banden mehr auffinden, unser Ziel, weitere Fragmente mit neuen N-Termini für den Edman-Abbau zu isolieren, konnten wir elektrophoretisch nicht erreichen. Festzuhalten ist aber, dass sich unser SBP als relativ proteaseresistent erweist, wodurch ebenfalls seine biologische Halbwertszeit in den Körperflüssigkeiten der Miesmuschel verlängert sein dürfte.

Bei der Proteinase K waren die Ergebnisse für uns eigentlich nicht überraschend, da diese Protease sowohl als Endo- als auch als Exoprotease wirkt und Proteine vollständig in Aminosäuren hydrolysieren kann. Chymotrypsin schneidet Peptidbindungen spezifisch, insbesondere C-terminal von den aromatischen Aminosäuren Tyrosin, Phenylalanin und Tryptophan.

Unser SBP besteht zu 3% aus der Aminosäure Tyrosin und zu 7% aus Phenylalanin [3]. Nimmt man aufgrund unserer elektrophoretischen Auftrennungen an, dass das SBP eine Molekularmasse von 35000 D besitzt, enthält es 25x Phenylalanin und 11x Tyrosin. Dass Chymotrypsin dennoch nicht vollständig verdaut hat, könnte daran liegen, dass sich ein Teil der SBP-Moleküle nach der Denaturierung wieder in sich und untereinander zusammengelagert haben, wodurch die Schnittstellen unzugänglich wurden.

Unsere Säurehydrolysen waren insofern erfolgreich, als die 35000 D Bande nach Behandlung des SBP mit Säure im Elektropherogramm stets verschwunden war. Leider fanden sich aber auch im niedermolekularen-Bereich keine Banden wieder. Entweder waren die erzeugten Fragmente zu klein, um elektrophoretisch darstellbar zu sein, oder die Zahl der erzeugten Fragmente war so groß, dass die Nachweisgrenze unseres Färbefahrens stets unterschritten wurde.

Konstruktion von Primern

Wir haben von den beiden Aminosäuresequenzen des SBP nach den Regeln des genetischen Codes

Oligo – Nukleotid – Primer für die Polymerasekettenreaktion (PCR) formuliert:

5' → 3'

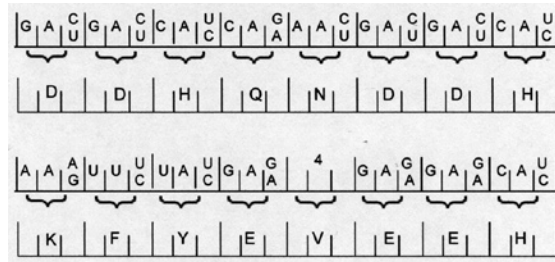
1. Oligo

N-Terminus...//D-D-H-Q-N-D-D-H//...C-Terminus

2. Oligo

C – Terminus...//K-F-Y-E-V-E-E-H//...N- Terminus

Abb. 9: Ableitung degenerierter Oligo-Nukleotid-Primer von den von uns ermittelten Aminosäuresequenzen des SBP. Oben sind die Basensequenzen aus der N-terminalen Aminosäuresequenz zu sehen, unten diejenigen der Sequenz aus dem „Inneren“ des Proteins. Aufgrund der Degeneriertheit müssen alle möglichen Basensequenzen synthetisiert werden. Das bedeutet für das erste Oligo-Nukleotid, dass 256 verschiedene Primersequenzen synthetisiert werden müssen.



Literatur

- [1] Verbundprojekt Biological Effects of Environmental Pollution in Marine Coastal Ecosystems – <http://beep.proxpod.com/centre.html>.
- [2] Coles, A. et.al., in Disease of aquatiy organism, 22, 55-56, 1995
- [3] Nair, P., Robinson, W., in: Archives of Biochemistry and Biophysics, Vol. 366, No1, 8-14, 1999
- [4] Roessijadi, G., in: Aquatic toxicol. 22, 81-114, 1992
- [5] EMBL Protein and Peptide Group, 1997 (www.embl-heidelberg.de)
- [6] Breckwoldt, A., Bruer, W., Jugend forscht 2001
- [7] Pingrud, A., Urbanke, C. Arbeitsmethoden der Biochemie, W. d. Gruyter Verlag, Berlin, 1997
- [8] Vanhoof, G. et.al., in The FASEB journal, 9, 736-744, 1995

Reaktionen auf Artikel des CLB-Memory

Zu: Labortipps (15), Ausgabe März 2002

Jürgen Schmitz, Hilden, schreibt: *Mit der 15. Folge – so schreibt Reinhold Ellmer – soll die Reihe „Labortipps“ abgeschlossen sein. Mir drängt sich der Eindruck auf, dass diese Entscheidung sehr weise war. Die Tipps der 15. Folge beschreiben sehr häufig den ganz normalen Ausbildungsstand eines durchschnittlichen Chemielaboranten. Viele Tipps kann man nur als trivial bezeichnen. Sie wirken so, als wolle jemand einem alten Fahrensmann erklären, wozu das Steuerrad diene... Für mich steht zumindest diese 15. Folge im krasen Gegensatz zu den sonst fachlich so anspruchsvollen Beiträgen Ihrer Zeitschrift.*

Reinhold Ellmer, bis März für CLB-Memory verantwortlich, antwortet: *Es ist richtig, dass die Beilage in der CLB seit 46 Jahren für die Ausbildung gedacht ist. Das ändert aber nichts daran, dass hier wie im weißen Teil von CLB und wie in allen Fachzeitschriften unterschiedlich vorgebildete Leser*

angesprochen werden, um die Publikation möglichst interessant zu machen. Es kommt auf den einzelnen Leser an, was er als neu und interessant empfindet. Wenn Schüler und Auszubildende das schon wissen, was die Labortipps brachten, dann haben wir Pech gehabt. Vielleicht gibt es aber auch junge Chemieinteressierte, die es noch nicht wissen.

Dr. Wolfgang Werner, Autor der Labortipps, antwortet: *In der Beurteilung, dass die Labortipps zum Ausbildungsstand gehören, bin ich mit Ihnen einig, nur leider muss ich „gehören“ zu „gehören sollte“ modifizieren. Als langjähriges Mitglied der Prüfungskommission der IHK Münster, auch als dessen Vorsitzender, musste ich leider häufig feststellen, dass die in den Labortipps aufgeschriebenen Selbstverständlichkeiten nicht zum selbstverständlichen Rüstzeug der Chemielaboranten gehörten.*

(Alle Zuschriften auf dieser Seite wurden redaktionell gekürzt.)

Zu: Kohlenstoffverbindungen im Raum (Teil 3) Kohlenhydrate, Ausgabe Mai 2002

Errata: Versehentlich kam in dem vergangenen CLB-Memory die nicht korrigierte Version des Artikels von Wolfgang Werner zum Abdruck. Insbesondere die Abbildungen wiesen Fehler auf. Wir werden diese daher in einer Folgeausgabe noch einmal vollständig abdrucken.

Dr. Martin Elhardt, München, bemerkte weiterhin: *a) Wo ist in Molekülen oben, wo unten? b) Bei Cyclohexan oder Glucopyranose von Molekülebene zu sprechen ist doch sehr abwegig. c) Die Begründung für die Bezeichnung α bei der Glucose dürfte nicht so ganz der Wahrheit entsprechen. d) Was ist eine Mutoxitation (vermutlich Mutarotation?) oder ein Glycerid (vermutlich ein Glycosid)? Auch wenn es schwer fällt, von alten Gewohnheiten abzugehen, sollten die richtigen Begriffe verwendet werden: Amyloseketten haben eine schraubenförmige (statt: spiralige) Sekundärstruktur.*

Dr. Hartmut Hallstein, Berlin, und Winfried Buerschafer, Poxdorf, merken an: *Selbstverständlich reagiert Fructose (über die Keto-Enol-Tautomerie) mit Fehlings Reagenz, sogar noch etwas schneller als Glucose! Ebenso reagiert Fructose mit Tollens Reagenz; Saccharose reagiert nicht.*

Um die „Gelben Seiten“ inhaltlich noch mehr Ihren Wünschen anzupassen, bitten wir Sie hier, uns etwas über sich und Ihre Vorstellungen zu diesem Teil der CLB mitzuteilen. Faxen Sie einfach die ausgefüllte Seite an

06223 97 07 41

oder schicken Sie sie uns per Post. Selbstverständlich werden Ihre Angaben vertraulich behandelt. Wenn Sie auch das Adressfeld ausfüllen, winkt Ihnen bei Wahrung des **Einsendeschlusses vom 5. Juli 2002** ein Superpreis im Wert von ca. 300 Euro: Das Programm „ConceptDraw 1.71“ für Windows und Macintosh (siehe unseren Bericht in der April-Ausgabe, Seite 154).

Persönliche Angaben:

Sie sind

in Ausbildung zu _____

Ausbilder,
Lehrer für _____

Sonstiges _____

a) weiblich b) männlich

Alter	< 20	20-40	40-60	> 60
-------	------	-------	-------	------

Name:

Straße:

PLZ/Ort:

Telefon:

email:

Kommentare:



...das könnte
Ihr Preis sein!

Die CLB-Memory-UMFRAGE 2002:

Wünschen Sie Grundlagen in				
	eher nicht	manchmal	bevorzugt	unbedingt
Chemie				
Biologie				
Pharmazie				
Physik				
Mathematik				
Informatik				
Umwelttechnik				
Arbeitsschutz				
Englisch				
Sonstiges:				
Welche Form bevorzugen Sie?				
Übersichtsartikel				
Fortsetzungsartikel				
Kurzrubriken (z.B. Tipps)				
Prüfungsfragen				
Sonstiges:				
Wünschen Sie Informationen zu				
historischer Entwicklung				
Versuchen				
Jugend-/Frauenthemen				
Software-Bedienung				
Ausbildungsmöglichkeiten				
oder mehr Rätsel, Witze, Sonstiges:				

Jugend forscht

Mächtige Muscheln und kompostierbarer Kunststoff

„Wir geben für Bildung weniger aus als wir uns leisten können“, gab Bundespräsident Johannes Rau anlässlich der Preisverleihung des 37. Bundeswettbewerbs „Jugend forscht“ in Darmstadt zu und freute sich, dass auch die Bundesregierung neben Wirtschaft und Schule wieder zum Erfolg der Jungforscher beitragen konnte. Es wurden Preise im Gesamtwert von 150 000 Euro und etliche Sonderpreise vergeben. 15 der insgesamt 112 Projekte starteten in der Kategorie Chemie. Dort gewann die Gemeinschaftsarbeit von Laura-Kathrin Behlich (17) und Felix Christoph Jarck (20), die wir in diesem CLB-Memory vorstellen.

Ende Mai trafen sich 213 Teilnehmer, um Projekte aus acht Fachgebieten vorzustellen. 42 Juroren beurteilten innerhalb von drei Tagen die Forschungsbemühungen aus den Bereichen Arbeitswelt, Biologie, Chemie, Geo- und Raumwissenschaften, Mathematik/Informatik, Physik, Technik und Interdisziplinäres. Alle Teilnehmer im Alter von elf bis 22 Jahren waren bereits Sieger auf Regional- und Landesebene und traten hier erneut in Konkurrenz.

„Miesmuschel mit Schwermetallfilter – Aminosäuresequenz eines Proteins aus der Miesmuschel“ nannten die Chemie-Sieger Behlich und Jarck ihr Gemeinschaftsprojekt (Abbildung 1). Sie untersuchten die Struktur eines Proteins aus der Körperflüssigkeit der Miesmuschel, das Schwermetalle außergewöhnlich fest bindet und so möglicherweise als molekularer Stress-Marker dienen könnte. Die Jury beeindruckte das exzellente Fachwissen und das Geschick der beiden jungen Forscher, die „mit anspruchsvollen Methoden der Biochemie den Weg zum empfindlichen Monitoring von Umweltbelastungen durch Schwermetall

in Küstengewässern wiesen“. Das Gymnasium Othmarschen half bei vielen praktischen Problemen und das Institut für Zellbiochemie und Klinische Neurobiologie am Universitäts-Krankenhaus Hamburg-Eppendorf bei der Bestimmung der Aminosäuresequenz.

Es sei das Wichtigste, dabei zu sein und auch freundschaftlich Kontakte zu knüpfen, beteuerte Frank Schmitt (20, Zivildienstleistender), der sein Projekt „Sehen kann man lernen – Computergestütztes Sehresttraining zur Förderung stark sehgeschädigter Kinder“ zur Beurteilung stellte. Etwas untypisch entwickelte er seine Software mit Unterstützung seines Arbeitgebers und nicht wie sonst üblich in schulischem Rahmen. Für dieses bereits im Einsatz befindliche Programm erhielt er den dritten Preis im Bereich Arbeitswelt. Mehrere Teilnehmer haben auch schon Patente für die Ergebnisse ihrer Forschung durchgesetzt; zum Beispiel die Gewinner des vierten Preises für Chemie Jan Rossa (20) und Jevgenij Raskatow (21). Mit ihrem Projekt „Fett im Scanner – Chemische Analytik – Quantifizierung von Lipiden durch hochauflösende Dünnschichtchromatographie“ erreichten sie eine verbesserte Genauigkeit der bereits bekannten Methode und die mengenmäßige Erfassung einzelner Lipide.

In ihrem Grußwort anlässlich der Preisverleihung betonte die Bundesministerin für Bildung und Forschung Edelgard Bulmahn, dass eine gute Bildung und Ausbildung nicht erst in der Lehre oder der Universität beginnen müsse, sondern bereits in Kindergarten und Grundschule. Für „Jugend forscht“ seien neben engagierten Lehren in der Schule auch bereitwillige Sponsoren wichtig. Zum Beispiel führten Hiva Vahdati (19), Marie-Sophie Kessner (18) und Katja Weigelt (18) die Analysen zu ihrem interdisziplinären



Abbildung 1: Die glücklichen Sieger der Sparte Chemie (Felix Christoph Jarck, Laura-Kathrin Behlich, Hamburg), mit ihrer Arbeit „Western-Blot und Aminosäuresequenzanalyse eines Schwermetall-bindenden Proteins aus der zellfreien Hämolymphe der Miesmuschel *Mytilus edulis*“.
(Fotos: Bulmahn)

Projekt „Mord oder Selbstmord – wie starb die Zelle? Apoptose oder Nekrose? – Untersuchungen zur Toxizitätswirkung gebräuchlicher Konservierungsmittel“ an der Universität Heidelberg durch. Björn Tiede (18), Markus Arning (18) und Nils Krahl (18) kam es dagegen besonders darauf an, in ihrem Chemie-Projekt „Wie viel Ozon ist in der Luft? Ozongehalt in der Luft – Alternative Messmethoden“ zu zeigen, was sich mit schulischen Mitteln verwirklichen lässt. Der üblichen photometrischen Methode folgend, bestimmten sie den Ozongehalt eines in einer Glasflasche selbst erzeugten Gasgemisches nicht mit einem käuflichen Photometer, sondern unter Anwendung einer eigenen Konstruktion mit Hilfe einer UV-Lampe (Abbildung 2).

Die Synthese der Polymere von Tobias Zimmermann (19), der nicht zum ersten Mal am Wettbewerb teilnahm, erfolgte bei der BASF

Abbildung 2: Die selbstgebaute Apparatur von Tiede, Arning und Krahl bestimmt Ozon wie ein Photometer.



im Rahmen eines Praktikums. Sein Chemie-Thema „In Monatsfrist verschwunden – Biologisch abbaubare Polymer-Dispersionen auf PET-Basis“ war der Jury den fünften Preis im Bereich Chemie wert. Auch Gesine Gunkel (18) beschäftigte sich nicht zum ersten Mal mit kompostierbaren Kunststoffen (Abbildung 3). Sie führte die Analysen für ihr Chemie-Projekt „Leicht verdauliche Kunststoffe – Untersuchung biologisch abbaubarer Weinsäure-Kunststoffe“ an der Georg-Herwegh-Oberschule und der FU Berlin durch. Zu den an der Schule erfolgten Untersuchungen zählten unter anderem die Bestimmung des Schmelzpunktes, des biologischen Abbaus und der Löslichkeit in verschiedenen Lösemitteln. An der FU Berlin führte sie in Zusammenarbeit mit den dortigen Wissenschaftlern eine Gel-Permeations-Chromatographie, eine Infrarot-Spektroskopie und eine Kernresonanz-Spektroskopie durch und konnte so die theoretisch aufgestellte Strukturformel des Kunststoffes überprüfen und bestätigen.

Wichtiges Beurteilungskriterium der Jury war neben der wissenschaftlichen Durchführung und guten Präsentation der Arbeit auch die Originalität der Themenwahl. Der Anstoß zu einem Projekt stammt oft aus dem regulären naturwissenschaftlichen Schulunterricht. Andere entwickeln ihre

Ideen in freiwilligen Arbeitsgemeinschaften. Der Ursprung der Biologie-Arbeit „Widersacher im Weinberg – Einfluss von nützlings-schädigenden Insektiziden auf die Vermehrung von schädlichen Milben an Weinreben“ von Dorothee Hill (19), die damit einen Sonderpreis der Stiftung „Schweizer Jugend forscht“ errang, liegt dagegen im heimischen Weinberg. Den Schweizer Sonderpreis erhielt auch Jan Wolkenhammer (20), der Biochemie studieren will. Darauf arbeitet er zielgerichtet hin und startete so sein Biologie-Projekt „Mutationen machen krank – Charakterisierung von Vasopressin-V2-Rezeptor-Mutanten“ während eines Praktikums.

Adrian Gärtner (17) und Holger Neubert (16) überlegten nach der Lektüre eines Berichtes über Patente für CD-Recycling in einer Computerzeitschrift, dass das doch ganz einfach zu machen sein müßte und bewarben sich mit dem Chemie-Thema „Silberscheibe im Wechselbad – Recycling von CDs“. Zunächst befreiten sie die CDs mit konzentrierter Essigsäure vom Lack. Nach Waschen mit Wasser lösten sie die Aluminiumschicht in Natronlauge. Zurück blieb weitgehend unverändertes Polycarbonat. Auf eine mehr physikalische Art beschäftigten sich mit CD-Recycling Yang Nashi Warouw (20), Friederike Stein (16) und Brian Schleide



Abbildung 5: Den dritten Preis im Bereich Chemie, den Preis der Merck KGaA und eine Einladung des Kuratoriums für die Tagungen der Nobelpreisträger e.V. erhielten Ullla Kellner (17) und Alexandra Krimpmann (17) aus Münster, hier zu sehen mit Prof. Dr. Bernhard Scheuble bei der Preisverleihung. In „Eins plus eins ist ungleich zwei – Wärmeleitfähigkeit von CO₂ und CO₂-Luftgemischen“ stießen sie auf ein ungeklärtes Phänomen: Gasgemische von Kohlendioxid und Luft, die einen bestimmten Anteil an Kohlendioxid unterschreiten, leiten die Wärme besser als es sich aus dem arithmetischen Mittel der Wärmeleitfähigkeiten ergibt. Die Klärung dieses Phänomens könnte zu einem besseren Verständnis des Treibhauseffektes führen, so hoffen die Schülerinnen.

(21) (Abbildung 4). In „Rettung vor dem Restmüll – Verfahren zum Entschichten von CDs für die sortenreine Aufbereitung“ arbeiteten sie mit einem Laserstrahl und gewannen so den dritten Preis im Bereich Interdisziplinäre Projekte und den Sonderpreis der Deutschen Bundesstiftung Umwelt.

Über 90 Prozent der ehemaligen Teilnehmer studieren anschließend das Fach, in dem sie am Wettbewerb teilnahmen. Studien zeigen, dass sie später hauptsächlich in Forschung und Lehre beschäftigt sind. Aber auch in der Wirtschaft sind kreative und talentierte Menschen immer gefragt, wie Prof. Dr. Bernhard Scheuble (Abbildung 5) vom gastgebenden Unternehmen Merck in seiner Rede während der Feierstunde betonte: „Fragen zu stellen, die noch keiner gestellt hat, eingefahrene Wege zu verlassen und ungewöhnliche Lösungen zu suchen, das zeugt von großer Kreativität; sie auch zu finden, das bedeutet Talent und Leistung.“

Maren Bulmahn

Abbildung 3: Gunkel mit einem Modell des von ihr synthetisierten und analysierten biologisch abbaubaren Weinsäure-Kunststoffes.

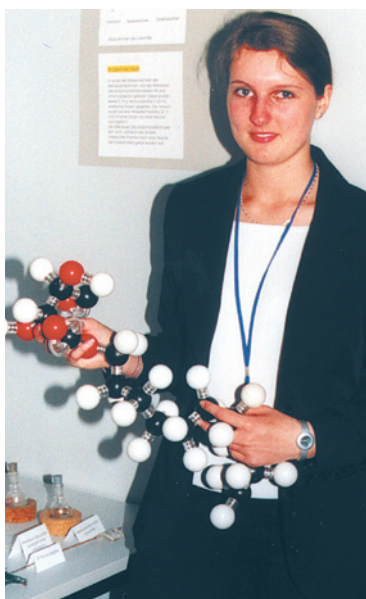


Abbildung 4: Schleide, Warouw und Stein demonstrieren ihr Laser-Verfahren zum Entschichten von CDs.



Genforschung

Bestandteile der „Alzheimer-Schere“ identifiziert

Biochemiker der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München am Lehrstuhl von Professor Dr. Christian Haass sind einen wichtigen Schritt in der Alzheimer-Forschung vorangekommen.

Alzheimer ist weltweit die häufigste Form von Demenz. Sie wird verursacht durch die Ablagerung kleiner klebriger Amyloid Moleküle im Gehirn der Patienten. Das Amyloid selbst entsteht aus einem großen Eiweiß, aus dem es mittels zweier Scheren-artiger Enzyme herausgeschnitten wird. Diese

beiden Scheren sind die primären Angriffspunkte für Medikamente gegen Alzheimer. Dr. Dieter Edbauer und Dr. Harald Steiner am Lehrstuhl Professor Haass, Leibnizpreisträger 2002, haben nun einen wichtigen Bestandteil einer der beiden Scheren erstmalig identifiziert und konnten ihn ausschalten. Ein Protein namens Nicastrin (benannt nach einem Dorf in Italien in dem die ersten familiären Alzheimer Mutationen gefunden wurden) stellt sozusagen die Schraube dar, welche die beiden Hälften der Schere zusammenhält.

Mit molekularen Tricks haben die Forscher das Gen für diese Schraube ausgeschaltet. Es stellte sich dabei heraus, dass die Schere dann in ihre Bausteine zerfällt. Gleichzeitig kam es zu einer Blockierung der Amyloid Produktion. Diese Ergebnisse zeigen nicht nur eine erste grundlegende Funktionsanalyse der pathologischen Schere, sondern demonstrieren auch, dass Nicastrin (die Schraube, welche die Schere zusammenhält) ein wichtiges Zielmolekül für die Entwicklung von Anti-Alzheimer Medikamenten darstellt.

Datenbankauswertung Dioxine

Nahrungsmittel um die Hälfte geringer belastet als vor zehn Jahren

Seit Ende der 80er-Jahre ist in Deutschland die Umweltbelastung durch Dioxine deutlich zurückgegangen – und damit auch die Belastung der Lebensmittel und der Menschen. Aber: In den vergangenen Jahren hat sich dieser Trend verlangsamt. Teilweise ist eine Stagnation oder sogar ein leichter Anstieg der Dioxinbelastung festzustellen.

Dies geht aus einer neuen Veröffentlichung zweier Berichte hervor, die erstmalig Bundes- und Länderbehörden gemeinsam erstellten. Hierzu wurden die von Bund und Ländern erhobenen Daten ausgewertet. Sie sind in der Datenbank „Dioxine“ gespeichert, die vom Umweltbundesamt (UBA) und dem Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV) gemeinsam betrieben wird.

Die Datenauswertung belegt: Die vor gut einem Jahrzehnt ein-

geleiteten administrativen und technischen Maßnahmen zeigen Erfolg. Neueinträge an Dioxinen in die Umwelt konnten drastisch reduziert werden. Immissionsmessungen ergaben zum Beispiel, dass die Spitzenbelastungen im Winter seit Anfang der neunziger Jahre ungefähr halbiert wurden. Ablagerungs-Messungen sowie Daten des Biomonitorings bestätigen die abnehmenden Dioxinbelastungen. Auch die Futtermittel und letztlich die Lebensmittel sind heute geringer kontaminiert als vor den Maßnahmen.

Aus den Daten zur Lebensmittelbelastung lässt sich schätzen, dass sich in den vergangenen zehn Jahren die Dioxinaufnahme über die Nahrung halbierte. Sie lag 1996 bis 1998 beim Erwachsenen im Durchschnitt bei täglich 0,7 Pikogramm WHO-TEq Dioxine pro Kilogramm Körpergewicht (TEq = Toxizitätsäquivalent).

Das führte auch seit Anfang der 90er-Jahre zur Senkung des

Dioxingehalts in der Frauenmilch um rund 60 Prozent. Allerdings ist die tägliche Dioxinaufnahme eines Säuglings beim Stillen mit 57 Pikogramm an Toxizitätsäquivalenten Dioxine pro Kilogramm Körpergewicht noch immer sehr hoch. Daher werden von der WHO und anderen Expertenkommissionen weitere Maßnahmen zur Minderung des Dioxineintrags in die Umwelt gefordert.

Die 57. Umweltministerkonferenz hat am 30. November 2001 beschlossen, das Dioxin-Referenzmessprogramm fortzuführen. So können auch zukünftig Störfälle frühzeitig erkannt, kontaminierte Futter- und Lebensmittel entdeckt, Schäden abgewehrt und Trends analysiert werden.

Die Berichte der Bund/Länder-Arbeitsgruppe „Dioxine“ wurden vom Umweltbundesamt in einem Band unter dem Titel „Dioxine – Daten aus Deutschland“ veröffentlicht.

GVC/Dechema-Tagung zu Ausbildung: „Halb so viele, halb so gut“

Als Hauptproblem außerhalb der technischen Fragen stellten die Veranstalter der GVC/Dechema-Jahrestagungen in Wiesbaden den drohenden Fachkräftemangel heraus. Plakativ wurde der derzeitige Stand bei Studienanfängern gekennzeichnet als „halb so viele, halb so gut“. Fachlich gewinnt interdisziplinäres Arbeiten immer mehr an Bedeutung, wie die Diskussionen vom 11. bis zum 13. Juni ergaben, Beispiel: In Zukunft werden Biologen nicht nur in vivo und in vitro, sondern verstärkt „in silico“ arbeiten müssen. Noch stößt die Modellierung biologischer Systeme jedoch auf geringe Akzeptanz, wie etliche der insgesamt 2000 Tagungsteilnehmer feststellten.

Im Sinne des ganzheitlichen Forschungsansatzes der Systembiologie, für den das BMBF in den nächsten Jahren 50 Millionen Euro bereitstellt, wurde die Modularisierung netzwerkartiger Systeme in der Biologie vorgestellt. Auf diese Weise können komplexe Zusammenhänge so aufbereitet werden, dass sie rechnergestützten Hilfsmitteln besser zugänglich sind. Das Ziel der Systembiologie ist es, virtuelle Repräsentationen von Zellen und ganzen Organismen

zu entwickeln. Dies soll Computerexperimente in Analogie zu Experimenten mit realen biologischen Systemen ermöglichen und so den Weg ebnen, zum Beispiel Krankheiten besser zu verstehen und zu behandeln.

Mehr als 500 Vorträge, Poster- und Firmenpräsentationen informierten über den Stand der Technik zum Beispiel in den Bereichen Sicherheit, Sensorik und Umweltschutz. In zahlreichen Kontaktforen diskutierten Teilnehmer über praktische Problemlösungen, beispielsweise die Herstellung von Nanokapseln durch Verkapselung mittels Miniemulsionspolymerisation. Solche stabilen Tröpfchen können als Nanoreaktoren dienen. Insgesamt kann durch Nutzung der Mikroverfahrenstechnik zukünftig statt eines Scale Up ein Number Up erreicht werden, indem statt eines größeren Reaktors viele kleine hintereinander geschaltet werden, was den Schritt von der Entwicklung zur Produktion wesentlich erleichtert.

Im Gegensatz zu Systembiologie und Nanotechnologie ist die Katalyse eine schon seit etwa 90 Jahren genutzte Technik. Trotzdem gibt es zahlreiche Beispiele für Erfolge in der jüngsten Katalysatorentwicklung (Nobelpreis 2001). Zu den Herausforderungen an die Katalysatorforschung gehört die Suche nach Katalysatoren für die umweltfreundliche und nebenproduktarme Herstellung von Propylenoxid, einem wichtigen Zwischenprodukt in der industriellen organischen Chemie.

Außerhalb der Technik bewegte insbesondere die Frage der Nachwuchsförderung. In etwa zwei Jahren wird der Mangel an Naturwissenschaftlern und Ingenieuren nicht mehr nur in den Ausbildungseinrichtungen sondern auch in den Betrieben offenkundig sein. „Wir stellen jetzt bereits auf Vorrat ein“, sagte Prof. Dr. Utz-Hellmuth



Dr. Norbert Schadler, Geschäftsführer der Siemens Axiva in Frankfurt, zeigte die Möglichkeiten der Mikroverfahrenstechnik auf. Eine „Chemiefabrik in der Westentasche“ konnte er aber noch nicht anbieten.

Felcht, Vorstandsvorsitzender der Dechema und des Vorstands der Degussa AG.

Das Problem liege aber nicht nur in der geringer werdenden Anzahl an naturwissenschaftlich interessierten jungen Menschen, sondern auch an deren zu geringer Eignung und Ausbildung, was Prof. Dr. Dietrich Haarer von der Universität Bayreuth bekräftigte: „Es sind nur noch halb so viele Studienanfänger. Da diese aber auch nur noch halb so gut sind, bleibt am Ende nur mehr ein Viertel.“

Zur Förderung besonders hervorragender und effizienter Studenten vergibt die Dechema bereits seit neun Jahren Auszeichnungen. Sechs Absolventen der Diplom-Fachrichtungen Technische Chemie, Chemische Verfahrenstechnik/Chemieingenieurwesen und Biotechnologie erhielten anlässlich der Jahrestagungen die Dechema-Studentenpreise.

Seit fünf Jahren zeichnet die Arbeitsgruppe „Wissenschaftliche Hochschulen“ des Dechema-Unterrichtsausschusses für Technische Chemie Dozenten und Habilitanten der Fachrichtungen Chemie und Biotechnologie mit dem Hochschullehrer-Nachwuchspreis aus. Dabei wird in erster

Prof. Dr. Utz-Hellmuth Felcht, Prof. Dr. Helmar Schubert und Prof. Dr. Dietrich Haarer auf der Pressekonferenz der Jahrestagungen (Fotos: MB).



Linie die pädagogische Qualität begutachtet.

Bereits seit 51 Jahren werden hervorragende Leistungen auf dem Gebiet der chemischen Technik mit der Dechema-Medaille ausgezeichnet. Dieses Jahr erhielt Prof. Dr.-Ing. Ulrich Draugelates die Medaille für seine herausragenden Verdienste um die Entwicklung der Werkstoff- und Apparatechnik, die praxisnahe Ausrichtung der Forschung und Weiterentwicklung in der industriellen Gemeinschaftsforschung. Prof. Dr.-Ing. Volker Pilz wurde für seine außerordentlichen

Verdienste um die Entwicklung der Sicherheitstechnik in Forschung und industrieller Praxis, sowie die Förderung und Pflege einer vertrauensvollen Zusammenarbeit von Industrie und Behörden auf nationaler und europäischer Ebene ausgezeichnet.

Neben der Forschung darf die Produktion nicht vergessen werden, wie Prof. Dr.-Ing Helmar Schubert, Vorsitzender der GVC•VDI-Gesellschaft für Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, betonte: „Wer das Ingenieurwesen in den LifeSciences vernachlässigt, der

verzichtet auf kommerziellen Erfolg.“ Diesen erhofften sich die Teilnehmer der Sonderveranstaltung Unternehmensgründung und informierten sich über Förder- und Finanzierungsmöglichkeiten. Nach dem Gründerboom in der Biotechnologie können nun auch junge Chemie- und Technikunternehmen von den Erfahrungen profitieren. So ist zum Beispiel die Steriltechnik ein Feld, das sich im Umbruch befindet und viele Möglichkeiten für produktive Entwicklungen bietet.

Maren Bulmahn

9. AiF-Innovationstag

„Wirtschaft(s)macht Forschung“

Auf dem diesjährigen Innovationstag der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ (AiF) stellte Bundeswirtschaftsminister Dr. Werner Müller in Berlin 23 Unternehmens-Netzwerke vor. Sie werden in der ersten Ausschreibungsrunde des neuen Programms Netzwerkmanagement-Ost (Nemo) gefördert.

Die Forschungsthemen reichen von der Tumordiagnostik bis zur Ölhavariabekämpfung, die Technologiefelder von der Bionik bis zur Mikrotechnologie und die Branchen vom Handwerk bis zu neuen Dienstleistungen in der Informationstechnologie. Mit Hilfe von Nemo will das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie neue Impulse für die Bildung und Entwicklung innovativer Netzwerke in der Wirtschaft der neuen Länder geben. Insgesamt 92 Anträge, davon über ein Viertel aus Sachsen, gingen im April bei der AiF ein, die Nemo seit Anfang des Jahres als Projektträger betreut.

Über 200 mittelständische Unternehmen und Forschungseinrichtungen aus ganz Deutschland präsentierten auf dem Innovations-

tag der AiF zum neunten Mal neue Produkte und Ideen, stellvertretend für mehr als 5000 Projekte, die im Jahre 2001 über die AiF gefördert wurden. Mit dem diesjährigen Motto „Wirtschaft(s)macht Forschung“ rückt die AiF das volkswirtschaftlich bedeutende Potenzial kleiner und mittlerer Unternehmen in den Mittelpunkt, die Jahr für Jahr rund fünf Milliarden Euro für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten aufbringen. AiF-Präsident Johann Wilhelm Arntz bekräftigte als Hauptanliegen der AiF, die Unternehmen bei diesen Arbeiten als Mittler zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Staat zu unterstützen. Er rief dazu auf, die Synergien des AiF-Netzwerks mit seinen über 100 Forschungsvereinigungen ständig neu zu erschließen.

Anlässlich des 400. Geburtstages von Otto von Guericke, Experimentalphysiker, Ingenieur, Politiker und Namenspatron der AiF, bildet die Vakuumtechnik in diesem Jahr einen Ausstellungsschwerpunkt. Als Querschnittstechnologie bietet sie vielseitige, ökonomische und umweltgerechte Lösungen für Schlüsselmärkte wie IuK, Biotechnologie, Fahrzeugtechnik und

Energietechnik. Unterschiedliche im Vakuum aufgebrachte Beschichtungen, beispielsweise von Fensterglas zur Wärmedämmung und von Kunststoffen zur Herstellung von Präzisionsoptik, zählen zu den Exponaten. Die Besucher konnten sich aber auch über eine Hochvakuum-Isolierung für die Kältetechnik und die Nutzung des Vakuums zur Entfettung von Metall informieren. Außerdem präsentierte die AiF vor Berliner Schülern Guerickes historischen Versuch mit den Magdeburger Halbkugeln in modernem Gewand: Die beiden Kugelhälften, die allein durch das innere Vakuum zusammengehalten werden, hängen an einem riesigen Kran und sind zusätzlich mit einem Pkw beschwert. In dieser spektakulären Form war der Versuch erstmals in Berlin zu sehen. Vorträge aus Industrie und Wissenschaft rundeten das Programm zur „Macht des Nichts“ ab.

www.analytik-news.de
Aktuelle Stellenangebote

Forschung und Anwendung

Nanostrukturen sind allgegenwärtig

Immer mehr, besonders interdisziplinäre, Projekte werden im Bereich der Nanotechnologie angesiedelt. Dabei befassen sich Wissenschaftler neben der Grundlagenarbeit an Nanostrukturen auch mit Anwendungen, Werkzeugen und sogar der Ethik des neuen Forschungsgebietes. Neben Hochschulen sind insbesondere auch kleine und mittelständische Betriebe an diesen Arbeiten interessiert.

Der Kongress der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg (TA-Akademie) und der Landesstiftung Baden-Württemberg „Die Zukunft des Menschen – Gentechnologie, Nanotechnologie und künstliche Intelligenz“ informierte über Stand und Perspektiven der aktuellen Forschung auf diesen Gebieten und beschäftigte sich mit den damit verbundenen Chancen und Risiken, auch aus ökonomischer Sicht, bis hin zu ethischen Fragestellungen.

Nanoförderungen

Seit Anfang des Jahres finanziert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) ein **Verbundprojekt** mit dem Titel „Schaltbare biochemische Pinzetten als Werkzeuge zur molekularen Organisation und Manipulation von Proteinen“ mit 2,1 Millionen Euro. Beteiligt sind neben dem Institut für Biochemie der Universität Frankfurt Material- und Biowissenschaftler in Forschungsteams aus Tübingen und Freiburg gemeinsam mit Unternehmen aus der Industrie. Ziel des Projekts ist die Entwicklung von molekularen Strukturen, die selektiv an Polypeptide beziehungsweise Proteine binden. Die „biochemischen Pinzetten“ sollen dazu verwendet werden, Proteine kontrolliert und „dicht gepackt“ auf Oberflächen zu

befestigen, damit diese ihre katalytische Aktivität optimal entfalten können. Eine solche Methode erlaubt die Herstellung von Proteinchips mit einer extrem hohen Dichte, wie sie für die funktionale Proteomanalyse benötigt werden. Außerdem können komplexe Multienzym Strukturen „wie in einem Legobaukasten gebaut“ werden, um spezielle biokatalytische Prozesse durchzuführen oder physikalische Sonden zu binden.

Das **Graduiertenkolleg** „*Akkumulation von einzelnen Molekülen zu Nanostrukturen*“ wird für die nächsten drei Jahre gemeinsam von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und dem Freistaat Sachsen mit 800 000 Euro finanziert und pro Jahr 15 Stipendiaten aus der Physik und der Chemie unterstützen.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft der Universität Essen hat die Einrichtung eines neuen **Sonderforschungsbereichs** mit dem Thema „*Energiedissipation an Oberflächen*“ bewilligt. Essener Experimentalphysiker werden zusammen mit Kollegen der Universitäten Bochum und Duisburg sowie des Forschungszentrums Jülich bis heute häufig nur phänomenologisch verstandene Prozesse untersuchen, die sich hinter alltäglichen Phänomenen wie Reibung, elektrischem Widerstand, chemischen Reaktionen im Abgaskatalysator oder auch der Erzeugung von Strom aus Sonnenlicht verbergen. Ihnen gemeinsam ist, dass ultraschnelle Energieübertragungsvorgänge – bis herunter zu Zeiten von nur einem Milliardstel einer millionstel Sekunde – auf atomarem Niveau eine ausschlaggebende Rolle spielen. Zur Untersuchung solcher Mechanismen wird im neuen SFB die in Essen vorhandene Kompetenz zur atomar auflösenden Mikroskopie und Ultrakurzzeitphysik zusammengeführt. Die Wissenschaftler hoffen

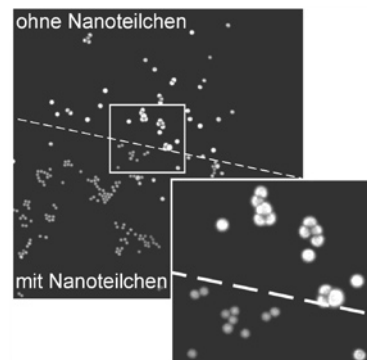


Abbildung 1: Metallische Nanoteilchen können zu einer drastischen Verbesserung der hochauflösenden Mikroskopie biologischer Zellen eingesetzt werden. Die Verwendung solcher Systeme als Objektträger hat insbesondere eine Erhöhung der Auflösung zur Folge. Die Abbildung zeigt eine Aufnahme von farbstoffmarkierten Latexkugeln (Radius 500 nm) als Modellsystem für biologische Objekte mit einem konfokalen Lasermikroskop: Kugeln auf den Nanoteilchen (untere Bildhälfte) erscheinen deutlich kleiner, ihre Bilder können besser voneinander getrennt werden, als im Bereich ohne Nanoteilchen (obere Bildhälfte); (Abb.: Uni Kassel).

mit ihrer Arbeit unter anderem zu schnelleren Mikroprozessoren, optimierten Nanostrukturen, höheren Wirkungsgraden bei chemischen Reaktionen oder Solarzellen und verbesserten Schmierstoffen beitragen zu können.

Der erste **Sonderforschungsbereich** für die Technische Universität Ilmenau ist beschlossen. Insgesamt fließen in den nächsten drei Jahren rund 4 Millionen Euro in den SFB „*Nanopositionier- und Nanomesmaschinen*“. Gegenstand ist der Entwurf und die Realisierung von technologischen Ausrüstungen, die die Positionierung, Messung, Antastung, Bearbeitung und Manipulation von Objekten mit Nanometerpräzision ermöglichen. Die Einsatzgebiete der Nanopositionier- und Nanomesstechnik reichen von der Gentechnik über die Entwicklung

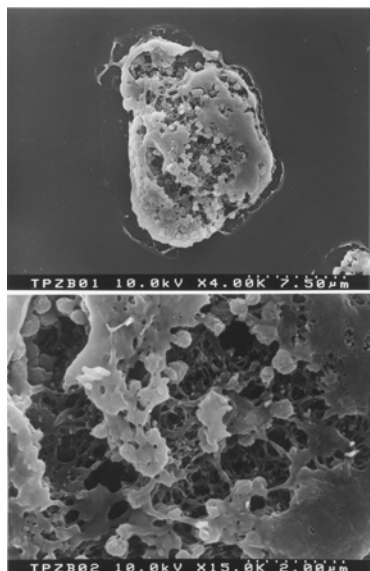


Abbildung 2: Um das Innere von Zellen zu erkunden, wird die Zellmembran gezielt mit einem reaktiven Gasstrahl aus dem Nanojet, der „kleinsten Düse“, abgetragen und das Zellinnere mit dem Rasterelektronenmikroskop sichtbar gemacht. Die Aufnahmen zeigen oben eine Zelle im Überblick und unten, bei höherer Vergrößerung, kugelige und netzartige verzweigte Zellorganellen (Abb.: Uni Kassel).

und Analyse neuer Werkstoffe bis hin zur 3D-Präzisionsmessung von Kleinteilen wie Mikrolinsen, Mikrobänken, Präzisionsformen und mechanischen Präzisionsteilen. In die Forschungen sind rund 30 Wissenschaftler aus 14 Fachgebieten und vier Fakultäten der TU Ilmenau eingebunden.

Ein **interdisziplinäres Zentrum** zur Erforschung von Nanostrukturen und Nanotechnologien wurde an der Universität Kassel eingerichtet. Das „Center for Interdisciplinary Nanostructure Science and Technology“ (CINSaT) wird von acht Professuren aus den Fachbereichen Physik, Biologie/Chemie und Elektrotechnik gemeinsam getragen. Parallel zum Ausbau des Forschungsschwerpunkts ist die Einrichtung eines neuen, interdisziplinären Diplom-Studiengangs „Nanostrukturwissenschaft – Nanostructure and Molecular Sciences“ von großer Bedeutung für die Ausbildung hochqualifizierten Nachwuchses auf diesem Gebiet. Der neue

Studiengang soll bereits zum Wintersemester 2002/2003 die ersten Studierenden aufnehmen. Die Zielsetzung des Wissenschaftlichen Zentrums konzentriert sich auf zwei große Themenkreise:

Zum einen sollen neuartige Nanostrukturen hergestellt, auf ihre außergewöhnlichen Eigenschaften hin untersucht und – soweit möglich – die Nutzung der Forschungsergebnisse in Zusammenarbeit mit industriellen Partnern gefördert werden. Dabei sollen zur Synthese von Nanostrukturen weniger die klassischen lithographischen Verfahren als viel mehr selbstorganisierende und lichtinduzierten Prozesse verwendet werden. Biologische Bauprinzipien und Wachstumsprozesse dienen als Vorbild, die Methoden der Supramolekularen Chemie, das heist selbstorganisierende Aggregation durch molekulare Erkennung, als Instrumentarium. Die Messung molekularer Kräfte in Biomolekülen und die Untersuchung ihrer Dynamik ist ebenfalls ein wichtiges Teilgebiet. Ein wesentlicher Gesichtspunkt wird ferner die Kombination anorganischer und organischer Materialien sein sowie deren Verknüpfung und Strukturierung auf molekularer Ebene bis hin zum Zusammenwirken von klassischer Halbleiterelektronik und lebender Materie.

Zum zweiten sollen parallel zur Herstellung von Nanostrukturen Methoden zu deren Charakterisierung mit höchster Zeit- und Ortsauflösung weiterentwickelt und nutzbar gemacht werden. Dabei spielen einerseits bildgebende hochauflösende Rastersondenmikroskopien, andererseits moderne optische Verfahren bis hin zur Entwicklung einer „Nano-Optik“ die entscheidende Rolle. Beispiele sind grenzflächenspezifische optische Frequenzverdopplung, konfokale Mikroskopie, Mehrphotonenmikroskopie, optische Nahfeldmikroskopie sowie zeit aufgelöste Ultrakurzzeitverfahren mit Femtosekundenlaserpulsen. (Abbildungen 1 und 2)

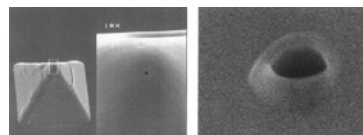


Abbildung 3: Mit der Nanodüse können winzigste Unreinheiten auf Chips beseitigt werden. Die Trichterspitze (Bild links) hat eine Düse (s. Ausschnittsvergrößerung Bild rechts) von 100 Nanometern Durchmesser (Abb.: Uni Kassel).

Die „kleinste Düse“ ist kleiner als ein Tausendstel Haardurchmesser (circa 100 Nanometer) und kann zum Beispiel winzigste Unreinheiten oder Fehler auf Mikrochips entfernen (Abbildung 3). Durch den Düsentrichter der Nanodüse aus dem Kasseler Institut für Mikrostrukturtechnik und Analytik können ganz gezielt Radikale geschickt werden, um damit etwa Mikrochip-Oberflächen zu behandeln. Einsetzbar ist das Nanowerkzeug unter anderem für Siliziumoberflächen, kohlenstoffhaltige Polymerstrukturen oder DNA-Strukturen. Das Mikrosystem mit der Nanodüse wird durch zwei weitere Komponenten, einen Sensor und einen Chip ergänzt und kann damit gleichzeitig selektieren, analysieren und behandeln. Das Dreikomponenten-Mikrosystem – insgesamt kaum ein Zehntel eines kleinen Fingernagels groß – ist mit einem externen Mikrowellengenerator verbunden, der ebenfalls in Kassel entwickelt wurde. In ihm werden Radikale produziert wie Fluorradikale, die gut mit Silizium reagieren oder Sauerstoffradikale, die mit Polymeren reagieren. Mit dem Fluss der Radikale können zum Beispiel atomare Defekte an Oberflächen von Chips geglättet werden, wenn sich Fehler beim

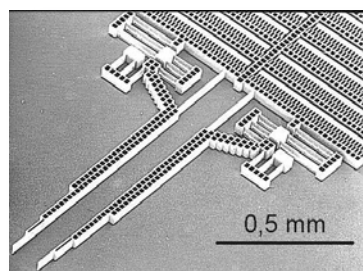


Abbildung 4: Die Nanorange, die an der Kasseler Universität entwickelt wurde, kann beispielsweise für biologische Präparate eingesetzt werden: Die Zange kann Teilchen in der Größenordnung von 10 - 15 Mikrometer Durchmesser, wie etwa ein rotes Blutkörperchen, fassen (Abb.: Uni Kassel).

Ätzen eines Mikrochips ergeben haben. Es können auch Oberflächenkratzer oder -krater beseitigt werden, indem lokal Polymere abgeschieden, herausgelöst und an anderer Stelle eingesetzt werden. Der integrierte Sensor meldet über eine Rückkopplung an den Chip die vorhandene Oberflächenstruktur in einer Größenordnung von einem Nanometer und kann dann die analysierte Stelle gezielt mit der Nanodüse behandeln. Es wurde auch eine Zange entwickelt, die winzige Mikroteile, etwa in Größenordnung eines roten Blutkörperchens, fassen kann (Abbildung 4).

Nano in der Wirtschaft

Mit dem **Programm InnoNet – Förderung von innovativen Netzwerken** – unterstützt das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) seit drei Jahren den Technologietransfer zwischen Forschungseinrichtungen und der mittelständischen Industrie. Zu den hoch innovativen Technologien, die im Rahmen von InnoNet zur Anwendung geführt werden, gehört auch die Nanotechnologie. Der **Workshop „Nanotechnologie – Innovative Technologien für die mittelständische Industrie“** in Berlin zeigte anhand von Projekten des Programms InnoNet, wie kleine und mittlere Unternehmen in Kooperation mit Experten aus der Forschung bereits heute die Potenziale der Nanotechnologie erfolgreich nutzen.



Abbildung 5:
Nanostrukturen
sehen Wellenmuster
auf Dünen
sehr ähnlich
(Abb.: Montanuni
Leoben).

Funktionale dünne Schichten helfen zum Beispiel in der Akustik beim Bau besonderer **Mikrofone**, die in **Hörgeräten** oder **Freisprecheinrichtungen** eingesetzt werden. Auf **Brillengläsern** verbessern dünne Schichten deren Entspiegelung und andere Eigenschaften. Auch **Textilien** mit funktionalen Schichten werden bereits hergestellt.

Mit **Rastersondenmethoden** können die nanometerkleinen Strukturen sichtbar gemacht werden. Selbst einzelne Atome in Molekülen sind zu erkennen und sogar zu beeinflussen. Entsprechende Geräte der Firma Triple-O Microscopy in Potsdam sollen demnächst ein Minilabor im Weltraum bestücken.

Der überwiegende Teil der medizinischen Diagnostik findet in großen Zentrallabors statt. Eine Analyseverfahren direkt beim Patienten wird mit dem **Verbundprojekt „Biochip“** erreicht. Drei Projektpartner entwickeln einen mikrostrukturierten Chip, auf dem sich kleinste Probenmengen von Urin und Blut in miniaturisierten, fluidischen Strukturen untersuchen lassen. Das große Oberflächen-Volumen-Verhältnis führt zu extrem kurzen Reaktionszeiten und zu schnellen Testergebnissen.

Surface Acoustic Waves (SAW) oder **akustische Oberflächenwellen** können sich an die Oberfläche eines Festkörpers ausbreiten. Als Nanometer-Analogen zu Erdbeben haben sie verstärkt Einzug in die Mobilkommunikation gehalten. Dort verwendet man SAW-Bauteile als extrem stabile und billige Hochfrequenzfilter. Ein interdigitaler Transducer (IDT) erzeugt bei speziellem Design einen Sondertyp akustischer Oberflächenwellen, die effizient Energie in eine Flüssigkeit abstrahlen können. Dadurch kann innerhalb der Flüssigkeit eine Strömung induziert werden, oder aber die Flüssigkeit als Ganzes bewegt werden. Zusammen mit der Technik der Advantix AG, entlang der Substratoberfläche „fluidische“ Leiterbahnen zu de-

finieren, können so kleinste Flüssigkeitsmengen „drahtlos“ bewegt, vereinigt, getrennt oder gemischt werden.

Nanomuster

Die Internationale Union für Vakuum-Forschung, Technik und Anwendung (IUVSTA) führte einen **Workshop** mit dem Thema *„Pattern Formation and Atomic Processes During Epitaxial Growth and Ion Erosion“* durch, bei dem es um die spontane Musterbildung während des kristallinen Schichtwachstums und bei der Ionenstrahlerosion von Kristalloberflächen ging. Die dabei beobachteten Muster liegen im Größenbereich unterhalb von einem Mikrometer. Die Strukturen sehen Wellenmustern auf Dünen oder Wolkenbildern sehr ähnlich (Abbildung 5). Die sich spontan bildenden Nanostrukturen versprechen vielfältige Anwendungen in den Hochtechnologien, zum Beispiel in der Mikro- und Optoelektronik sowie der magnetischen Datenspeicherung.

Im Ludwig-Erhard-Haus in Berlin trafen sich rund 400 Fachleute aus Wissenschaft und Industrie, um über Forschung und Anwendung im Bereich der metallorganischen Gasphasenepitaxie zu diskutieren. Das Spektrum reichte von der physikalisch-chemischen Grundlagenforschung über das Wachstum von Halbleiter-Bauelementstrukturen bis hin zum industriellen Produktionsprozess. Die **metallorganische Gasphasenepitaxie**, kurz MOVPE (Metal Organic Vapour Phase Epitaxy), ist ein Schlüsselverfahren, um jenseits der heute üblichen Siliziumtechnologie Bauelemente auf der Basis von Verbindungshalbleitern herzustellen. Sie ermöglicht das Wachstum extrem dünner, geordneter Kristallschichten, die im Extremfall nur eine einzige Atomlage dick sind. Solche Schichten bilden je nach Dicke, Materialzusammensetzung und Kombination das Herzstück moderner Halbleiterbauelemente. Mit Epitaxieverfahren wurde es bei der optischen Datenübertra-



Abbildung 6: Markus Lackinger von der Professur für Analytik an Festkörperoberflächen der TU Chemnitz bei Einstellungsarbeiten am Ultrahochvakuum, in dem die Wabenstruktur von Molekülschichten entdeckt wurde und nun weiter analysiert wird (Abb.: TU Chemnitz).

gung möglich, Übertragungsraten von 40 Gigabit pro Sekunde zu erreichen. Ein Spezialfall für den Einsatz von MOVPE-Schichten ist die Energieversorgung in der Raumfahrt. Die Gasphasenepitaxie gestattet den Bau von Solarzellen mit hohem Wirkungsgrad und geringem Gewicht, wie sie besonders für Satelliten und Raumstationen benötigt werden.

Im angebrochenen „Jahrhundert des Photons“ gewinnt nicht nur die Abscheidung sehr dünner, wenige Nanometer dicker Schichten immer mehr an Bedeutung. Interessant sind in besonderem Maße auch die Möglichkeiten, die sich aus der angepassten Dickenverteilung auf realen dreidimensionalen Oberflächen für Anwendungen zum Beispiel in der Licht- und Röntgenoptik ergeben. Voraussetzung dazu ist die Beherrschung der Technologien zur ultrapräzisen Großflächenabscheidung extrem dünner Wechselschichten mit wenigen Nanometern Dicke. Im Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS in Dresden werden solche Nanometer-Multischichten un-

ter Einsatz hochpräziser Großflächen-Beschichtungsverfahren auf ebenen oder gekrümmten superpolierten Substraten mit bis zu 150 Millimetern Durchmesser abgeschlossen. Nanometer-Multischichten werden derzeit als strahlformende **Röntgenoptiken** in der Röntgenanalytik eingesetzt. Mit der Verwendung von Nanometer-Multischichten als Röntgenoptiken konnten die Einsatzmöglichkeiten von Laborröntengeräten deutlich erweitert werden. Neue Anwendungen werden durch die gezielte Anordnung von Multischichtoptiken in speziellen optischen Systemen erreicht. So wurde im IWS durch die auf einen gemeinsamen Fokus gerichtete Anordnung von zwei parabolisch gekrümmten Gradientenmultischichten ein hochbrillanter Monochromator entwickelt und erprobt. Das Ergebnis ist ein intensiver, paralleler und monochromatischer Punktstrahl im Submillimeter Bereich, dessen Strahlqualität der eines Laserpointers vergleichbar ist. Damit erschließt dieses Optiksyste neue Anwendungen in der Mikrodiffraktion, der Einkristalldiffraktion, der Mikrolithographie und -tomographie.

Ein weiterer Schwerpunkt im IWS ist auf die Entwicklung von **Interferenzoptiken** auf der Basis von Mo/Si-Nanometerschichtsystemen gerichtet. Sie stellen eine zentrale Komponente für Lithographieverfahren der nächsten Generation dar, die für eine Wellenlänge im Bereich von 13,4 Nanometern (EUV) ausgelegt sind. Um die erforderlichen Abbildungsqualitäten im Design der Optiken untereinander zu erzielen, ist die Abscheidung von Multischichtstapeln mit einer Präzision im Pikometerbereich sowie einer Schichtdickenhomogenität besser als 99,9 Prozent erforderlich. Die im IWS Dresden abgeschiedenen Mo/Si-Multischichten erfüllen die extremen Anforderungen für die EUV-Lithographie und weisen dabei gleichzeitig Reflektivitäten von typischerweise 70 Prozent auf.

An der Professur für Analytik an Festkörperoberflächen in Chemnitz ist es gelungen, bislang unbekannte molekulare Nanostrukturen zu erzeugen, abzubilden und zu untersuchen. Diese **natürlich gebildeten Strukturmuster** erinnern an Bienenwaben oder Blumenmuster und könnten sich bald als wichtiges Element beim Übergang von der Mikro- zur Nanoelektronik erweisen. In einem gemeinsamen Promotionsprojekt der TU Chemnitz und der Ludwig-Maximilians-Universität München, das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert wird, analysieren zwei Doktoranden mit Hilfe des Raster-Tunnel-Mikroskops seit letztem Jahr, zu welchen Strukturen sich organische Moleküle auf atomar glatten Kristalloberflächen im Ultrahochvakuum organisieren (Abbildung 6).

Sie haben festgestellt, dass sich die Moleküle in der organischen Schicht nicht einfach nebeneinander anordnen, sondern beispielsweise ein wabenförmiges Muster bilden. Diese Waben- oder Blumenstruktur wird durch Wasserstoffbrücken hervorgerufen, mit denen sich jeweils sechs benachbarte Moleküle zu einem Ring zusammenschließen. In ihrer Mitte bildet sich auf diese Weise eine nur ein Nanometer kleine Wabe, die in milliardenfacher Wiederholung zu einer Schichtstruktur führt, mit der ein Durchbruch in die Welt der Nanoelektronik gelingen könnte. Diese Waben lassen sich theoretisch zum Beispiel mit Molekülen füllen, die später die elektronischen Aufgaben eines Schalters oder Verstärkers wahrnehmen könnten. Oder mit kleinsten Metallteilchen, die winzige Cluster aus nur wenigen Atomen bilden und interessante elektrische Eigenschaften vermuten lassen. Weil die „Selbstassemblierung“ noch in den Kinderschuhen steckt, geht es in dem Promotionsprojekt auch weiterhin um aufregende Grundlagenforschung.

Maren Bulmahn

Wasseraufbereitung

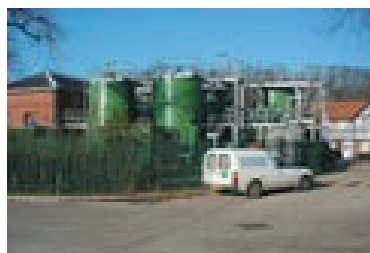
Mit Eisen gegen Arsen und Chlorphenol

Eisen darf nach der Trinkwasserverordnung eine Konzentration von 0,2 mg/l haben. Bei größeren Anlagen sind ab Januar 2003 bis 0,5 mg/l erlaubt. Nun wurde in zwei Projekten festgestellt, dass es als Eisenoxid-Granulat oder in Form eines Komplexes zur Reinigung von Wasser beitragen kann.

In vielen Ländern der Erde tritt Arsen im Grundwasser in zu hohen Konzentrationen auf. Dorthin gelangt der Stoff als drei- und fünfwertiges komplex gebundenes Ion zum größten Teil durch Auslaugung von natürlichen Erzen und Mineralien. In vielen Regionen in den USA, in Südamerika, Indien, Bangladesh und China treten besonders hohe Konzentrationen von Arsen auf. Die Gehalte können einige Milligramm pro Liter betragen. Zahlreiche medizinische Studien belegen, dass eine Langzeit-Kontamination mit solchen Konzentrationen zu Hautveränderungen (Hyperkeratosen) bis hin zu Karzinomen führen kann.

Als Folge dieser medizinischen Studien empfahl die Weltgesundheitsorganisation (WHO) 1992, einen Grenzwert für Arsen im Trinkwasser von zehn Mikrogramm je Liter einzuführen. In vielen Staaten Europas und in den USA wird dieser Wert noch immer überschritten, in Deutschland dagegen wird er seit 1996

Die erste kommerzielle Anlage zur Abtrennung von Arsen aus Trinkwasser ist seit September 2001 in Burton Joyce bei Nottingham/ England in Betrieb (Foto: Bayer AG).



eingehalten. Eine Richtlinie der Europäischen Union von 1998 schreibt den Grenzwert EU-weit vor. In England zum Beispiel wird er ab 2003 zwingend gelten.

Eisenoxid zur Trinkwasseraufbereitung

Die erste kommerzielle Anlage zur Abtrennung von Arsen aus Trinkwasser ist seit September 2001 in Burton Joyce bei Nottingham/ England in Betrieb. Kernstück des Systems Sorb33, das der in Birmingham ansässige Wasserversorger Severn Trent in Kooperation mit Bayer entwickelte, ist ein Festbett, das vom belasteten Wasser durchströmt wird und aus Bayoxide E33 besteht. Das von Bayer speziell für diese Anwendung entwickelte Eisenhydroxid-oxid-Granulat zeichnet sich durch fein strukturierte Oberflächen im Nano-Bereich aus, die das Arsen adsorbieren. Severn Trent hat die neue Filtermethode zwei Jahre lang in einer Pilotanlage auf Herz und Nieren geprüft.

Das Granulat bringt für die Adsorption von Arsen nach dem Festbettverfahren gleich mehrere entscheidende Stärken mit. „Seine Kapazität für das Nichtmetall ist wesentlich höher als die handelsüblicher Adsorbentien wie Aktivkohle und aktiviertes Aluminiumoxid, was wiederum lange und damit wirtschaftliche Standzeiten bedeutet“, erklärte Simms. Im Vergleich zu Ionenaustauscherharzen hat es den Vorteil, dass es nicht regelmäßig aufwendig im Wassertank regeneriert werden muss und viel leichter zu handhaben ist.

Am häufigsten kommt das Eisenoxid-Granulat in Korngrößen zwischen 0,5 und zwei Millimetern zum Einsatz, jedoch lassen sich auch andere Körnungen maßschneidern, die bestimmten Anwendungen genau angepasst sind. Das Material adsorbiert auch

andere Schadstoffe wie Antimon-, Blei-, Cadmium- oder Chromationen, allerdings sind speziell auf diese Anwendungsbereiche zugeschnittene Produkttypen noch in der Entwicklung. „Hier eröffnet sich unserem Produkt weiteres Anwendungspotential“, blickt Dr. Andreas Schlegel, Forscher bei Bayer, in die Zukunft.

Eisenkomplex zur Abwasserreinigung

Für den Abbau persistenter Chlorphenole, die beispielsweise in Abwässern der Papierindustrie eine wichtige Rolle spielen, haben Wissenschaftler der amerikanischen Carnegie Mellon Universität und des GSF-Forschungszentrums für Umwelt und Gesundheit ein viel versprechendes Verfahren vorgestellt. Dabei wird ein von dem amerikanischen Chemiker Terrence Collins entwickelter neuartiger Eisenkomplex eingesetzt, der als Katalysator Wasserstoffperoxid zur Oxidation von Chlorphenolen anregt.

Die GSF-Wissenschaftler Professor Karl-Werner Schramm und Professor Dieter Lenoir wiesen nach, dass sowohl der Katalysator selbst als auch die entstehenden Substanzen ungiftig sind und insbesondere durch die Oxidation keine Dioxine gebildet werden. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass toxische Chlorphenole im Abwasser nicht durch womöglich ebenso giftige Abbauprodukte ersetzt werden. Die erfolgreiche Kooperation der beiden Forschergruppen könnte somit der Industrie ein lang erwartetes Mittel an die Hand geben, Abwässer effektiv und umweltfreundlich zu reinigen.

Früher enthielten zahlreiche Produkte Chlorphenole, zum Beispiel Pestizide, Desinfektionsmittel oder Holzschutzmittel. Innerhalb der letzten zehn Jahre wurden

diese Substanzen aufgrund ihrer Toxizität weitgehend verboten. Allerdings sind viele Chlorphenole wie zum Beispiel Pentachlorphenol (PCP) oder 2,4,6-Trichlorphenol (TCP) nur schwer biologisch abbaubar und nach wie vor in der Umwelt verbreitet. Zusätzlich sind Chlorphenole ein bedeutendes Nebenprodukt der Zellstoffindustrie, wo sie bei der Chlor-Bleichung von Papier entstehen. Daher könnte der neue Katalysator besonders für die Reinigung von Abwässern aus Papierfabriken interessant sein.

Der durch ein Patent geschützte Katalysator besteht aus einem Eisenatom, das in ein Gerüst aus vier Stickstoffliganden eingebettet ist und wird als Fe-TAML bezeichnet (Eisenkomplex mit Tetraamido-macrozyklischen Liganden). Dieses Molekül aktiviert Wasserstoffperoxid, die chlorhaltigen Verbindungen zu knacken. Als Produkte entstehen unter anderem Äpfelsäure, Malonsäure und Kohlendioxid. 95 – 98 Prozent des Chlors liegen nach der Oxidation als Chlorid vor.

Von biologischen Oxidationsverfahren ist bekannt, dass sie beim Abbau von Chlorphenolen zur Bildung von Dioxinen führen. Vor diesem Hintergrund überprüften

Schramm und Lenoir, ob bei der hier ablaufenden chemischen Oxidation ebenfalls geringe Mengen giftiger Dioxine gebildet werden. Auch hochempfindliche analytische Nachweismethoden ergaben keine Hinweise auf Dioxine, sodass davon ausgegangen werden kann, dass diese chemische Oxidation in diesem Punkt „natürlichen“ Verfahren überlegen ist.

Leuchtbakterien und Wasserflöhe bewiesen bei ökotoxikologischen Tests, dass sowohl der Katalysator selbst als auch die entstehenden Abbauprodukte nicht nur im Hinblick auf Dioxine, sondern auch bezüglich ihrer Gesamt-Toxizität unbedenklich sind. Inzwischen untersuchen Lenoir und Schramm die Eignung einer etwas abgewandelten Form des Katalysators für ein weiteres Einsatzgebiet: Die Reinigung von Abwasser aus Färbereien. Bisher lassen sich die Farbstoffe in Kläranlagen oft nur schwer entfernen. Auch hier zeigten erste Versuche, die an der GSF mit dem Azofarbstoff „Acid Orange 7“ unternommen wurden, ermutigende Resultate: Die behandelte Probe entfärbte sich wie von Zauberhand. Es scheinen sich nur ungiftige Produkte zu bilden. *MB*

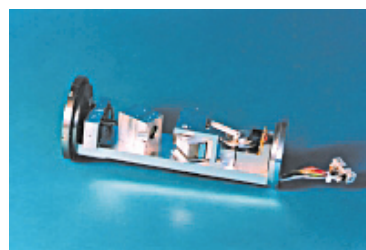
Evaneszenzfeldanalyse bei Sickerwässern

Zur ständigen Schadstoffmessung bis in den ppm-Bereich werden in der Umweltanalytik weit verbreitet Infrarotspektrometer eingesetzt. Bei Messungen in Wasser absorbiert dieses selbst zu viel infrarote Strahlung im messtechnisch interessanten Wellenlängenbereich. Mit Hilfe der Evaneszenzfeldanalyse kann nun die Spektrometrie auch für Schadstoffmessungen in wässrigen Medien genutzt werden.

„Das Herzstück unseres neuen Spektrometers ist eine spezielle Faser, durch die der infrarote Messstrahl verläuft. Wie bei Glasfasern auch, wird er an der inneren Oberfläche total reflektiert. Gelangt ein Schadstoff aus dem umgebenden Sickerwasser an die äußere Oberfläche der Faser, ändert er dort das elektrische Feld. Dieses evaneszente Feld wiederum beeinflusst den Infrarotstrahl, dessen Veränderungen der Detektor analysiert.“ erklärt Dr. Annette Braun, die am Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM arbeitet.

Wichtig ist, dass Wasser und Schadstoffe getrennt werden. Auch dies leistet die Faser, die aus infrarottransparentem Silberhalogenid besteht und mit einem speziellen Kunststoff beschichtet ist. Die Schadstoffe – zumeist sind dies aromatische und aliphatische Kohlenwasserstoffe – dringen in den Polymermantel ein; Wasser jedoch nicht. Mit dem Breitbandspektrometer BBS 100 von Fraunhofer IPM können so unter anderem chlorierte Aromate im Wasser nachgewiesen werden.

Das BBS 100 detektiert Stoffe im Fingerprintbereich. So können Substanzen spezifisch identifiziert werden. Besonders chlorierte Aromate können, als charakteristische Inhaltsstoffe von Deponieabwässern, selektiv erfasst werden (Foto: IPM).



Novellierung der Trinkwasserverordnung

Ab Januar 2003 treten neue, verschärfte Prüf- und Kontrollvorschriften für Trinkwasser in Kraft. Bei der reibungslosen Umsetzung der Vorschriften wollen unabhängige Prüflabore und Gesundheitsverwaltung an einem Strang ziehen. Das bekräftigten Gesundheitsminister Eberhard Sinner und der Vizepräsident des Verbandes der unabhängigen Prüflaboratorien Deutschland e.V. (VUP), Dr. Johann Rietzler bei der Jahrestagung des Verbandes Mitte Mai in Nürnberg.

Ab Januar 2003 dürfen nur noch akkreditierte Prüflabore die vorge-

schriebenen Trinkwasseruntersuchungen durchführen. Auch die Kontrollen durch die Gesundheitsämter werden verstärkt. Zudem müssen die Wasserversorger für mögliche Störfälle oder Grenzwertüberschreitungen Maßnahmenpläne vorhalten.

Ein großer Teil der unabhängigen Prüflabore habe sich bereits intensiv auf die neue Akkreditierungspflicht eingestellt, erklärte Rietzler. „Neben der Qualitätssicherung in den Prüflaboren ist aber auch die Sicherstellung einer ausreichend hohen Kontrolldichte vor Ort durch die Gesundheitsverwaltung wichtig“.

Eppendorf wächst durch ausgewogene Diversifizierung gegen den Trend

Sehr viel Sicherheit vorhanden

Ausgewogene Diversifizierung in den Produktbereichen wie auch in der weltweiten Marktpräsenz ließen 2001 die Eppendorf AG gegen den Trend bei Biotech-Unternehmen wachsen. Der Gewinn stieg um 16,9 Prozent auf 28,8 Mio. Euro, bei ebenfalls gestiegenem Umsatz auf 289,2 Mio. Euro (+ 11,9 %). Und für das Hamburger Familienunternehmen setzt sich laut Vorstandsvorsitzendem Klaus Fink die positive Entwicklung fort. Im ersten Quartal dieses Jahres wuchs der Umsatz um 10,3 Prozent, das Vorsteuerergebnis um 22 Prozent.

Damit der Unternehmenserfolg auch langfristig erhalten bleibt, will Fink das Produktspektrum weiter intelligent ausbauen. Der CLB gegenüber bemerkte der Vorstandsvorsitzende, dass die Herausforderung darin bestünde, eine angemessene Breite des Produktspektrums zu finden, andererseits die Ressourcen nicht in zu

viele Produktzweige aufzusplitten und so Synergien zu verlieren. Einen Schritt hinsichtlich letztgenannter Bedingung hat Fink in den vergangenen Jahren schon eingeleitet: Das Unternehmen trennt sich nach und nach von den Analyseinstrumenten, die zunächst das Produktspektrum des 1945 gegründeten Unternehmens – nach medizinischen Geräten – erweiterten. Die im Geschäftsbericht „Complementary Products“ bezeichneten Analyseninstrumente mit den dazugehörigen Verbrauchsmaterialien und Reagentien trugen 2001 41,7 Mio. Euro zum Umsatz bei, mit fallender Tendenz. Steigend hingegen sind die „Molecular Technologies“ (PCR, Nukleinsäurereinigung; 36,1 Mio. Euro) und die „BioTools“ (Pipetten, Zentrifugen), der „cash cow“ (Fink) von Eppendorf mit einem Betriebsergebnis von 16 Prozent. Deren Umsatz kletterte von 93,4 Mio. Euro 1998 auf 211,4 Mio. Euro 2001. Das Betriebsergebnis der BioTools wies 2001 durch Anlaufkosten in Produktion und Marketing noch einen Verlust von 16,5 Prozent aus, soll aber im nächsten Jahr die schwarzen Zahlen erreichen.

Ein Schritt hin zur Ausweitung des Produktspektrums wird u.a. in dem Angebot von Biochips bestehen. Fink kündigte an, einen im europäischen Ausland angesiedelten Entwickler solcher Biochips akquirieren zu wollen. Diese und andere Unternehmensausweitungen geschehen praktisch aus den laufenden Mitteln heraus. Der Konzern ist zur Zeit unverschuldet, hat die Eigenkapitalquote von 34,2 Prozent 2000 auf 48,5 Prozent 2001 gesteigert.

Das ausgewiesene Wachstum begründet sich laut Fink sowohl in einem generellen Marktwachstum der Eppendorf-Bereiche, das im



„Wir von Eppendorf sind optimistisch“, schätzt der Vorstandsvorsitzende des Unternehmens, Klaus Fink, die weitere Entwicklung ein (alle Fotos: RK).

einstelligen Prozentbereich läge. Zudem habe man Marktanteile dazugewonnen. In den wichtigsten Produktbereichen verfüge man über Marktanteile von 30 bis 40 Prozent. Schließlich hätten neue Produktgruppen zum Wachstum beigetragen. Grundsätzlich investiere man in Märkte, die sich entwickelten, nicht in den Verdrängungswettbewerb. Den Biochip-Markt sieht Fink vor einem explosiven Wachstum; er solle in den nächsten fünf Jahren um das Acht- bis Zehnfache wachsen.

Als ein geografisches Wachstumsfeld bezeichnete Fink den asiatischen Raum. Derzeit resultiert der Hauptumsatz aus Nordamerika (58 %), gefolgt von Europa (31 %) und Asien (8 %).

Insbesondere für zukünftige Akquisitionen wolle man die Eppendorf AG, die zur Zeit den Gründerfamilien sowie Metrohm (5 %) und dem Management (1 %) gehört, auch an die Börse bringen. „Man sollte aber den richtigen Zeitpunkt wählen. Dieses Jahr kann man ausschließen; über das nächste Jahr kann ich noch keine Aussagen machen. Wenn der Markt anspringt, kann alles ganz schnell gehen“, meinte Fink. Er sieht die Chancen für das Hamburger Unternehmen nach der Börsenbaisse besser als vorher an, weil man genau auf die vorhandenen

„Cash cow“ von Eppendorf – und wohl Begründung der Marke – sind „BioTools“, zu denen Pipetten zählen. Das Bild zeigt historische Exemplare zusammen mit der ersten Kolbenhubpipette aus dem Jahre 1958 (Mitte oben), die durch Dr. H. Schnittger am Institut für physiologische Chemie in Marburg entwickelt wurde. Zum 50. Geburtstag 1995 bezeichnete der jetzige DFG-Präsident Prof. Dr. Ernst-Ludwig Winnacker das Unternehmen als das erste der deutschen Biotechnik.



Blick in die Biophotometer-Fertigungsstraße bei Eppendorf in Hamburg.



beitsplätzen 60 Pipettenvarianten qualitätskontrolliert und DIN/ISO-zertifiziert gefertigt werden. Letzter Schritt dabei ist eine dreistufige Prüfeinrichtung. In der ersten Stufe wird die Dichtigkeit der Pipetten geprüft. Alle vier Stunden unterbricht die Anlage die Prüfzyklen für einen Selbsttest, der mit wiederum äußerst aufwändig gefertigten und überwachten Normwerkstücken durchgeführt wird. In der zweiten Stufe erfolgt Kamera-kontrolliert eine Standardeinstellung des Volumen-Zählwerkes, auf grund derer dann in der dritten Stufe der mechanische Hub eingestellt wird. Erfolg der Qualitätskontrolle: Die Fehlerquote liege im Promillebereich.

Das Eppendorf-Museum zeigt: Mit diesen Kisten aus Holz und ihren Schaltern aus Flugzeugen fing alles an: Vorne ein Reizstromgenerator (1946, 137-mal gebaut), dahinter ein Koagulationsgerät für die Befestigung von Netzhäuten (1948, 100-mal gebaut), dann ein Diathermiegerät und ein Elektrothermometer; links ein Pulf-rich-Photometer.

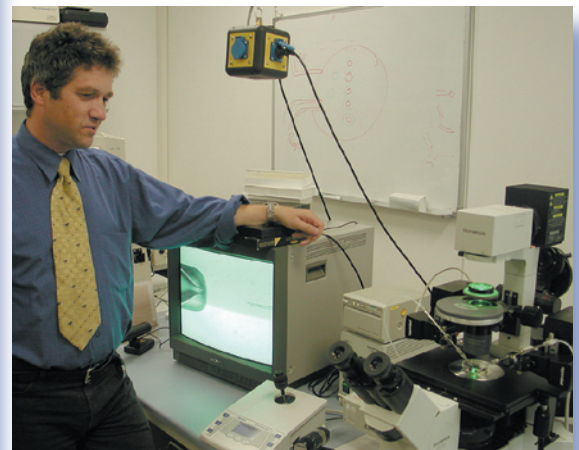
Werte schaue. Und da sehe Eppendorf sehr gut aus. Mit einem Wachstum in allen Teilen der Welt („Wir stellen auch laufend Mitarbeiter ein“ (2000: 1497; 2001: 1568; zur Zeit ca. 1700), mit einer Palette von etwa 2000 Produkten und mit ca. 300 000 Kunden weltweit sei sehr viel Sicherheit vorhanden, betont der Vorstandsvorsitzende.

Vielen dieser Kunden ist Eppendorf als Marke ein Begriff, insbesondere durch die alltägliche Verwendung der Eppendorf-Pipetten. Mit als erstes Presseorgan durfte die CLB anlässlich der Bilanzpressekonferenz in Hamburg einen Blick auf neueste Fertigungsanlagen dieses Produktsegments werfen. Wie dabei die Experten erläuterten, bestünde ein Problem in der Beschaffung der Anlagen. So wie man diese benötige seien sie nicht am Markt verfügbar.

Ein Beispiel dafür ist eine Anfang des Jahres komplettierte Fertigungsstraße, an der an vier Ar-

Als Konsequenz der komplexen Fertigungstechnik entwickelt und baut man einen Großteil der Fertigungsanlagen selbst. Ebenso entwickelt man die Produkte im Hause (F&E-Ausgaben 2001: 16,8 Mio. Euro; 2000: 13,7 Mio. Euro). Modernste Fertigungsanlagen betreibt Eppendorf auch in Oldenburg. Dort verlassen jedes Jahr zwei Milliarden Pipettenspitzen, Kunststoff-Präzisionsprodukte, die Fabrikhallen. *Rolf Kickuth*

Die Nadel des neuen Mikroinjektionssystems kann ein Spermium mit einer Dicke von nur etwa fünf Mikrometern in eine Zelle transportieren. Wie Dr. Norbert Rottmann (Foto) vorführte geht dies fast so leicht wie ein Spiel mit dem Joystick. Der Eppendorf-Produktmanager bezifferte den Marktanteil des Unternehmens an solchen Systemen zur Mikroinjektion adhärenter Zellen auf 60 Prozent. Man entwickle für Mikroskope aller führenden Mikroskophersteller. Ein ähnliches System (InjectMan) erlaube es, bei bis zu 100 Zellen pro Minute Injektionen durchzuführen.



Organische Namensreaktionen

Jie Jack Li: **Name Reactions; A Collection of Detailed Reaction Mechanisms**; 416 Seiten mit 315 Namensreaktionen; Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 2002; ISBN 3-540-43024-5; Euro 79,95.

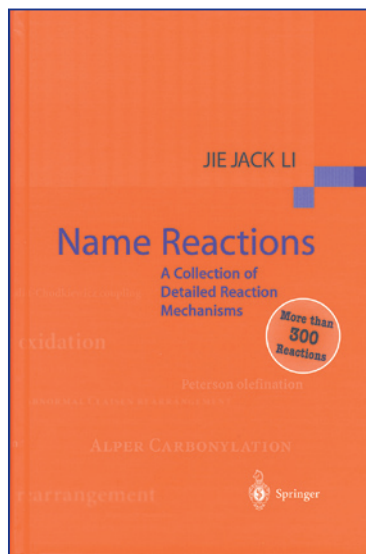
Dieses Buch gibt für eine Auswahl von Namensreaktionen den detailliert gezeichneten Mechanismus und entsprechende Literaturstellen an.

Seit jeher arbeiten Wissenschaftler daran, chemische Stoffe systematisch zu benennen. Wenig erfolgreich sind sie darin, eine Nomenklatur für chemische Reaktionen zu entwickeln. Die IUPAC schlug zum Beispiel vor, nicht Reaktionen, sondern Transformationen zu systematisieren, in denen dann nur noch die Ausgangsstoffe

und Endprodukte vorkommen. Dies hat sicher Vorteile, ist bisher aber nicht besonders gut angenommen worden. So sind weiterhin die meisten organischen Reaktionen unter dem Namen der Chemiker, die sie entdeckt oder untersucht haben, bekannt und werden so auch vermittelt und gelernt.

Fast jeder Student der Chemie hat eine kleine Sammlung von Reaktionsmechanismen angelegt. Jie Jack Lis Buch soll helfen diese Arbeit einfacher zu gestalten. Dafür hat er seine eigene Liste um einige besonders aktuelle Namensreaktionen erweitert, wobei er besonderen Wert auf die kürzlich entwickelten asymmetrischen Synthesen legt.

Die Schritt für Schritt dargestellten gut gezeichneten Reaktionsmechanismen machen erklärende Worte überflüssig, und trotzdem reicht der Platz nicht für klassische Namensreaktionen wie die Williamson- oder die Kolbe-Synthese. Als moderne Ergänzung zu den bisher üblichen Lehrbüchern wird dieses Nachschlagewerk allen, die sich mit organischer Chemie beschäftigen, dennoch gute Dienste tun. *MB*



Kolloidwissenschaft

Hans-Dieter Dörfler: **Grenzflächen und kolloid-disperse Systeme**; Physik und Chemie; 989 Seiten mit 579 Abbildungen und 88 Tabellen; Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 2002; ISBN 3-540-42547-0; Euro 89,95.

In diesem Lehrbuch wird neben den notwendigen Grundkenntnissen der Physikalischen Chemie das Gebiet der Physik und Chemie der Grenzflächen und kolloid-dispersen Systeme behandelt.

Nach einer ausführlichen Diskussion der Kolloidwissenschaft als eigenständigem Forschungsgebiet, werden die Grundlagen dazu aus Physik und Chemie, wie die Grenzflächenthermodynamik, erarbeitet.

Besonderen Wert legt der Autor auf die methodischen und theoretischen Aspekte der Grenzflächen- und Kolloidchemie. Dabei kommen Beschreibungen von Anwendungen in der Tensidchemie, der Kolloidchemie und der makromolekularen Chemie keinesfalls zu kurz. Auch die Struktur, Funktion und Anwendungen von Membransystemen, sowie Hydro- und Aerogelen ist Thema mehrerer Kapitel. Die aufeinander abgestimmten, aufeinander aufbauenden Kapitel können aber auch einzeln ohne Kenntnisse der vorangegangenen Inhalte verstanden werden. Zur Verständnis-

erleichterung sind Hinweise auf andere Kapitel im laufenden Text eingearbeitet. Jedes Kapitel endet nach einer Zusammenfassung mit einigen Verständnisfragen zur Lernkontrolle, (zum Beispiel: Was ist eine Adsorptionsisotherme? oder wie funktioniert die Elektronenmikroskopie?) deren Lösungen sich der Leser allerdings selbst erarbeiten muß. Außerdem gibt es zum Schluß eines Kapitels jeweils Literaturangaben als Hinweise zum weiteren Studium.

Die zum Teil farbigen, sehr instruktiven Abbildungen zeigen einerseits typische Graphen aus der Thermodynamik, wie zum Beispiel ein ternäres Zustandsdiagramm, welches Membranbildungsvorgänge veranschaulicht. Andererseits werden auch Messanordnungen und Strukturformeln gezeichnet, und beispielsweise Gelmorphologien in Raster-elektronenmikroskopischen Aufnahmen dargestellt.

Die Tabellen enthalten neben ausgewählten thermodynamischen Daten auch Zusammenstellungen zum Beispiel von Meßverfahren und Untersuchungsmethoden oder auch von in der Literatur häufig verwendeten Adsorptionsisothermen.

Ein gut geführtes Sach- und Personenverzeichnis rundet das Buch ab. Zum erneuten Nachschlagen würde sich mancher Leser sicher noch ein Abbildungs- und Tabellenverzeichnis wünschen.

Insgesamt gelingt es dem Autor, die Einheit der Beschreibung der grenzflächen- und kolloidchemischen Phänomene, deren theoretische Durchdringung, sowie die Anwendungen in der Praxis herzustellen und bietet so ein interessantes Lehrbuch für fortgeschrittene Studenten und Mitarbeiter in der Industrie, die sich einführend über das Gebiet der Kolloidwissenschaft informieren möchten. *MB*



AEROSIL – FUMED SILICA

Die **Degussa AG** erneuert ihre Aerosil-Schriftenreihen und gibt dem Leser einen Einblick in die neuesten Erkenntnisse ihrer Anwendungstechnik rund um die pyrogene Kieselsäure. Alle Broschüren sind erhältlich unter Tel.: 06181 593936 oder per email: aerosil@degussa.com.

GASE, Service und Know-how

In dieser Druckschrift präsentiert die **Westfalen AG** die Leistungsvielfalt ihres Geschäftsbereichs Technische Gase. Der Prospekt ist in Deutsch, Englisch und Französisch unter Tel.: 0251 6950 oder per email: info@westfalen-ag.de erhältlich.



GEHÄUSEKATALOG

Die Neuauflage ist nun von der **Odenwälder Kunststoffwerke Gehäusesysteme GmbH** unter Tel.: 06281 40400 erhältlich. Der gesamte Katalog kann auch produktgruppenweise aus dem Internet unter www.okw.com heruntergeladen werden.



LABOROFENKATALOG

Linn High Therm präsentiert einen zehneitigen Katalog mit Laboröfen sowie Mikrowellen- und Induktionserwärmungsanlagen, die in Werkstoffforschung, QS und F&E eingesetzt werden. Der Katalog ist kostenlos in Deutsche und Englisch erhältlich unter Tel.: 09665 91400 oder per email: info@linn.de.



NALGENE Über 40 neue, bruch- sichere Plastik-Laborartikel aus 21 Spezial-Kunststoffen zeigt die kostenlose Farbbroschüre von **Nalge Nunc International**. Fax-anforderung: +44 1732 453166.

SPECTROFLUX Analytische Flussmittel

Die zwölfseitige Informationsbroschüre von **Alfa Aesar** enthält eine ausführliche Beschreibung der Spectroflux Reihe analytischer Flussmittel für die Analyse von feuerfesten Materialien. Gebührenfrei bestellen unter Tel.: 00 800 4566 4566 oder per email: gcat@mathey.com.



VERPACKUNGS-, Rohrleitungs- und Gefahrstoff-Kennzeichnung

Der neu aufgelegte Spezialkatalog der **Kroschke sign-international GmbH** enthält ein erweitertes Sortiment. Neu sind beispielsweise Rohrleitungseizeticketten im Großformat für Rohre, die in großer Entfernung liegen. Tel.: 0531 318174



TERMINE

19.-20.08.2002

Qualitative Anforderungen an Probenahme und Analytik

Seminar des Umweltinstituts Offenbach
Tel. 069 810679; www.umweltinstitut.de

26.-30.08.2002

Kompaktwissen für Qualitätsmanager

Seminar der IIR Deutschland GmbH in Eschborn
Tel. 06196 585460; www.iir.de

05. - 06.09.2002

Grundlagen der Lichtmikroskopie

Seminar der Olympus Akademie in Hamburg
Tel. 040 23773160; www.olympus-akademie.de

10.-12.09.2002

Kopplung der ETV mit dem ICP-OES

Schulung von ThermoElemental in Neu-Isenburg
Tel. 06102 3671200; www.thermoelemental.de

18.09.2002

Anwender-Training Bohlin

Theoretische Grundlagen, praktisches Arbeiten anhand mitgebrachter Proben, Softwareschulung der Bohlin Instruments GmbH in Pforzheim
Tel. 07231 580360; www.bohlin.de

23. -24.09.2002

Projektleiter und Beauftragter für die biologische Sicherheit

Kurs des Forschungszentrums Karlsruhe
Tel. 07247 824045; www.fortbildung.fzk.de

30.09.-02.10.2002

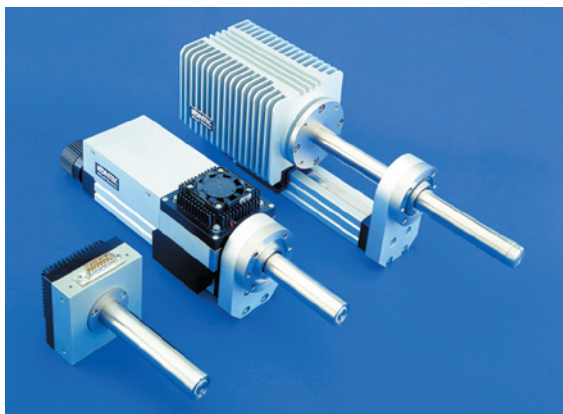
NanoBioTec

Kongress und Ausstellung in Münster
Tel. 0251 9801860; www.nanobiotec.de

09. -10.10.2002

Praktische UV-Vis-Spektroskopie I

Grundlagenkurs der WiT - Wissenstransfer in Tübingen
Tel. 07071 295101; www.uni.tuebingen.de/wit



Röntgenanalytik-Detektor

Das Herzstück des XFlash-Detektors von LOT Oriel für die Röntgenspektrometrie bei Raumtemperatur ist ein Silizium-Chip mit 5 bzw. 10 mm² aktiver Fläche, der nach dem Driftkammer-Prinzip arbeitet. Ursprünglich unter anderem eingesetzt für die Röntgenspektroskopie bei Welt- raumsatteliten-Missionen, steht mit dem Röntec XFlash System diese neue Detektortechnologie jetzt für einen weiten Bereich kommerzieller Anwendungen der Röntgenanalytik zur Verfügung.

Der XFlash kann hohe Impulsraten verarbeiten. Dabei werden Energieauflösungen wie von keinem anderen energiedispersiven Detektionsprinzip erreicht. Verglichen mit konventionellen EDX-Systemen führt das zu deutlich (zehnfach) reduzierten Messzeiten.

Bei mittleren Zählraten gewährleistet der XFlash eine Energieauflösung, die sonst nur mit deutlich teureren und mit flüssigem Stickstoff gekühlten Detektoren erreichbar ist.

Der Detektor arbeitet mit sehr kurzen Pulsformungszeiten. Dadurch ergeben sich niedrige Totzeiten und das Impuls-pile-up ist deutlich reduziert. Daher benötigen Sie gegenüber konventionellen Systemen wesentlich kürzere Zeiten, um bei einer gegebenen Impulsbelastung in einem Spektrum die gleiche Anzahl von Impulsen zu registrieren.

Bei kleinen Impulsraten ist der XFlash allen anderen Detektoren überlegen, die bei oder nahe der Raumtemperatur arbeiten, wie zum Beispiel PIN-Dioden.

Die Energieauflösung von besser als 139 eV (MnK α) bei 1000 cps ist garantiert.

LOT-Oriel GmbH & Co. KG
Im Tiefen See 58, D-64293 Darmstadt
Dr. Jürgen Schlütter
Tel.: 06151/8806-44
infor@lot-oriel.de

Luminometer für Mikrotiterplatten

Das neue Mikrotiterplatten-Luminometer Centro von Berthold Technologies vereint hohe Empfindlichkeit, niedrigen Crosstalk und niedriges Rauschen bei geringem Platzbedarf.

Der Centro LB 960 ist in drei Versionen erhältlich, als:

- Grundversion: für Glow-Lumineszenz in 96er Platten
- Reportergeren Centro: speziell ausgelegt für Reportergeren-Applikationen wie z. B. das „Dual Luciferase Reportergerene Assay System“ von Promega
- HTS Centro: für Glow- und Flash-Lumineszenz in 96er und 384er Mikrotiterplatten

Die Grundversion ist für alle Glow-Lumineszenz-Applikationen in 96er Platten geeignet. Sie ist für Anwender mit begrenztem Budget ideal.

Der Reportergeren Centro unterstützt die Verrechnungen der Promega Assays und kann mit bis zu drei Injektoren (10-100 μ l)

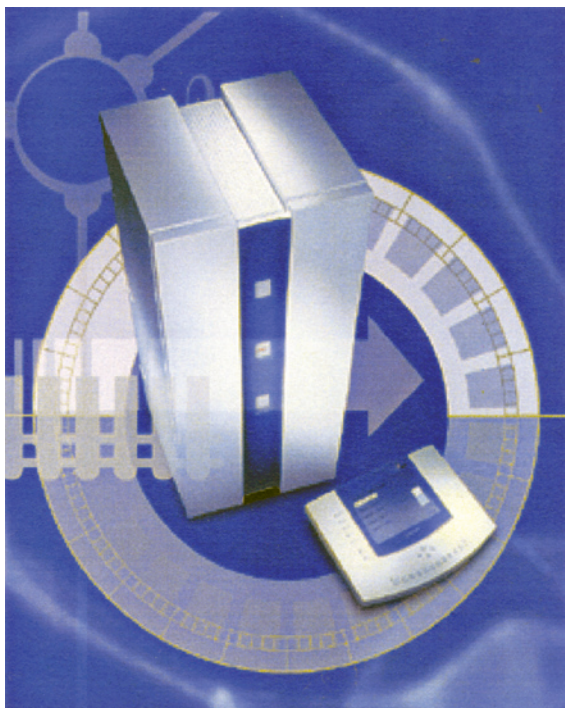
ausgerüstet werden. Diese Jet-Injektoren von Berthold Technologies sind bewährt und zeichnen sich durch eine hohe Reproduzierbarkeit, Wartungsfreiheit und hohe Präzision aus. Außerdem bewirkt die hohe Einspritzgeschwindigkeit eine schnelle und vollständige Durchmischung der Reagenzien, wie sie zum Beispiel beim DLR-Assay gefordert wird.

Zusätzlich zu den oben genannten Funktionen kann beim HTS Centro Software-gesteuert zwischen 96er und 384er Plattenformaten umgeschaltet werden. Roboter-Schnittstellen über einen com-Server und Schnittstellen zu Zymark's „Twister“ und Hudson's „Plate Crane“ werden zur Zeit entwickelt und runden das Bild ab. Alle Geräte sind mit linearem, orbitalem und doppelorbitalem Schüttler ausgestattet und können mit einer Abfallpumpe zum Auffangen von Füll- und Waschflüssigkeit der Injektoren ausgerüstet werden.

Weitere Funktionen wie zum Beispiel Kinetik, Wiederholungsmessungen, Scanning und Batch-Verarbeitung sind zusätzliche Optionen in den verschiedenen Ausbaustufen.

Berthold Technologies GmbH & Co.KG
Calmbacher Str. 22
D-75323 Bad Wildbad
Tel.: 07081 177272
Fax: 07081 177448
berthold@bertholdtech.com
www.bertholdtech.com





Stickstoff-Bestimmung

Nach der erfolgreichen Markteinführung von Ganimede-P ist die neue Analyseeinheit Ganimede-N die konsequente Fortsetzung in der LANGE Laborautomation.

Das patentierte Hochtemperatur-Modul mit Blitzkühlung, welches sich beim Ganimede-P bereits bewährt hat, schließt die Proben innerhalb kürzester Zeit auf. Die Analysenmethode des Ganimede-N entspricht den Anforderungen der DIN EN ISO 11905-1. Mit Bestimmungsgrenzen von 0,5 – 200 mg/l deckt Ganimede-N ein breites Probenspektrum ab. Die Auswertung erfolgt photometrisch im UV-Bereich. Es können in Serie bis zu 50 Proben analysiert werden. Die gesamte Analysendauer für eine Probe beträgt etwa fünf Minuten. Das zeitaufwendige Ansetzen eigener Reagenzien entfällt, denn auch beim Ganimede-N steht vorkonfektionierte Chemie zur Verfügung, die bei hohem Analysenkomfort ein Bestmaß an Qualität ermöglicht.

Dr. Bruno Lange GmbH & Co. KG
Willstätter Str. 11, D-40549 Düsseldorf
Tel.: 0211 52880, Fax: 0211 5288143
kundenservice@drlange.de
www.drlange.de

**CLB-Mediadaten und
Links zu Firmenseiten:**

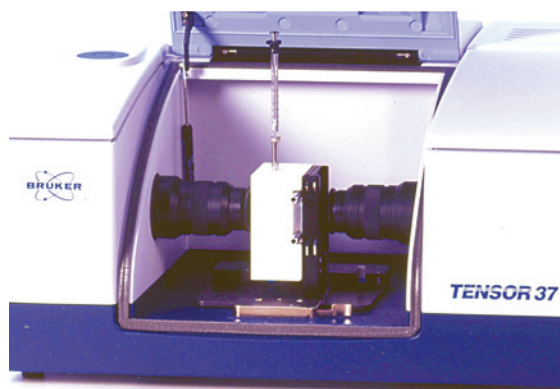
www.clb.de

Protein- Konformationsanalyse

Die Bruker Optik GmbH hat ein FTIR System zur schnellen und einfachen Sekundärstrukturbestimmung von Proteinen entwickelt. Kernstück des Confocheck ist eine spezielle Messzelle für wässrige Protein-Lösungen (H_2O , D_2O), die im Durchfluss befüllbar und daher ausgesprochen anwenderfreundlich ist. Mit Hilfe eines empfindlichen Detektors werden sehr kurze Messzeiten (ca. 30 Sekunden) erreicht. Unter Verwendung der enthaltenen Protein-Spektrenbibliothek wird mit Hilfe eines modernen multivariaten Auswerteverfahrens der Anteil von alpha-Helix- und beta-Faltblatt von Proteinen mit unbekannter Struktur bestimmt. Neben den Sekundärstrukturelementen von Proteinen sind mit dem Confocheck insbesondere auch Konformationsänderungen von Proteinen erkennbar. Strukturveränderungen bei Protein-Liganden-Bindungen oder beim Wechsel der chemischen und physikalischen Bedingungen können sehr empfindlich gemessen werden.

Die integrierte Temperiereinheit ermöglicht die Analyse von temperaturinduzierten Entfaltungs- und Rückfaltungsreaktionen. Zur Untersuchung von Membranproteinen steht eine spezielle ATR-Messzelle zur Verfügung.

Bruker Optik GmbH
Rudolf-Plank-Str. 23, D-76275 Ettlingen
Tel: 07243 504600 Fax: 07243 504698
optik@bruker.de www.bruker.de/optik





Abfüllautomat für kleine Serien

Die neue Perifill IQ 2000 hat jetzt ein Gedächtnis. Sie merkt sich das zuletzt dosierte Volumen und die zugehörige Kalibrierung nach jedem Ausschalten. Die Bedienung ist noch einfacher geworden: Das Kalibrieren geht schneller. Alle Bedienungselemente mit Bedienungshinweisen sind übersichtlich auf der Frontplatte angeordnet. Die Perifill dosiert mit einer Genauigkeit von $\pm 0,5\%$, wie es sie sonst bei keiner anderen Schlauchpumpe gibt. Mit den Standard-Schlauchsets liefert sie 0,5 ml bis 1 000 ml. Mit einem neuentwickelten Spezialschlauch können selbst kleinste Volumina ab $60 \mu\text{l}$ mit großer Präzision dosiert werden.

Auch der Trayscan hat eine „Verjüngungskur“ hinter sich. Er ist jetzt ganz aus mattiertem Edelstahl und dadurch leicht zu reinigen. Die Kombination Perifill & Trayscan ergibt den idealen Abfüllautomaten für kleine Serien. Die Perifill liefert das benötigte Volumen. Der Trayscan führt den Abfüllstutzen exakt über die Öffnung der zu befüllenden Flasche. Falls das Füllgut nachtropfen sollte, wartet der Trayscan, bis der Tropfen fällt und geht erst dann automatisch zur nächsten Position. Wenn das letzte Fläschchen gefüllt ist, ertönt ein akustisches Signal.

Die Perifill hat sich in Labors und bei Pharma- und Diagnostikproduzenten bewährt. Sie schätzen die robuste Konstruktion, einfache Bedienung und hohe Zuverlässigkeit.

Zinsser Analytic GmbH
Eschborner Landstr. 135, 60489 Frankfurt
Tel.: 069 7891060, Fax: 069 78910680
info@zinsser-analytic.com

Automatisches Digitalrefraktometer

Die aktuelle Generation der automatischen Digitalrefraktometer Abbemat der Dr. Kernchen GmbH erreicht eine Auflösung von 10^{-6} nD in der Brechzahl. Die Messbereiche betragen je nach Modell 1,3 – 1,56 nD (HP-Modell) bzw. 1,30 – 1,72 (WR-Modell), so dass auch organische Lösungsmittel, Duftstoffe oder Aromen problemlos gemessen werden können. Innerhalb eines Temperaturbereiches von 10-70°C regelt ein interner Peltier-Thermostat die Temperatur des Messprismas und der Probe auf $\pm 0,03^\circ\text{C}$ genau, so dass kein zusätzlicher externer Thermostat erforderlich ist. Die Temperaturstabilität beträgt $\pm 0,002^\circ\text{C}$. Ein PC dient als intelligente Bedienkonsole, eine Benutzerverwaltung, eine Vielzahl unterschiedlicher Messmodi, einfache Kalibrierung und eine GLP-konforme Datenaufzeichnung runden die Ausstattungsmerkmale ab.

Dr. Wolfgang Kernchen GmbH
Albert-Einstein-Str. 5, D-30926 Seelze
Tel.: 0511 40095-0, Fax: 0511 40095-34
sales@kernchen.de, www.kernchen.de

Infrarot-Feuchtemessung

Das Same Spot Messverfahren, die neue Infrarot-Feuchtemessung der IBS Vision Technologies AG (IVT) arbeitet mit einer zeit- und ortgleichen Abtastung des Messgutes und ermittelt sowohl die Restfeuchte von Papier als auch das Flächengewicht von Beschichtungen mit einer höheren Genauigkeit als

herkömmliche sequentielle Messverfahren.

Die primäre Messgröße entsteht durch Vergleich der Wellenlängen an der Absorptionsbande mit einer Referenzwellenlänge. Messwertaufnehmer ist ein lichtempfindlicher Widerstand, in der Regel ein PbS- oder ein PbSe-Element. Bei der Same Spot Messung entsteht die höhere Genauigkeit auch deshalb, weil das abgetastete Licht durch die Verteilung in einem speziellen Lichtfilter zeitgleich auf bis zu sechs Detektoren verteilt wird. Eine Hold-Schaltung gewährleistet, dass die Detektoren alle Informationen zum selben Zeitpunkt und vom selben Ort der Bahnware erfassen.

IBS Vision Technologies
Industriegebiet Scheid 16
D-56651 Niederrissen
Tel.: 0263697 460, Fax: 02636 974645
www.ivt-ag.de

Mikro-Gaschromatograph

Agilent Technologies Europe bietet jetzt das vielseitigste Gerät aus seiner Produktfamilie der Mikro GCs für die schnelle Analyse von komplexen Gasmischungen vor Ort an. Im neuen Agilent 3000 Mikro-GC können bis zu vier Kanäle gleichzeitig Messungen durchführen. Die modulare Bauweise des Systems ermöglicht ein breit gefächertes Applikationsspektrum, beispielsweise in den Bereichen Brennstoffzellen, Raffineriegas, Erdgas, hochreine Industriegase, in der Öl- und Gasexploration und der Petrochemie. Eine intuitive und einfach zu bedienende Benutzeroberfläche ermöglicht es auch Laien, Proben zu analysieren und Ergebnisse zu erzielen. Ferner ist der Wärmeleitfähigkeitsdetektor (TCD) des Systems mit einem erweiterten dynamischen Messbereich um den Faktor 10 empfindlicher als herkömmliche TCDs.

Agilent Technologies Deutschland GmbH
Herrenberger Str. 130, 71034 Böblingen
Tel.: 07031 4640, Fax: 07031 4642020

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

ARÄOMETER

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



ARBEITSSCHUTZARTIKEL

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



BIMSSTEINGRANULATE UND -MEHLE

Joseph Raab GmbH & Cie. KG
Postfach 2261
D-56512 Neuwied
Tel. 02631 913-178
Fax 02631 913-170



BSB-BESTIMMUNG

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

CHEMIKALIEN

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



DEUTERIUMLAMPEN

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



DICHTUNGSSCHEIBEN AUS GUMMI MIT AUFVULKANISIERTER PTFE-FOLIE

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

DOSIERPUMPEN

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

FTIR-SPEKTROMETER-ZUBEHÖR

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



GEFRIERTROCKNER

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

GEFRIERTROCKNUNGSANLAGEN



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



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

HOHLKATHODENLAMPEN

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



KALIBRATIONSSTANDARD

Starna GmbH
Postfach 1206, D-64311 Pfungstadt
Tel. 06157 2813, Fax 06157 85564
www.starna.de, starna@t-online.de

KÜHL- UND TIEFKÜHLGERÄTE



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



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

KÜVETTEN

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

Starna GmbH
Postfach 1206, D-64311 Pfungstadt
Tel. 06157 2813, Fax 06157 85564
www.starna.de, starna@t-online.de

LABORCHEMIKALIEN

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

LABOREINRICHTUNGEN

Köttermann GmbH & Co KG
Industriestr. 2-10
D-31311 Uetze/Hänigsen
Tel. 05147 976-0 Fax 05146 976-844
http://www.koettermann.com

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

Wesemann GmbH & Co.
Postfach 1461, D-28848 Syke
Tel. 04242 549-0, Fax 04242 549-39
http://www.wesemann.com

LABORHILFSMITTEL

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



LABOR-SCHLÄUCHE UND -STOPFEN AUS GUMMI

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

LABORZENTRIFUGEN, KÜHLZENTRIFUGEN



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



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



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

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

LEITFÄHIGKEITS-MESSGERÄTE



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

LEITFÄHIGKEITSMESSUNG

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

MIKROSKOPE



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

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

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

OPTISCHE TAUCHSONDEN

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

PARTIKELANALYSE



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

PH/REDOX-ISE-MESSUNG

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

PH-MESSGERÄTE

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



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

PHOTOMETR. WASSERANALYSE GERÄTE UND TESTSÄTZE

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

POLARIMETER



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

REFRAKTOMETER



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

REINIGUNGSMITTEL FÜR LABORGLAS



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

SAUERSTOFF-MESSGERÄTE



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

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

STERILISATOREN

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

TEMPERATUR-MESSGERÄTE

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



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

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

THERMOMETER

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



TIEFSTTEMPERATURMESSUNG

Cryophysics GmbH
Dolivostr. 9, D-64293 Darmstadt
Tel. 06151 8157-0, Fax 06151 8157-99
info@cryophysics.de

VAKUUMKONZENTRATOREN



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

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

WASSERDESTILLIERAPPARATE



Ges. f. Labortechnik mbH
Postfach 1152
D-30927 Burgwedel
Tel. 05139 9958-0
Fax 05139 9958-21
info@GFL.de
www.GFL.de

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

Die Quarzfadenwaage, als zur Zeit empfindlichstes Instrument, erlaubt gravimetrische Analysen mit Einwaagen von 1 γ . Natürlich müssen dann auch die übrigen Gerätschaften entsprechend verkleinert werden. Da gibt es also Platintiegelchen von 1 cm Durchmesser und $1/2$ cm Höhe, Bechergläschen von $1/10$ ccm Inhalt, winzige Filterstäbchen, um die Niederschläge gleich im Fällungsbecherrchen von der Lösung abtrennen zu können, und eine Menge kleinster Geräte, die eher in eine Puppenstube, als in die Hand ernsthafter Forscher zu gehören scheinen. Dabei sind sie trotz ihrer Winzigkeit wertvolle Werkzeuge, mit denen sich genau so sicher, aber sehr viel schneller arbeiten läßt, als mit den makroanalytischen Methoden. Ja, viele Probleme lassen sich überhaupt nur mit ihrer Hilfe lösen.

198

Ultra-Mikroanalyse

nen, und eine Menge kleinster Geräte, die eher in eine Puppenstube, als in die Hand ernsthafter Forscher zu gehören scheinen. Dabei sind sie trotz ihrer Winzigkeit wertvolle Werkzeuge, mit denen sich genau so sicher, aber sehr viel schneller arbeiten läßt, als mit den makroanalytischen Methoden. Ja, viele Probleme lassen sich überhaupt nur mit ihrer Hilfe lösen.

Büretten und Pipetten

Schneller als die Gravimetrie, wenn auch nicht immer so spezifisch wie diese, arbeitet die Titrimetrie. Volumetrische Bestimmungen lassen sich im Ultramikromaßstab besonders leicht ausführen, man versucht daher nach Möglichkeit, alles durch Titration zu erfassen. Das setzt natürlich voraus, daß man Büretten, Pipetten und Meßgefäße von entsprechend geringem Fassungsvermögen besitzt. Derlei Dinge sind leichter herzustellen als man glaubt, besonders Pipetten von 0,1 ccm Inhalt und weniger sind in der klinischen Blutuntersuchung schon seit langem im Gebrauch.

Natürlich muß man beachten, daß bei diesen kleinen Flüssigkeitsvolumen die Oberflächenspannung eine wichtige Rolle spielen: die kleinen Meßkolben lassen sich z. B. nicht durch Eingießen von Flüssigkeit füllen, wie ihre großen Verwandten. Man muß alles, was man hineinbringen will, aus feinen Pipetten vorsichtig hineinlaufen lassen, und was man aus den Meßkolben entnehmen will, das muß wieder mit Pipetten aufgesaugt werden, denn beim Umkehren fließt aus so engen Gefäßen nichts mehr aus. In manchen Fällen macht man sozusagen aus der Not eine Tugend, und verwendet die sonst so störende Kapillarattraktion dazu, Büretten und Pipetten zu konstruieren, die sich durch Kapillarwirkung von selbst füllen, wenn man sie in Lösungen eintaucht (Abb. 3).

Die Volumeneinheit des Ultramikrochemikers ist der $1/1000$ ccm = 1 Lambda, geschrieben λ . Seine Pipetten haben 5 bis 100 λ Inhalt (Abb. 4); wo die Makrochemie mit Meßkolben von 50 bis 500 ccm arbeitet, verwendet die Ultramikrochemie Fläschchen von 50 bis 500 λ = 0,5 ccm (Abb. 5). Die Büretten fassen gewöhnlich 100 λ , wie üblich in 1000 Teile zu 0,1 λ unterteilt. Für der-

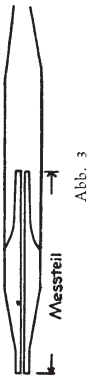


Abb. 3

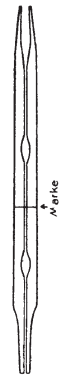


Abb. 4

Ultra-Mikroanalyse

199

artig kleine Flüssigkeitsmengen sind selbst die Mikrobecher der gravimetrischen Ultramikroanalyse noch zu groß, man faßt die zu titrierende Probe daher in schmale Röhrchen (Abb. 6), besser aber verwendet man dickwandige Porzellanschalen als Behälter für die zu titrierende Lösung (Abb. 7). Aller kleinste Tropfen bringt man einfach auf einen schwach ausgehöhlten Paraffinblock, wo sie als Kugel liegen bleiben, ohne sich auszubreiten.

Die Büretten selbst sind in den meisten Fällen enge Kapillaren mit feiner Spitze. Natürlich ist es ganz unmöglich, bei der Titration die Meßlösung etwa tropfenweise zuzufügen, der gesamte Inhalt der Bürette beträgt ja weniger als einen Tropfen. Schon *Ernich* schlug daher vor, die Bürettenspitze in die zu titrierende Lösung einzutauchen. So kann man die Normallösung in beliebig kleinen Anteilen zuführen, ohne an die Tropfengröße gebunden zu sein. Die Teilung ist nicht auf der Bürette selbst, sondern auf einem dahinter verschiebbar angebrachten Maßstab aufgetragen. Zur Einstellung der Bürette auf den Nullpunkt verschiebt man die Skala einfach so lange, bis ihr Nullpunkt mit dem Anfangspunkt der Flüssigkeitssäule zusammenfällt.



Abb. 5

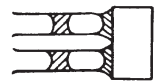


Abb. 6



Abb. 7

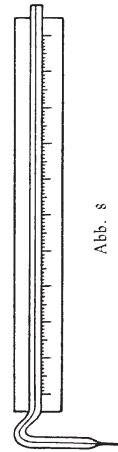


Abb. 8

Manche Büretten sind horizontal aufgehängt (Abb. 8), mit senkrecht nach unten abgebogener Spitze. Solche Geräte füllen sich von selbst, wenn man die Bürettenspitze in Flüssigkeit eintaucht, und geben ihren Inhalt wieder ab, wenn man sie nur wenig neigt und dabei die Spitze eintaucht. Andere Konstruktionen lassen die Maßflüssigkeit unter geringem Luftdruck austreten, am genauesten arbeiten jedoch diejenigen, bei denen die Meßkapillare unmittelbar an ein mit Quecksilber gefülltes Gefäß anschließt. In dieses wird ein feiner Stahldraht mit Hilfe einer Mikrometerschraube mehr oder weniger tief eingetaucht, und soviel Quecksilber der Stahldraht bei seinem Eintauchen verdrängt, soviel Meßlösung wird durch das Quecksilber, welches nur nach der Seite der Kapillare ausweichen kann, aus der Bürettenspitze herausgedrückt.

CLB

FAX-Hotline: 06223-9707-41

Für nur 70,50 Euro 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!

Abo-Bestellcoupon

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

Datum / 1. Unterschrift

Name / Vorname

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

Straße / Postfach

Land / PLZ / Ort

Datum / 2. Unterschrift

Telefon oder e-Mail



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

www.clb.de

*von iwv-registrierten Zeitschriften
laut iwv-Auflagenliste 1/2002 in der Kategorie
Fachzeitschriften: Wissenschaftliche Zeitschriften (09),
außer Mitgliedszeitschriften wissenschaftlicher Gesellschaften