

CLB

CHEMIE IN LABOR UND BIOTECHNIK

11
2001



Nobelpreis und X-Strahlen

Bioinformatik

Photokatalyse

Biokatalyse

Rubikon

Agentur und Verlag
für technische und
wissenschaftliche Fachinformation

- Zeitschriften
- Broschüren
- Korrespondenzen

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

in Eigenproduktion
und Auftragsarbeit

www.rubikon.de



Wir helfen
bei Ihrer
Kommunikations-
aufgabe



Preisausschreiben Ausschnitt aus??

Liebe Leser,

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

Auf welcher Seite befindet sich das Foto, dem dieser Aus-



schnitt entnommen worden ist?

Einsendungen mit der richtigen Antwort und einem Hinweis auf die interessanteste Information aus dieser CLB nehmen an der Verlosung des Rubikon-Weines (siehe nebenstehendes Bild) teil, wenn sie bis zum Freitag, den **7. Dezember 2001** die Redaktion erreichen (Brief, Fax oder e-Mail; siehe Impressum). Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.

Die Lösung des Preisausschreibens aus der Oktober-Ausgabe der CLB war: Seite 378.

Die Gewinner sind:
Walter Hess, Stadtentwässerung Mannheim;
Helga John, Ciba Analytik.

Herzlichen Glückwunsch!

Besonders sachlich, informativ und verständlich fanden die meisten Leser den Artikel über den „Goldenen Schnitt“, aber auch „Kulturmedien“ (Memory) sowie die aktuelle Biotechnica-Berichterstattung.



Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,

„Wo wir sind, ist unten.“ Diese Vorstellung von der wirtschaftlichen Gesamtsituation treibt momentan Unternehmensbossen, Aktionären und Politikern, den Menschen allgemein tiefe Sorgenfalten auf die Stirn. Bei aller Kaufzurückhaltung etwa bei Neuwagen (die ja einen immer höheren Chemieanteil haben) oder anderen Konsumgütern (zum Glück wird weiter gegessen und mit Pharmaka geheilt und gelindert): Eine neue Nachfrage wird kommen, sei es aus Substitutionsgründen, sei es, um über moderne Technik zu verfügen.

Die Lage lässt durchaus hoffen; viel tiefer kann es kaum gehen, „choder“ – wie die Schweizer gerne eine Aussage bestätigen. Die Unternehmen nutzen die Zeit, reorganisieren sich, erschließen neue Geschäftsfelder mit hoch entwickelter Technologie und höherer Wertschöpfung. Dr. Jürgen Strube, Vorstandschef von Deutschlands größtem Chemieunternehmen, verlautbarte in seinem Bericht zum 3. Quartal beispielsweise: „Mit der Straffung unserer Organisation machen wir uns mittelfristig bereit für den nächsten Aufschwung.“ Und sein Vorstandskollege Dr. Stefan Marcinowski beschworte einen Dreiklang von Innovationsstrategie: neue Produkte, neue Verfahren, neue Märkte. Ähnliche Verhaltensmuster kann man auch an kleineren Unternehmen erkennen, wie das Beispiel SGL Carbon (siehe Seite 433) zeigt.

Von einer historischen Innovation der besonderen Art berichtet unser erster Artikel: Die „X-Strahlen“ haben nicht nur die medizinische Diagnostik umgekränpelt, sondern ebenso die chemische Analytik nach vorne gebracht, bis hin zur Strukturaufklärung der DNS. Diese wiederum legte den Grundstein für die Molekularbiologie, die äußerst viele Informationen beherbergt. Ein ganz neues Tätigkeitsfeld ist jetzt darauf gerichtet, diese Informationen sinnvoll zu speichern und anzuwenden: die Bioinformatik. In diesem Feld gibt es so viel zu tun, dass es chronisch an Nachwuchs mangelt. Diesem Zustand will man jetzt auch mit Ausbildungsgängen entgegengehen, die zu dem praxisnahen Feld der Assistenzberufe führen (siehe Seite 409). In einem Interview zur Entwicklung der Bioinformatik begrüßt MWG Biotech-Chefinformatiker Dr. Bernd Drescher diese Herangehensweise (Seite 412). Wer sich in Bioinformatik engagiert, dürfte wohl längerfristig zu den Gewinnern zählen. Der Markt soll sich in den USA (und das sollte bei uns ähnlich sein) bis 2007 verfünffachen (ausgehend von 2000).

Eins ist sicher: Markteröffnungen durch Innovationen gelingen nur durch ständige Weiterbildung. Dazu will die CLB weiter ihren Beitrag leisten, in diesem Heft auch mit Artikeln über Photo- und Biokatalyse (Seite 414 und Seite 422).

Viel Spaß beim Lesen wünscht

Ihr



Impressum

CLB
Chemie in Labor und Biotechnik

Verlag:

Agentur & Verlag Rubikon
für technische und wissenschaftliche Fachinformation
Rolf Kickuth

Anschrift:

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

Herausgeber:

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

Redaktion:

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

Redaktion CLB-Memory:

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

Ständige Mitarbeiter:

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

VBTA-Verbandsmitteilungen:

Thomas Wittling, Raiffeisenstraße 41, 86420 Diedorf,
Telefon (08 21) 3 27-23 30, Fax (0 82 38) 6 04 97

Anzeigenberatung: Lutz Krampitz

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

Abonnenbetreuer: Natalia Khilian

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

Layout und Satz: Agentur & Verlag Rubikon

Druck: Printec Offset, Ochshäuser Straße 45, 34123 Kassel

CLB erscheint monatlich.

Bezugspreise:

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

Anzeigenpreisliste:

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

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

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

ISSN 0943-6677



EDITORIAL

AUFSÄTZE

Seite
404

100 Jahre Nobelpreis

Der lange Weg von der X-Strahlung zur modernen Röntgenspektrometrie

Dr. Jörg Flock und Prof. Dr. Knut Ohls, Dortmund

Am 10. Dezember 1901 wurde erstmals der von Alfred Nobel gestiftete Preis verliehen, der sich in den vergangenen hundert Jahren für alle Forscher und Wissenschaftler zur international wichtigsten und renommiertesten Auszeichnung entwickelt hat. Die lange Reihe der im 20. Jahrhundert ausgezeichneten Preisträger spiegeln mit ihren wissenschaftlichen Leistungen die rasante technische Entwicklung in den verschiedenen Disziplinen dar. Ein derartiges Jubiläum bietet eine gute Gelegenheit, in die Wissenschaftsgeschichte einer Analyse-methode zurückzublicken, um zu erkennen, dass eine Vielzahl von Nobelpreisträgern die Basis für die heutigen instrumentellen Methoden gelegt haben.

Seite
409

Technische Assistenten für Bioinformatik und Molekularbiologie: Tätig in der Gentechnik als Partner der modernen Medizin Das Ausbildungsspektrum abrunden

Dr. Wolfram Müller, Überlingen

Nachdem es der Medizin und der Biologie im 19. und 20. Jahrhundert gelang, die Infektionskrankheiten weitgehend unter Kontrolle zu bekommen, treten nun Herz-Kreislauf-Krankheiten, Krebs, die Alzheimersche oder die Parkinsonsche Krankheit in den Vordergrund. Erbkrankheiten wie die Mukoviszidose (cystische Fibrose) oder Chorea Huntington (der erbliche Veitstanz), stellen ebenfalls ungelöste Probleme dar. Lösungen kann die Molekularbiologie liefern. Für den richtigen Umgang mit den riesigen, neu gewonnenen oder zu gewinnenden Datenmengen aus dieser und benachbarter Disziplinen benötigt man auf verschiedenen beruflichen Ebenen geschultes Personal. Neu ist der Ausbildungsgang „Technische/r Assistent/in für Bioinformatik und Molekularbiologie“ an der Jörg-Zürn-Gewerbeschule in Überlingen.

Seite
412

Interview mit MWG Biotech-Chefinformatiker Dr. Bernd Drescher Bioinformatiker findet man immer mehr beim Anwender

Bioinformatik hat vielfältige Gesichter. Ausbildungen in diesem Bereich sind daher auch nicht nur eine Angelegenheit von Universitäten. Dies bestätigte Dr. Bernd Drescher der CLB. Der Chefinformatiker der MWG Biotech AG, Ebersberg, hält auch Schulausbildungen in Bioinformatik für möglich und wünschenswert.

Seite 414 **Wasseraufbereitung durch Photokatalyse**
Giftige Metalle abbauen, edle gewinnen

Dr. Mounir A. Malati, Chatham

Untersucht wird der für die Umwelt bedeutsame Bereich des Abbaus toxischer Metalle aus verschmutztem Wasser durch Photokatalyse. Dabei wird nachgewiesen, dass die Metallverbindungen von Cr(VI), Hg(II), Cd(II) und Pb(II) auf diese Behandlung reagieren. Auch die wirtschaftlich bedeutende Rückgewinnung von Edelmetallen aus Lösungen kann durch Photokatalyse erreicht werden. Die Münzmetalle Kupfer, Silber und Gold lassen sich ebenso wie Platin aus Lösungen zurückgewinnen.

UMSCHAU

- 422** **Biokatalyse: Das Potenzial von Mikroorganismen und Enzymen nutzen**
- 426** **Detektoren für chemische und biologische Kampfstoffe: Angst kurbelt die weltweite Nachfrage nach Detektionssystemen an**

CLB-MEMORY

- Kulturmedien für die Mikrobiologie, Teil 2..... M 81
- Notfallchemie: Peroxide – Nein danke!..... M 85
- Die EN-Werte und ihre Historie, Teil 10 M 86
- Eine von sieben Basiseinheiten: Das Mol..... M 87
- Biosektor programmiert geprüft.....M 88

RUBRIKEN

- 402** **IMPRESSUM**
- 428** **TERMINE**
- 429** **LITERATUR**
- 431** **WIRTSCHAFT**
- 434** **FORSCHUNG UND TECHNIK**
- 436** **NEUE PRODUKTE**
- 439** **BEZUGSQUELLEN-VERZEICHNIS**



Mikroorganismen-Sammlung: Unerschöpfliches Reservoir an Enzymen (siehe Seiten 422 ff.)

Titelbild

Das Titelbild zeigt eine neue Pilotanlage zur kontinuierlichen Racemattrennung. Sie steht im „Zentralen Technikum Organisch (ZeTO)“ der Bayer AG in Leverkusen und arbeitet nach dem SMB-Verfahren (simulated moving bed). Es ermöglicht, enantiomerenreine Trennprodukte von mehr als 98 Prozent ee (enantiomeric excess) in einem Durchlauf zu erhalten. Die Anlage besteht aus acht Hochdrucksäulen mit einem Durchmesser von je 200 Millimetern. Je nach Trennaufgabe lassen sich mit ihr 100 Kilogramm bis fünf Tonnen racemisches Gemisch trennen. Die Anlage steht für Kundenaufträge zur Verfügung (Foto: Bayer AG). In anderem Zusammenhang berichtet auch unser Artikel ab Seite 422 über Racemattrennung.

Der lange Weg von der X-Strahlung zur modernen Röntgenspektrometrie

Dr. Jörg Flock und Prof. Dr. Knut Ohls, Dortmund

Am 10. Dezember 1901 wurde erstmals der von Alfred Nobel gestiftete Preis verliehen, der sich in den vergangenen hundert Jahren für alle Forscher und Wissenschaftler zur international wichtigsten und renommiertesten Auszeichnung entwickelt hat. Die lange Reihe der im 20. Jahrhundert ausgezeichneten Preisträger spiegeln mit ihren wissenschaftlichen Leistungen die rasante technische Entwicklung in den verschiedenen Disziplinen dar. Ein derartiges Jubiläum bietet eine gute Gelegenheit, in die Wissenschaftsgeschichte einer Analyse-methode zurückzublicken, um zu erkennen, dass eine Vielzahl von Nobelpreisträgern die Basis für die heutigen instrumentellen Methoden gelegt haben (Tab. 1).



Um die Entstehung dieses Preises zu verstehen, muss man sich mit dem Leben des Alfred Bernhard Nobel (1833-1896) beschäftigen (Abb. 1), der offensicht-

lich im Alter ein einsamer Mensch war und sein Vermögen lieber in einer Stiftung sah, als es der Familie zukommen zu lassen. Er wurde am 23. Oktober 1833 als dritter Sohn des Sprengstoff-fabrikanten Immanuel Nobel und seiner Frau Andrietta in Stockholm geboren, später kam zu den beiden älteren Brüdern Robert und Ludwig noch Emil als jüngerer hinzu. Wegen geschäftlicher Probleme verließ der Vater 1837 Schweden und ging nach St. Petersburg, wohin ihm die Familie 1842 folgte. Durch die Aufrüstung und den Krimkrieg (1853-1856) wurden sie wohlhabend und investierten viel Geld in die Ausbildung ihrer Söhne. Alfred Nobel war hochintelligent, interessierte sich für Literatur und sprach bald neben Schwedisch noch Russisch, Englisch, Französisch, Deutsch und Italienisch. Seine Eltern hatten ihn nämlich rund um die Welt geschickt, um seine naturwissenschaftlichen Kenntnisse zu erweitern, aber auch um ihn sein Interesse für die Schriftstellerei vergessen zu lassen. Dabei begeisterten



Abb. 1:
Alfred Nobel (1833-1896)

ihn auch die Naturwissenschaften, und hier besonders die Chemie und die Passion seines Vaters: Sprengstoffe.

Am Ende des Krimkrieges stand der Familienbetrieb erneut vor dem Bankrott, doch die drei älteren Brüder gründeten eine eigene Firma, mit der Robert und Ludwig reich wurden, später mit Alfreds Beteiligung ins Ölgeschäft in Baku einstiegen, die erste Pipeline und den ersten Öltanker bauten. Man nannte sie die „Rockefellers Russlands“. Alfred hatte auf einer seiner Reisen den italienischen Chemiker Ascanio Sobrero getroffen, der das hochexplosive Nitroglycerin hergestellt hatte. Damit experimentierte er in Zukunft, um diesen Sprengstoff handhabbar zu machen. 1863 ließ er eine Methode zur kontrollierten Explosion patentieren. Das reine Nitroglycerin ließ sich kaum transportieren. Beim Umgang damit explodierten eines Tages 140 Kilogramm. Acht Menschen kamen ums Leben, darunter auch sein Bruder Emil.

Tabelle 1
Nobelpreisträger mit dem Arbeitsgebiet Röntgenstrahlung

Nobelpreisträger	Arbeiten auf dem Gebiet der Röntgenstrahlung	Jahr der Verleihung
W. C. Röntgen (1845-1923)	Entdeckung der Röntgenstrahlen	1901
P. E. A. Lenard (1856-1940)	Arbeiten über Kathodenstrahlen	1905
J. J. Thomson (1856-1940)	Zusammenhang zw. Intensität der Röntgenstrahlung und Ordnungszahl	1906
Max von Laue (1879-1960)	Beugung von Röntgenstrahlen beim Durchgang durch Kristalle	1914
W. H. Bragg (1862-1942)	Erforschung der Kristallstrukturen	1915
W. L. Bragg (1890-1971)	mittels Röntgenstrahlen	
C. G. Barkla (1877-1944)	Entdeckung der charakteristischen Röntgenstrahlung	1917
K. M. G. Siegbahn (1886-1974)	Dispersion von Röntgenstrahlen	1924
A. H. Compton (1892-1962)	Entdeckung der M-Serie	
	Compton-Effekt	1927

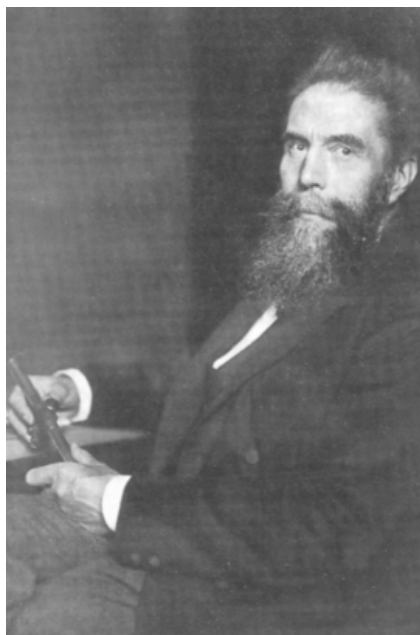
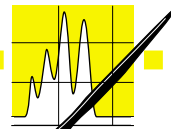


Abb. 2:
Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923)

Da die Industrialisierung den Bedarf an Sprengstoff stetig steigen ließ, gründete er ab 1865 zahlreiche Tochterfabriken, so in Krümmel bei Hamburg, in den USA und in Australien. Der Durchbruch kam dann 1866 mit der Erfindung des Dynamits (griech.: dynamis = Kraft), wobei Nitroglyzerin an Kieselgur adsorbiert ist und sich so gefahrlos transportieren lässt. Mit diesem Produkt wurde Alfred Nobel reich, beließ es jedoch nicht dabei, denn 1875 kamen noch die wirksamere Sprenggelatine und 1887 das Balistit (ein rauchloses Schießpulver) hinzu. Insgesamt besaß er 355 Patente. Grundlage seines Erfolges war seine Fähigkeit, die Erfindungen selbst zu vermarkten.

Er war ein moderner Arbeitgeber; es gab nicht nur guten Lohn für gute Arbeit, sondern auch schon eine Altersrente und freie ärztliche Versorgung für seine Mitarbeiter. Er war in dieser Beziehung ein Vorbild und blieb ein Kosmopolit, der nun schon seit 1873 in Paris lebte, doch ständig durch die Welt reiste. Dafür klappte es nicht so gut mit dem Privatleben. Seine große Liebe war wohl seine Sekretärin Bertha von Kinsky. Die heiratete jedoch Arthur von Suttner und wurde zur wichtigsten Figur der damaligen Friedensbewegung. Dennoch blieben

beide lebenslang befreundet. Letztendlich plagten auch Alfred Nobel pazifistische Gedanken, denn sein Vermögen war auch mit dem Leid anderer erworben. Er starb am 10. Dezember 1896 in San Remo und ist heute der weltweit bekannteste Schwede.

Weniger erbaut war sowohl die Verwandtschaft als auch die schwedische Öffentlichkeit über das einmalige Testament von 1895, das ein Jahr nach seinem Tod veröffentlicht wurde. Darin hatte er bestimmt, dass der größte Teil seines Vermögens von 32 Millionen Kronen in Staatsanleihen anzulegen und ein Fonds zu gründen sei. Die Rendite sollte zu fünf gleichen Teilen als Preissumme an Personen vergeben werden, deren wissenschaftliche Leistung ein Dienst für die Menschheit darstellt. Damit sollen Leistungen in den Disziplinen Physik, Chemie, Physiologie oder Medizin, Literatur sowie besonderes Engagement für den Frieden gewürdigt werden. Die Anweisungen ließen kein Detail aus. Beispielsweise soll dieser Preis nur an Einzelpersonen (außer: Frieden) ohne Ansehen der Nationalität verliehen werden, wobei es möglich ist, ihn unter maximal drei Personen aufzuteilen. Auch haben nur Einzelpersonen das Vorschlagsrecht; die Unterstützung von Staaten oder Organisationen ist nicht erlaubt. In den Naturwissenschaften befragt man etwa 3000 Experten weltweit, deren Vorschläge zum 1. Februar vorliegen müssen. Um Alfred Nobels Geburtstag herum erfolgt die Bekanntgabe der Preisträger. Die Preise werden dann an seinem Todestag, dem 10. Dezember, überreicht. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass es seit 1969 noch einen Preis für Wirtschaftswissenschaften gibt.

Wegen zahlreicher Widerstände gegen dieses Vermächtnis und nach Abfindung der Familie mit den russischen Geschäftsanteilen kam es erst 1898 zu einer Vereinbarung, aufgrund der die Nobelstiftung ihre Arbeit am 1. Juli 1900 aufnehmen konnte. Nach dem Willen Alfred Nobels erfolgte dann die erste Verleihung von Nobelpreisen am 10. Dezember 1901. Jeder Preisträger erhielt damals als Preisgeld 50 000 Kronen.

■ Erster Nobelpreis für Physik an W. C. Röntgen

Die Geschichte der modernen Röntgenspektrometrie beginnt mit der Entdeckung der X-Strahlung, für die Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) den ersten Nobelpreis für Physik erhielt (Abb. 2). Sicherlich hatte dieser Preis damals nicht die heutige Bedeutung, dennoch war ihm Neid anderer sicher, besonders durch P. E. A. Lenard (1862-1947), der sich selbst für den Entdecker der X-Strahlen hielt. Er mag sie gesehen haben, doch konnte er sie nicht deuten. Immerhin gab es sechs Jahre nach der Entdeckung der X-Strahlen, die in Deutschland heute als Röntgenstrahlen jedermann bekannt sind, bereits weltweit zahlreiche Anwendungen in der Medizin. Die „Durchleuchtung“ des Menschen war ein bedeutender Fortschritt in der Diagnostik (Abb. 3), und sie ist bis heute unverändert wichtig geblieben. Auf jeden Fall erfüllte so W. C. Röntgen alle Anforderungen von Alfred Nobel, besonders diejenigen im Hinblick auf den Dienst an der Menschheit. Diesem ersten Nobelpreis für Physik lag also eine weise Entscheidung zugrunde.

Wer war nun dieser deutsche Professor? W. C. Röntgen wurde am 27. März 1845 in Lennep bei Remscheid geboren. Seine Eltern, Charlotte, geb. Frowein, und Friedrich Conrad Röntgen, zogen bereits 1848 nach Apeldoorn (Niederlande), wo er nach der Grundausbildung ab 1862 die Technische Schule Utrecht besuchte. 1865 erlangte er die Hochschulreife für die Universität Utrecht im Fach Maschinenbau, wechselte jedoch im selben Jahr an die bekannte ETH Zürich. Nach dem Diplom in Maschinenbau promovierte er 1869 zum Dr. phil. Bei dem Physiker August Kundt, mit dem er als dessen Assistent 1870 an die Julius-Maximilians-Universität Würzburg ging und ihm auch drei Jahre später an die Kaiser-Wilhelm-Universität Straßburg



Abb. 3:
Die erste Röntgenaufnahme – die Hand von Bertha Röntgen. Diese Aufnahme läutete einen bedeutenden Fortschritt in der medizinischen Diagnostik ein.

elektromagnetischen Welle: der X- oder auch Bremsstrahlung. Daneben entsteht aber, wie 1905 von Charles Glover Barkla (1877-1944) erkannt wurde, in geringer Intensität noch eine weitere, periodische Strahlung, deren Wellenlängen „für den Stoff charakteristisch“ sind, auf den die Elektronen auftreffen. In den folgenden Jahren hat Röntgen die Eigenschaften seiner Strahlen ausführlich erforscht. Sie vermögen alle Stoffe zu durchdringen, und zwar umso leichter, je geringer ihre Dichte ist. Das Durchdringungsvermögen nimmt mit fallender Wellenlänge infolge der höheren Energie zu. Verschiedene Stoffe zeigen somit eine unterschiedliche Absorption der Strahlen, die eine starke chemische Wirkung haben, z.B. Gase ionisieren können, und eine überaus geringe Brechung aufweisen. Ihre biologische Wirkung ist erheblich stärker als die des UV-Lichtes, nur γ -Strahlen und die kosmischen sind gefährlicher.

folgte. Inzwischen hatte er 1872 Bertha Ludwig geheiratet. 1874 habilitierte er dort und wurde bereits ein Jahr später als Professor für Physik und Mathematik an die Landwirtschaftliche Akademie Hohenheim berufen. 1876 ging er als a.o. Professor für theoretische Physik zurück nach Straßburg. Drei Jahre später wurde er als Ordinarius nach Gießen berufen. Neun Jahre später – also 1888 – kehrte er nach Würzburg zurück und wurde 1894 Rektor dieser Universität. Nach der Erkennung und Deutung der X-Strahlen 1895 wechselte er 1900 an die Ludwig-Maximilians-Universität München und lehrte dort weitere 20 Jahre. Seine Frau starb 1919 80-jährig und er selbst vier Jahre später, genau so vereinsamt wie einst Alfred Nobel. Nur Lenard hatte ihn immer noch bis zu seinem Ableben bekämpft; wandte sich nun aber mit seinem Neid Albert Einstein zu.

Die „neue Art von Strahlen“ fand W.C. Röntgen bei Experimenten mit dem „Lenard-Rohr“, einer Anordnung zur Erzeugung von Kathodenstrahlen. Mit diesen hatten sich seit J. Plücker (1801-1868) in Bonn, sein Schüler J. W. Hittorf (1824-1914), sowie später E. Goldstein (1850-1930) in Berlin, der Spektralanalytiker W. Crookes (1832-1919) in London und eben der schon

genannte P. E. A. Lenard in Heidelberg beschäftigt, der 1905 den Nobelpreis erhielt. Wenn Kathodenstrahlen, also schnell bewegte Elektronen, die einen Strom darstellen, auf ein Hindernis (Target) prallen, dann entsteht durch die Bremsung ihrer Bewegung und den Wegfall des erzeugten magnetischen Feldes eine plötzliche Änderung der Stromstärke. Die Folge davon ist das Auftreten einer nichtperiodischen,

■ Von der X-Strahlung zur Röntgen-Spektrometrie

C.G. Barkla hatte die X-Strahlen polarisieren können (Barkla-Filter) und ihre spektroskopische Bedeutung vorhergesagt. Das Röntgen-Licht, so war vermutet worden, müsse kurzwelliger sein als das UV-Licht. Dies konnte Max von Laue 1912 in Berlin dadurch beweisen, dass er die Röntgenstrahlen

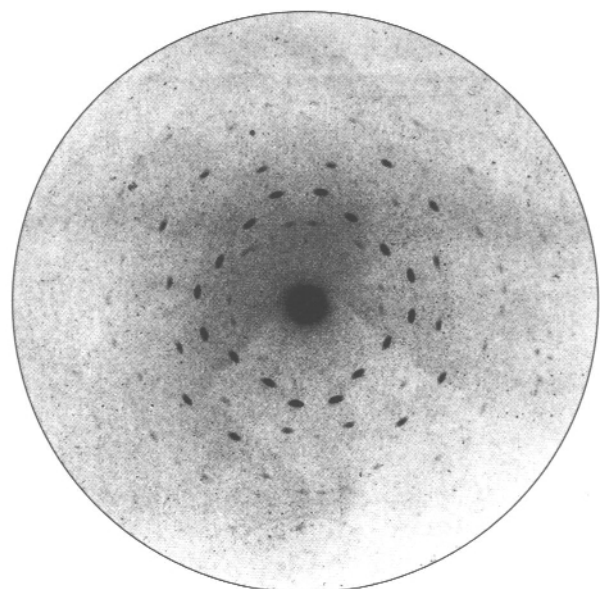
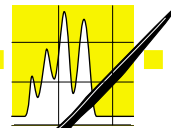


Abb. 4:
Zinkblende – Strukturaufnahme durch M. von Laue



AUFSÄTZE

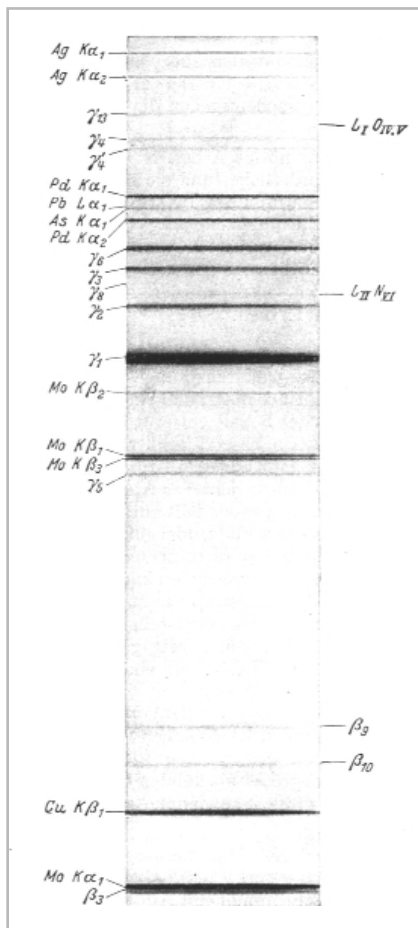


Abb. 5:
Fotografie eines Röntgenspektrums

Kantenlänge d einer Elementarzelle bezogen auf den Einfallswinkel ϑ als Gleichung formulierten ($2d \cdot \sin \theta = n \lambda$). Sie erhielten gemeinsam 1915 den Nobelpreis für diese Erkenntnis, die als Grundlage der Röntgendiffraktometrie gilt. Bragg jun. ist immer noch der jüngste Preisträger aller Zeiten. Zwei Jahre davor hatten bereits die Arbeiten von H. G. J. Mosley (1887-1915) dazu geführt, einen Zusammenhang zwischen Wellenlänge und Ordnungszahl eines chemischen Elementes zu erkennen.

Er fand, dass sich die Röntgenlinien entsprechender Serien mit steigender Ordnungszahl Z weitgehend regelmäßig nach kleineren Wellenlängen λ hin, also größeren Wellenzahlen n , verschieben und formulierte das Gesetz: $\sqrt{\nu} = \sqrt{\lambda} \approx Z$. Damit ließ sich nun die Theorie des Atommodells von N. Bohr beweisen, der mit Hilfe des Mosley'schen Gesetzes das Element Hafnium (nach Hafnia = Kopenhagen) fand und die Existenz weiterer vorhersagte. Als dann noch gezeigt wurde, dass auch das Lambert-Beer'sche Gesetz erfüllt ist, wenn anstelle des Extinktionskoeffizienten der Massenabsorptionskoeffizient betrachtet wird, waren alle Voraussetzungen für die analytische Spektroskopie gegeben (Abb. 5).

Röntgenfluoreszenz-Spektrometer gestern, heute, morgen

Zu einer Idee gehört auch immer die praktische Anwendung oder Hersteller, die brauchbare Instrumente bauen. So, wie Carl Heinz Florenz Müller in Hamburg die Röhrenproduktion für Röntgen betrieb, baute u.a. Siemens in den zwanziger Jahren des 20. Jahrhunderts benutzbare Geräte für die Registrierung von Beugungsaufnahmen oder Röntgenfluoreszenzspektren. Mit Hilfe von Debye-Scherrer-Aufnahmen (Nobelpreis 1936) ist die Strukturanalyse unzähliger Mineralien erfolgt, und die Diffraktometrie dient nicht nur der Erforschung neuer Stoffe sondern auch der Routineanalyse von z.B. Asbest. Die Röntgenfluoreszenzspektrometrie wurde in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts durch die Geräteentwicklungen der Firmen Philips, Siemens, Applied Re-

bei der Beugung an Kristallgittern zur Interferenz veranlasste, womit sie sich in das elektromagnetische Spektrum (Wellenlängen zwischen 15 und 0,0001 nm) einordnen lassen. Er verwendete Kristalle als Beugungsgitter und konnte beweisen, dass Kristalle aus Raumgittern oder regelmäßig räumlich angeordneten, atomaren Bausteinen bestehen (Abb. 4). Damit ließ sich die Wellennatur der Röntgenstrahlen erklären, und die Voraussetzungen für eine Spektroskopie waren gegeben.

Das Laue-Verfahren zur Wellenlängenmessung setzt jedoch die Kenntnis des Raumgitters des verwendeten Kristalls voraus. Deshalb beginnt eigentlich die Röntgenspektroskopie mit den Untersuchungen von W.H. Bragg (1862-1942) und seinem Sohn J. W. L. Bragg (1890-1971), die aus den Interferenzerscheinungen nach Reflexion an Kristallgittern den Zusammenhang zwischen der Wellenlänge λ und der

Abb. 6:
Sequenzielles Röntgenfluoreszenz-Spektrometer PW 1540 (1952)





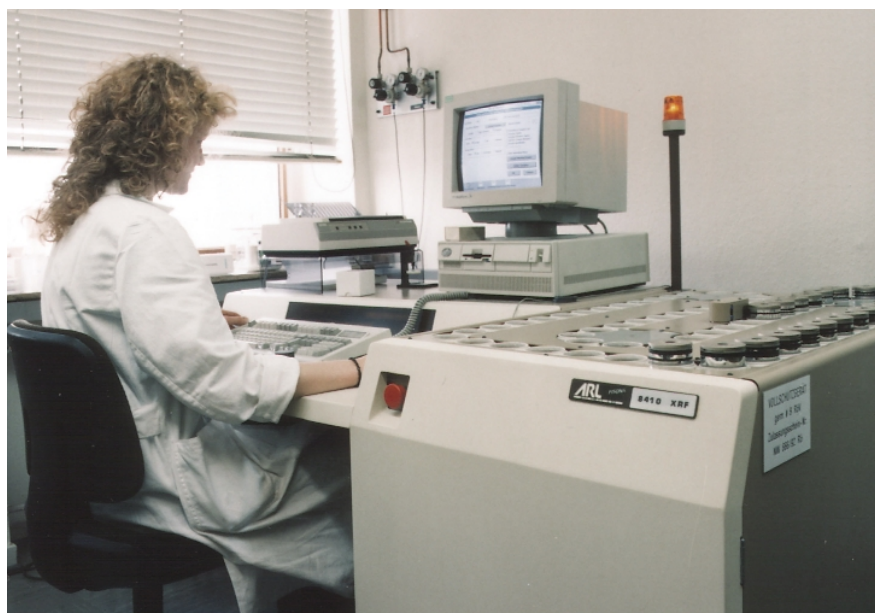
Abb. 7:
Simultanes Röntgenfluoreszenz-Spektrometer ARL 72000 (1967)

search Laboratories, Rigaku u. a. möglich gemacht, doch letztlich kam der Durchbruch mit der schnellen Datenverarbeitung. Dauerte um 1960 eine komplette Analyse, z.B. mit dem damals sehr verbreiteten PW 1540 (Philips, Abb. 6) oder dem SRS 1 (Siemens) noch viele Stunden, so sind es gegenwärtig, besonders seit Mitte der Sechziger durch die Entwicklung schneller Simultangeräte, durch das MRS, die Reihe PW 1250 und PW 1270 sowie dann das ARL 72000 (1967, Abb. 7) nur noch einige Minuten. Parallel dazu bewirkten der Einsatz stabilerer Röntgenröhren mit unterschiedlichen Targets (Au, W, Rh), verschiedener neuer Kristalle (neben LiF, Ammoniumdihydrogenphosphat und Pentaerithrit auch Germanium, Thalliumphthalat oder Multilayer) und die ständige Verbesserung der elektrischen Parameter, dass die wellenlängendispersive Röntgenfluoreszenzspektrometrie heute eine empfindliche Analysenmethode mit der besten Reproduzierbarkeit ist. Zahlreiche Referenzproben werden benötigt, um die Richtigkeit der Auswertung zu garantieren oder die Übersichtsanalyse unbekannter Materialien ausführen zu können. Alle Elemente von F bis U werden erfasst. Bei Elementen mit höherer Ordnungszahl oder als Einzel-

elementanalysator hat sich auch die energiedispersive Röntgenspektrometrie bewährt.

Ein weitgehend noch ungenutztes Potenzial liegt in der Totalreflexions-Röntgenspektrometrie. Ebenso befindet sich die Anwendung der Röntgenemission (XPS) noch im Anfangsstadium. Die heutigen Geräte erlauben

Abb. 8:
Modernes sequenzielles Röntgenfluoreszenz-Spektrometer mit Probenwechsler



die Adaption automatischer Probenführungseinrichtungen, so dass ohne aufwändige manuelle Eingriffe rund um die Uhr Analysen erstellt werden können (Abb. 8). Somit lässt sich ohne Übertreibung sagen, dass die Spektrometrie mit Röntgenstrahlen zu den wichtigsten Werkzeugen eines großen analytischen Laboratoriums gehört.

Am Beispiel von W. C. Röntgen und der Entwicklung, die seine Entdeckung in 100 Jahren genommen hat, lässt sich ableiten, dass der erste Nobelpreis den richtigen Empfänger traf. Die hier nicht betrachteten Anwendungen in der Astronomie, die Struktur- und Materialanalyse vieler Stoffe und vor allem die diagnostischen Möglichkeiten in der Medizin dienen der gesamten Menschheit, womit die Anforderungen Alfred Nobels in diesem Fall tatsächlich voll erfüllt worden sind.


Literatur:

- [1] H. Mark, Die Verwendung der Röntgenstrahlen in Chemie und Technik, Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 1926
- [2] Brachner, A., Eckert, M., Blum, M., Wolfschmidt, G., Röntgenstrahlen, Deutsches Museum München, 1995
- [3] K. Ohls, Röntgenfluoreszenz-Spektrometrie – Ein Blick in die Entwicklungsgeschichte, Tagungsband Anwendertreffen Röntgenfluoreszenz- und Funkenemissionsspektrometrie, Universität Dortmund, 1995

Das Ausbildungsspektrum abrunden

Dr. Wolfram Müller, Überlingen

Nachdem es der Medizin und der Biologie im 19. und 20. Jahrhundert gelang, die Infektionskrankheiten weitgehend unter Kontrolle zu bekommen, treten nun Herz-Kreislauf-Krankheiten, Krebs, die Alzheimer-sche oder die Parkinsonsche Erbkrankheit in den Vordergrund. Erbkrankheiten wie die Mukoviszidose (cystische Fibrose) oder Chorea Huntington (der erbliche Veitstanz), stellen ebenfalls ungelöste Probleme dar. Lösungen kann die Molekularbiologie liefern. Für den richtigen Umgang mit den riesigen, neu gewonnenen oder zu gewinnenden Datenmengen aus dieser und benachbarter Disziplinen benötigt man auf verschiedenen beruflichen Ebenen geschultes Personal. Neu ist der Ausbildungsgang „Technische/r Assistent/in für Bioinformatik und Molekularbiologie“ an der Jörg-Zürn-Gewerbeschule in Überlingen.



Die westlichen Industrieländer investierten in den letzten Jahrzehnten enorme Summen, um die genannten Krankheiten zu erforschen. Dies ermöglichte eine außerordentliche Entwicklung der Molekularbiologie und vor allem der molekularen Genetik.

Alle Vorgänge im menschlichen Körper sind letztlich auf die Aktivität von Genen zurückzuführen. Die Gesundheit eines Menschen hängt somit von der Bildung intakter Genprodukte (Proteine) und der korrekten Regulation der Aktivität einzelner Gene ab. Um die im menschlichen Organismus ablaufenden außerordentlich komplexen Prozesse verstehen zu lernen, muss die Information unseres Genoms zuerst entschlüsselt und analysiert werden. Ende der achtziger Jahre war die Technik zur Sequenzierung unseres Erbmaterials, der DNA, so weit vorangeschritten, dass man es wagen konnte, in einem weltweit organisierten Projekt die Entschlüsselung des gesamten menschlichen Genoms in Angriff zu nehmen.

Im Jahre 1990 startete unter der Federführung der USA das Human Genom Project (HGP), welches durch öffentliche Mittel gefördert wurde. Die weltweit investierten Summen belaufen sich inzwischen auf ca. 3 Milliarden Dollar. Deutschland stieg erst relativ spät (1995) in dieses Projekt ein und investiert seither jährlich ca. 40 Millionen DM.

Da man in den USA Gensequenzen im Hinblick auf eine Vermarktung medizinisch relevanter Genprodukte für

patentierbar hält, trat dort die Firma Celera unter der Führung von Craig Venter mit enormen Kapazitäten in Konkurrenz zu HGP.

Das entstehende Wettrennen um die Ermittlung der menschlichen DNA Sequenz beschleunigte den gesamten Prozess, sodass bereits im Juni 2000 eine Rohsequenz des menschlichen Genoms von C. Venter und F. Collins (HGP) im Beisein von Bill Clinton der Öffentlichkeit präsentiert werden konnte.

Die Bioinformatik als Studienfach und in der beruflichen Praxis

Das menschliche Genom setzt sich zusammen aus 46 Chromosomen, wobei ein Chromosomensatz mit 23 Chromosomen von der Mutter und ein entsprechender Chromosomensatz vom Vater stammen. Die Erbinformation ist durch die Reihenfolge der Nukleotide in den DNA-Molekülen, genauer gesagt der darin enthaltenen Basen festgelegt. Dabei kommen in der DNA prinzipiell nur vier verschiedene Basen, das Adenin (A), das Cytosin (C), das Guanin (G) und das Thymin (T) vor.

Das menschliche Genom, welches ca. 2,9 Milliarden Basen umfasst, liest sich somit als eine für den Laien langweilige und scheinbar chaotische Abfolge von Basen. Umso erstaunlicher ist es, dass darin die Geheimnisse der menschlichen Existenz, wie die Ent-

Glossar

Mukoviszidose

Diese rezessiv vererbte Krankheit führt zu einer erhöhten Chloridkonzentration in schleimigen Sekreten. Dadurch werden diese Sekrete in der Lunge, dem Pankreas und im Verdauungstrakt äußerst zäh. Dies führt zu starken Behinderungen z. B. der At-

mung und zu gehäuften Infektionen vor allem im Respirationstrakt. Trotz Antibiotikagabe und Verordnung einer speziellen Diät liegt derzeit die durchschnittliche Lebenserwartung der Patienten bei nur etwa 27 Jahren.

Chorea Huntington

Es handelt sich dabei um eine dominant vererbte Krankheit, die zur sys-

tematischen Degeneration des Nervensystems führt. Diese tödlich endende Krankheit bricht in der Regel zwischen dem 35. und dem 45. Lebensjahr aus und äußert sich zuerst durch Anomalien im Bewegungsablauf (Veitstanz). Die Ursache liegt in einer gehäuften Wiederholung des Triplets CAG im relevanten Gen.

wicklung von einer befruchteten Eizelle zu einem menschlichen Wesen oder der komplexe Ablauf unseres Stoffwechsels, aber auch die Alterung und der Tod, verborgen liegen.

Inzwischen wissen aber die Genetiker schon viel mit solchen Sequenzen anzufangen. Sie können bereits seit längerer Zeit Sequenzen, die für Proteine kodieren, die Gene, von solchen unterscheiden, die keine derartige Informationen aufweisen. Dennoch ist es außerordentlich schwierig, alle gewünschten Informationen aus der Sequenz abzuleiten.

Glücklicherweise entwickelte sich parallel zur Molekularbiologie die Computertechnik in ebenso rasanter Weise. Während einerseits die Kapazität der Computer stark anwuchs, wurde andererseits gleichzeitig immer mehr Software entwickelt, welche die Auswertung von Rohdaten aus der Molekularbiologie erleichterte.

Hier sind Programme zu erwähnen, die z. B. DNA-Schnittstellen für Restriktionsenzyme, die Werkzeuge des Gentechnikers, herausfinden, oder Software zum DNA-Fingerprinting, einer Technik zur Klärung der Vaterschaft bzw. zur Überführung von Straftätern. Die Entwicklung von Programmen zur Analyse des menschlichen Genoms erfordert aber einerseits exzellente Kenntnisse im Bereich Informatik und andererseits ebenso weitreichende Kenntnisse im Bereich Molekularbiologie. Da auf dem Arbeitsmarkt solche Experten kaum zu finden waren, richtete man das Studium der Bioinformatik ein.

In Deutschland übernahm die Universität Bielefeld die Pionierarbeit und bietet mittlerweile den Studiengang der Bioinformatik seit über zehn Jahren an. Inzwischen kann dieses Fach auch an den Universitäten Tübingen, Freiburg und Halle studiert werden. Auch in Berlin, Gießen, Frankfurt und Leipzig wird in absehbarer Zeit ein entsprechendes Angebot bestehen.

Im genannten Studium wird ein breites Spektrum an naturwissenschaftlichen Kenntnissen vermittelt. Schwerpunkte sind die Mathematik und die Informatik auf der einen Seite und Biologie, Biochemie, Medizin und Pharmazie auf der anderen Seite. An manchen Universitäten besteht eine gute

Wahlmöglichkeit bei weiteren Schwerpunkten. In Bielefeld beispielsweise werden auch Kurse in Robotik angeboten. Ein Absolvent dieses Studiums sollte in der Lage sein, Software in der Bioinformatik zu entwickeln (Software-Engineering). Themenbereiche für die Entwicklung von Software sind:

- Analyse von genomischen Sequenzen
- Erstellung und Bearbeitung von DNA- und Proteindatenbanken
- Sequenzvergleich (Alignment)
- Strukturvorhersagen für DNA, RNA oder Proteine (Computer-Modelling)
- Rekonstruktion von Stammbäumen
- Drug-Design usw.

Den Bioinformatiker darf man sich aber keinesfalls als einen reinen Programmierer vorstellen. Er ist sehr universell einsetzbar. Ein aktuelles Arbeitsfeld ist z. B. die Entwicklung moderner molekularbiologischer Analyseverfahren, zu denen die Biochips gehören. Biochips, deren Träger etwa die Größe eines Objektträgers erreichen, sind mit bis zu 20 000 verschiedenen DNA-Molekülen bestückt, die unter anderem die Basis dafür liefern können, die Aktivität von Genen oder die Anwesenheit von Krankheitserregern nachzuweisen.

Die Berufsaussichten für Bioinformatiker werden als ausgesprochen gut angesehen. Arbeitsplätze werden nicht nur von Forschungsinstituten, sondern inzwischen vor allem von Betrieben der pharmazeutischen Industrie angeboten, die oft ganze Abteilungen für Bioinformatik eingerichtet haben. Ein zunehmender Bedarf besteht auch bei den expandierenden Start-up-Firmen in der Molekularbiologie.

Diese jungen Firmen entwickeln häufig ganz neue Techniken auf diesem Sektor und bieten diese meist weltweit anderen Firmen oder Instituten als Dienstleistungen an. Manche sind auf Bioinformatik spezialisiert, wie etwa Lion Bioscience in Heidelberg, andere wie GATC in Konstanz bieten ein breites Spektrum an Techniken, von der Klonierung von Genen über die Ermittlung von DNA-Sequenzen bis zur Genanalyse an.

■ Technische/r Assistent/in Bioinformatik und Molekularbiologie

Dem Bioinformatiker wird inzwischen eine Vielzahl an Softwarepaketen wie z. B. DNA Star Lasergene in den oben genannten Bereichen zur Anwendung angeboten. Für eine Firma ist es jedoch zu kostenintensiv, einen hochbezahlten Bioinformatiker nur zur Anwendung der Software oder für labortechnische Routinearbeiten einzustellen. Aus diesem Grund war es sinnvoll, dem Akademiker technisches Personal zur Seite zu stellen, welches diese Arbeiten ausführen kann.

Der seit langem eingeführte biologisch-technische Assistent eignet sich zwar hervorragend, um molekularbiologische Routine- und Forschungsarbeiten im Labor durchzuführen, weist aber in der Regel zu geringe EDV-Kenntnisse auf, um die komplexen Programme der Bioinformatik nutzen zu können. Um dem Bedarf an technischen Personal mit weitreichenden EDV-Kenntnissen Rechnung zu tragen, bietet die Jörg-Zürn-Gewerbeschule in Überlingen am Bodensee (www.jzgs.fn.bw.schule.de) ab September 2001 einen Ausbildungsgang zum technischen Assistenten für Bioinformatik und Molekularbiologie an.

Diese Ausbildung, die Realschulabsolventen wie Abiturienten gleichermaßen offen steht, dauert zwei Jahre und vermittelt den Schülern moderne Techniken in den Bereichen Biotechnik, Gentechnik, Biochemie und natürlich Bioinformatik. Die Lise-Meitner-Schule in Berlin (www.lise.be.schule.de) plant eine ähnliche Ausbildung.

■ Die Bioinformatik und die Biotechnik eröffnen neue Wege in der Medizin

Fragt man sich nach dem Nutzen, der sich aus den inzwischen zahlreichen Datenbanken durch die Bioinformatik und Biotechnik ziehen lässt, so steht die Diagnose und Therapie von Krankheiten im Vordergrund. Eine erste Durchsicht der Daten aus dem Human Genom Project durch die Firma Celera ergab überraschenderweise, dass das menschliche Genom nicht wie vermutet 100 000 Gene, sondern lediglich zwischen 26 000 und 38 000 Gene umfassen dürfte. Einige Tausend

davon werden in Verbindung mit Krankheiten gebracht.

Recht gut untersucht sind hier Erbkrankheiten, die auf einfachen Mutationen beruhen, wie z. B. die Sichelzellanämie oder die Phenylketonurie. Bei solchen Krankheiten hofft man, durch die Gentherapie helfen zu können. Die Idee ist dabei, dem defekten Gen ein gesundes Gen zur Seite zu stellen und so den Defekt zu kompensieren. Dies geschieht durch Klonierung des entsprechenden Gens in einem Vektor, wie z. B. einem Virus.

Dieser Vektor sollte dann durch Infektion das intakte Gen in den Patienten einschleusen. Oft wird die Disposition für bestimmte Krankheiten aber aus der Wechselwirkung verschiedener genetischer Faktoren abgeleitet. Gerade eine Veranlagung zu Herz-Kreislauf-Leiden oder zu Krebs dürfte zu den komplexeren Fällen zählen. Hier gilt es zuerst einmal alle beteiligten Gene zu identifizieren, ehe man sich der experimentellen Untersuchung der genannten Wechselwirkungen nähern kann.

Dazu wird es einer engen Zusammenarbeit zwischen Bioinformatikern und Biochemikern bedürfen. Die aus der Bioinformatik abgeleiteten theoretischen Voraussagen über Genprodukte müssen mithilfe biochemischer Methoden verifiziert werden. Weitere Erkenntnisse werden schließlich am Gesamtorganismus gewonnen.

Entsprechende Tests werden vor allem an Mäusen durchgeführt, da bei über 90 % der bisher untersuchten Proteinen aus Mäusen eine weitgehende Übereinstimmung der Aminosäuresequenz mit der aus entsprechenden Proteinen des Menschen besteht. Auch hier gelang es der Firma Celera vor kurzem, das Genom von Mäusen zu sequenzieren.

Mit 2,6 Milliarden Basen ist es nur unwesentlich kleiner als das menschliche Genom. Die Ähnlichkeit beider Sequenzen ist erstaunlich groß, d. h. die an Mäusen gewonnenen Daten sind durchaus auf den Menschen übertragbar. Dazu kommt, dass eine Vielzahl an Krankheiten bei Mäusen ähnlich verläuft wie beim Menschen oder diese gar vom Menschen auf die Maus übertragbar sind. Die von Celera ermittelten Daten werden in diesem Fall aber nur gegen Bezahlung weitergegeben.

Am Ende wird ein besseres Verständnis der Prozesse im menschlichen Körper und somit auch dessen Krankheiten stehen. In vielen Fällen wird man dann gentechnisch erzeugte Humanproteine zur Therapie einsetzen können.

Ein einfacher Fall ist hier das bereits heute gentechnisch erzeugte Humaninsulin. Einige Hundert derartige Produkte werden in den nächsten Jahrzehnten auf dem Markt erwartet, wobei Umsätze von vielen Milliarden Dollar prognostiziert werden. Obwohl in Deutschland eine eher kritische Haltung der Öffentlichkeit gegenüber der Gen- und Biotechnik die Entwicklung einer entsprechenden Industrie nur zögerlich vorankommen ließ, herrscht auch hier inzwischen eine gewisse Aufbruchstimmung.

Einige Firmen, so Boehringer Ingelheim, investierten schon frühzeitig in die Entwicklung und Produktion im Bereich Biotechnologie. In Biberach an der Riss entwickelt sich die Forschungs- und Produktionsstätte von Boehringer zu einem der größten Biotechzentren in Europa. Es ist damit zu rechnen, dass man in Deutschland am zu erwartenden Milliardenmarkt teilhaben wird. Voraussetzung dafür wird aber sein, dass weiterhin erstklassige Molekularbiologen und Bioinformatiker ausgebildet werden, die mit der internationalen Entwicklung Schritt halten können.

Doch nicht nur in der Humanmedizin oder der Pharmazie erwartet man einen Innovationsschub durch die Bioinformatik, sondern auch auf anderen Gebieten, wie z. B. bei der Entwicklung von transgenen Pflanzen oder in der Tiermedizin. Hier entstehen ständig neue Datenbanken, die es zu nutzen gilt.

Sicher werden die genannten Bereiche in den nächsten Jahren große Zuwachsraten aufweisen und neue Arbeitsplätze werden geschaffen. Dabei sollte aber nicht vergessen werden, dass auch gewisse Gefahren bei einem unkontrollierten Umgang vor allem mit diagnostisch erhobenen Daten für den Bürger bestehen. Aus diesem Grund ist der Gesetzgeber gut beraten, unter Mithilfe neutraler Experten die Entwicklung intensiv zu beobachten.

Kontakt

Dr. Wolfram Müller
Jörg-Zürn-Gewerbeschule
Rauensteinstr. 17
88662 Überlingen

LifeCom
SYMPOSIUM & EXPOSITION

INTERNATIONAL
SYMPOSIUM
FOR
LIFE SCIENCES

an der

Heinrich-Heine-
Universität
Düsseldorf

12. - 14.

März
2002

Vorträge

Firmenseminare

Workshops

Praxiskurse

Poster

Industrierausstellung

Heinrich Heine
HEINRICH HEINE
UNIVERSITÄT
DÜSSELDORF

h
t
t
p
:
/
/
w
w
w
.
l
i
f
e
c
o
m
.
d
e

Bioinformatiker findet man immer mehr beim Anwender

Bioinformatik hat vielfältige Gesichter. Ausbildungen in diesem Bereich sind daher auch nicht nur eine Angelegenheit von Universitäten. Dies bestätigte Dr. Bernd Drescher der CLB. Der Chefinformatiker der MWG Biotech AG, Ebersberg, hält auch Schulausbildungen in Bioinformatik für möglich und wünschenswert.

CLB: Was sind die Hauptaufgaben eines Bioinformatikers?

Dr. Bernd Drescher: Zu den Aufgaben der Bioinformatik zählt die Strukturierung von Aufgabenstellungen, die sich aus der Molekularbiologie ergeben. Dazu gilt es, Probleme zu klassifizieren, aber oft auch, Datensätze zu konvertieren. Für das Berufsbild ergeben sich daraus einmal eher Entwicklungsaufgaben; man benötigt Entwicklungsinformatiker. Ihre Aufgaben unterscheiden sich von denen der Anwendungsinformatiker. Ein Entwicklungsinformatiker ist praktisch ein Team-Koordinator. Er muss auf eine Menge spezieller Denkweisen, viel Spezialwissen zurückgreifen können, solches aus Physik, Biologie, Medizin, aber auch aus der Computertechnik.

Meist arbeitet man mit Standardcomputern...

Im Anwendungsbereich ja, nicht unbedingt aber in der Entwicklung oder bei speziellen Aufgabenstellungen. Wir verwenden bei MWG Biotech beispielsweise einen Spezialrechner, der Alignments macht, DNA-Sequenzvergleiche. Es ist ja eine Hauptaufgabe in der Bioinformatik, herauszufinden, welche Funktion steckt hinter einer bestimmten Basensequenz eines Genbruchstücks. Dazu vergleicht man die unbekannte Basensequenz mit einer riesigen Datenbank bekannter Sequenzen und fragt, ob nicht schon ähnliche Molekülfolgen vorliegen und sich so Funktionen ableiten ließen. Eine derar-

tige suche läuft praktisch auf einen Textvergleich heraus, und wir verwenden hier einen Rechner mit 7000 einfachen, aber für diese Aufgabenstellung effizient arbeitenden Prozessoren.

Das klingt alles nach forschungsnahen Aufgaben. Ist das Berufsfeld des Bioinformatikers noch auf den Forschungssektor eingeschränkt?

Könnte man meinen, stimmt aber nicht mehr. HUGO war – und ist – ein großes Forschungsprojekt. Es heißt zwar, das menschliche Genom sei entschlüsselt, aber man übersieht dabei eine Menge Fehler. Daten sind widersprüchlich, bei manchen Bereichen weiß man nicht, ob sie ein Gen darstellen oder nicht. MWG Biotech wird in Kürze einen Genkatalog („Compact Gene Index“) von Mensch, Maus und Ratte für von uns produzierte DNA-Arrays mit rund 30000 Genen vorlegen. Er enthält dann Daten, die aus mehreren internationalen Datenbanken herausgefiltert wurden. Dabei sind 10000 Sequenzbereiche als sichere Gene gekennzeichnet, für die auch Funktionsbeschreibungen vorliegen. Weitere 10000 kennt man als Gene, ohne etwas über die Funktion zu wissen, und die verbleibenden 10000 Sequenzbereiche ergeben sich allein aus Computervorausagen Kandidaten für Gene.

Ein neue Herausforderung besteht in der Untersuchung der dreidimensionalen Faltung von Proteinen, den Produkten aus Genen. Davon gibt es einige Hunderttausend, aber die Strukturaufklärung ist weitgehend auf Experimente angewiesen. Die Bioinformatik hilft hier, indem sie versucht, bekannte Molekülteile zu finden und daraus dreidimensionale Modellstrukturen zu entwickeln, die dann beispielsweise mit Röntgenstrukturanalysen bestätigt werden müssen.

Firmen jedoch leben von Routineaufgaben, benötigen Standard-Dienstleistungen und Standardprodukte, um über eine vielfache Verteilung Gewinn

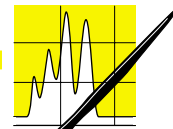


Bioinformatik lässt sich am anschaulichen Regelwerk der genetischen Verarbeitung schon in der Schule unterrichten und sollte daher nicht in Arbeitsgruppen „abgeschoben“ werden, ist sich Dr. Bernd Drescher von MWG Biotech sicher (Foto: RK).

erzielen zu können. Hier wird sich die Bioinformatik in einen Anwendungsbereich hin entwickeln. Das passiert verstärkt dann, wenn es beim Arzt darum geht, bestimmte Krankheiten zu diagnostizieren, wenn klare Fragestellungen vorliegen. Mit unserem Angebot an automatisierten Biosystemen, mit DNA Microarrays bereiten wir entsprechende Lösungen vor.

Welche Bioinformatik- und Bioarray-Anwendungen in der Diagnostik sind am weitesten entwickelt?

Das sind Instrumente zur Tumorklassifizierung, insbesondere bei der Leukämie. Je genauer der Typ eines Tumors beschrieben wird, desto besser ist er zu bekämpfen. Dies lässt sich



jetzt mit molekularbiologischen Methoden – in Verbindung mit der Bioinformatik – immer besser durchführen.

Wie verändert dieser Arbeitsbereich die Aufgabenstellungen für Bioinformatiker?

Es zeigt sich schon jetzt, dass auch bei Aufgaben, die auf den ersten Blick als Routine erscheinen, bei vielen Kunden viele unterschiedliche Fragestellungen auftreten. Wie bei dem berühmten betriebswirtschaftlichen Beispiel SAP wird es darum gehen, Standard-Softwarebausteine an die speziellen Gegebenheiten der einzelnen Kunden anzupassen.

Gibt es nicht schon adaptive Algorithmen?

Seit mehreren Jahren setzt man künstliche neuronale Netze und evolutionäre Algorithmen in Softwaremodule ein, um etwa verborgene Datenstrukturen zu finden oder Programmabläufe zu optimieren. Das Gesamtkonzept einer Softwarelösung muss jedoch vom Bioinformatiker entwickelt werden. Und die findet man in Zukunft auch immer mehr beim Anwender, etwa in der Pharmaindustrie. Auch beim Ein-

satz der zu erwartenden Standard-Softwarekomponenten benötigt man den Bioinformatiker mit seinem Querschnittswissen. Beispielsweise gilt es für jede Aufgabe, Programmparameter richtig einzustellen. Zwar funktioniert oft auch die Standardstellung; Optimierungen erzielt man jedoch nur durch Feinabstimmung der Programmkomponenten, und dafür muss man die Algorithmen verstehen, die in dem Programm arbeiten.

In Überlingen gibt es jetzt einen Ausbildungsgang zum technischen Assistenten für Bioinformatik und Molekularbiologie. Wenn man Ihre Ausführungen hört, entsteht der Eindruck, Bioinformatik ist viel zu komplex für Ausbildungen, die nicht Hochschulniveau haben.

Ein falscher Eindruck. Die Logik genetischer Operationen ist schnell zu erlernen. Das Regelwerk der genetischen Verarbeitung ist leicht zu verstehen, auch wenn die Zelle selbst sehr komplex ist; an diesem Beispiel lässt sich sehr gut das Zusammenspiel von Molekularbiologie und Informatik demonstrieren. Schon Schüler im Alter

von etwa zwölf Jahren sind in der Lage, entsprechende Programme zu schreiben. Wie sickeine Basenfolge von ACGT... in ein Eiweiß umsetzt, kann man ohne Hilfe in ca. acht Stunden programmieren; mit Unterstützung eines Lehrers sollte das in zwei Stunden möglich sein. Gerade deshalb sollte meiner Meinung nach eine entsprechende Unterrichtung nicht in Arbeitsgemeinschaften abgeschoben, sondern in den regulären Unterricht aufgenommen werden. Leider mangelt es an entsprechend qualifizierten Lehrern.

Vielen Dank für das Gespräch

Interview: Rolf Kickuth

Siehe zu dem Thema auch: Wirtschaft (Seite 431): US-Bioinformatik-Markt soll sich bis 2007 verfünffachen

Bioinformatische Auswahl von Sonden für DNA-Arrays mit humanen Genen

Der Transkriptionsstatus einer eukaryotischen Zelle kann mit den DNA-Mikroarray-Analysen bestimmt werden. Die Auswahl der Gene kann aber nur dem Stand der Wissenschaft entsprechen. Die Gesamtzahl der menschlichen Gene wird auf 35 000 geschätzt. Zur Zeit sind etwa 40% des Humangenoms vollständig entschlüsselt, für weitere 60% der Heterochromatinregion liegen nur unvollständige Sequenzen vor. Für etwa 40% der Gene gibt es inzwischen vollständige Sequenzen. Etwa 13 000 Gene haben einen eindeutigen Namen bekommen. Im menschlichen Genom werden etwa 9 Millionen polymorphe Basenaustausche (SNPs) erwartet. Davon sind 20% als Kandidaten in öffentlichen Datenbanken eingetragen. Nur etwa 1000 Genmutationen von 6000 in der OMIM-Daten-

bank eingetragenen monogen vererbten Merkmalen sind bekannt. Die Aufdeckung von Sequenzvarianten bei genetisch komplex vererbten Krankheiten gestaltet sich weit schwieriger. Weiterhin kann man für etwa 1700 Gene einen Bezug zum Krebsgeschehen ableiten. Das Phänomen des alternativen Splicings spielt eine entscheidende Rolle in der Entwicklung und für die Gesundheit vieler höherer Organismen. In komplexen Genen kann alternatives Splicing zu Hunderten unterschiedlichen mRNA-Isoformen aus einem einfachen Transkript führen. Ein weiterer Aspekt sind Mutationen an Splicestellen, da sie einen Beitrag zu krankheitsverursachenden Exonsprüngen, Aktivierung kryptischer Splicestellen und der Entstehung von Pseudo-Exonen innerhalb eines Introns oder einer Intron-Unterdrückung darstellen. Die DNA-Mikroarrays verschiedener Species werden bei MWG-BIOTECH AG routinemäßig

innerhalb des BioGIST-Managementsystems designt. Dabei werden spezifische Parameter für die Optimierung der Oligonucleotide gesetzt. Die Oligonucleotide basieren auf der MWGeigenen Datenbank der proteincodierenden Sequenzen (CodeSeq). Sie dimerisieren nicht, haben keine Ähnlichkeit zu polymorphen Regionen und können in Bezug auf Länge und GC-Gehalt angepasst werden. Um Kreuzhybridisierungen mit anderen Genen zu vermeiden, werden Oligonucleotide mit einer Homologie von mehr als 75% und Abschnitten von 15 Basen innerhalb des Oligonucleotids mit einer Homologie von 100% ausgeschlossen. Die Splicevarianten werden ebenfalls berücksichtigt. Mit Hilfe der BioGIST-Technologie gelingt es MWG-BIOTECH, DNA-Arrays herzustellen, mit denen Genaktivitäten hochspezifisch gemessen werden können.

Giftige Metalle abbauen, edle gewinnen

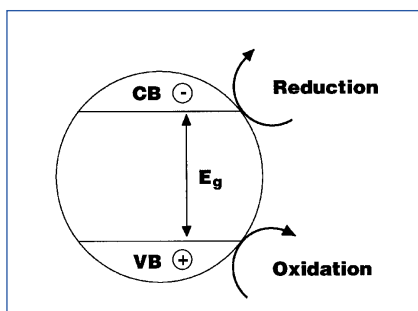
Dr. Mounir A. Malati, Chatham

Untersucht wird der für die Umwelt bedeutsame Bereich des Abbaus toxischer Metalle aus verschmutztem Wasser durch Photokatalyse. Dabei wird nachgewiesen, dass die Metallverbindungen von Cr(VI), Hg(II), Cd(II) und Pb(II) auf diese Behandlung reagieren. Auch die wirtschaftlich bedeutende Rückgewinnung von Edelmetallen aus Lösungen kann durch Photokatalyse erreicht werden. Die Münzmetalle Kupfer, Silber und Gold lassen sich ebenso wie Platin aus Lösungen zurückgewinnen.



Absorbiert ein Halbleiterpartikel Strahlung mit einer Energie von $h\nu \geq E_g$ (ν ist seine Frequenz, h die Plancksche Konstante und E_g ist die Bandlücke des Halbleiters), so wird ein Elektron e^- von dessen vollen Valenzband (VB) zum freien Leitungsband (CB, conduction band) angeregt und hinterlässt eine Loch h^+ im Valenzband (Abb. 1). Erreicht das Elektron die Teilchenoberfläche in wässriger Lösung, würde es jede verfügbare Molekülarart reduzieren, auch Sauerstoff. Wandert andererseits das Loch auf die hydroxylierte Teilchenoberfläche, reagiert sie mit den Hydroxygruppen und bildet OH^\cdot -Radikale. Diese würden vorhandene Moleküle oxidieren, Wasser eingeschlossen.

Abb. 1:
Prinzip der Absorption von Strahlung der Energie $\geq E_g$ an einem Halbleiterpartikel, die zu Redox-Reaktionen in Lösung führen.



Wenn jedoch eine e^-/h^+ -Rekombination stattfindet, behindert dies wiederum die Redoxreaktionen. Mit der Theorie heterogener Redoxreaktionen hat sich Gratzel ausführlich beschäftigt [1].

Lösliche Substanzen in einem wässrigen halbleitenden Medium werden mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die Teilchenoberfläche adsorbiert. Die Adsorption wird sich auf die Redoxreaktionsrate auswirken und könnte auch durch Bestrahlung beeinflusst werden.

Unter geeigneten Bedingungen können lösliche toxische Metalle zum Metall reduziert werden, das sich wiederum auf den Partikeln abgelagert und so aus der Lösung abgebaut wird. Besonders wenn es sich beim abgelagerten Metall um ein Edelmetall handelt, kann es durch physikalische oder biologische Prozesse wiedergewonnen werden. Da toxische Metalle in verschmutztem Wasser immer mit organischen Mikroverschmutzungen vermischt sind, werden diese durch OH^\cdot -Radikale oxidiert und hinterlassen meistens Kohlendioxid und Wasser. Ein solcher Abbau der Schmutzstoffe wird die Beseitigung der toxischen Metalle effizienter machen, da er sowohl die e^-/h^+ -Kombination reduziert als auch die organischen Spezies oxidiert.

Im Folgenden werden Faktoren, die sich auf den Abbau toxischer Metalle aus verschmutztem Wasser auswirken, vorgestellt.

Typ, Form und Vorbehandlung des Halbleiters

In der Literatur wird über verschiedene Halbleitertypen berichtet, meist Oxide oder Chalkogenide wie beispielsweise TiO_2 , ZnO , WO_3 , Fe_2O_3 , $SrTiO_3$, CdS , MoS_2 , ZnS , $ZnTe$ oder $CdSe$. Diese Verbindungen haben unterschiedliche Leitungsbandlücken. TiO_2 ist im Handel in Rutil- oder Anatasform als weißer Farbstoff erhältlich; gewöhnlich wird es während der Her-

stellung oberflächenbehandelt. Das gut charakterisierte P25 von Degussa (70 % A, 30 % R) wurde erfolgreich als Photokatalysator benutzt.

Beide Formen sind sehr reaktionsträge; das ist eine ideale Voraussetzung für die Rückgewinnung von auf Titanoxid abgelagerten Edelmetallen. Bislang wurde schon eine Vielzahl von Methoden verwendet, um verschiedene Formen zu erhalten, einschließlich einer transparenten Titanerde. Früher wurden für die Arbeit an der Photokatalyse Einzelkristalle von Rutil verwendet, und ganz ursprünglich arbeitete man mit Titanoxid, das durch die elektrolytische Oxidation von Titan gebildet wurde [3]. Für die meisten Studien nutzte man pulverförmig oder sogar kolloide Halbleiter. Viele Forscher setzten die Pulver Hitze aus oder füllten sie mit Edelmetallen oder Oxiden auf, was zu eindeutigen Veränderungen der Aktivität führte [4].

Das Dotieren von Titanerde und anderer Halbleiter beeinflusst neben ihrer Aktivität auch ihre Strahlungsabsorption [5].

Wegen der Schwierigkeiten bei der Filtration der feinen P25-Teilchen sind viele Techniken bekannt, das Pulver auf einem geeigneten Träger zu fixieren.

Strahlungsquelle und -intensität

Generell werden Quecksilber-, Xenon- oder Quecksilber-Xenon-Lampen als Strahlungsquellen verwendet, obwohl es selten angegeben wird über die Strahlungsleistungen bei den verschiedenen Emissionslinien gibt.

Quecksilberlampen mit mittlerem bzw. hohem Druck emittieren im UV- und im sichtbaren Spektralbereich, wogegen die meiste Strahlung von Niederdruck-Quecksilberlampen nahe der 254-nm-Linie liegt. Xenonlampen produzieren hauptsächlich sichtbares Licht. Außerdem benutzte man Lampen, die die Sonnenstrahlung simulie-

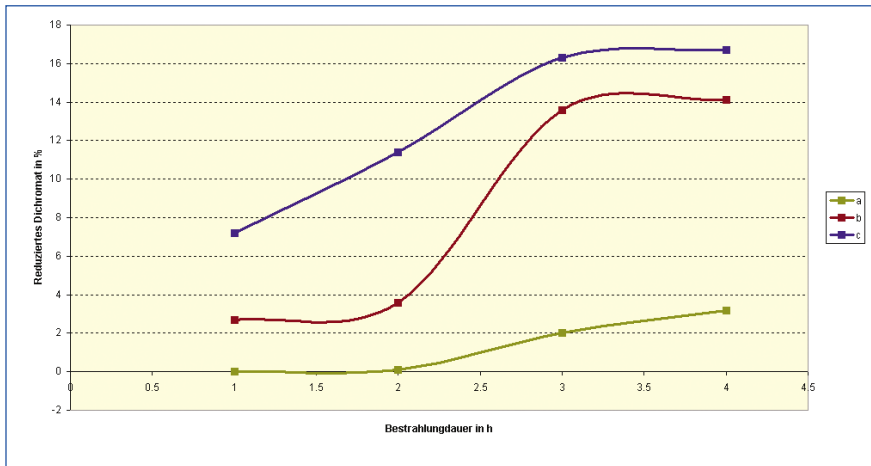
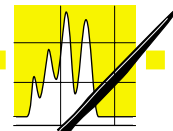


Abb. 2: Verlauf der Cr(VI)-Reduktion mit Bestrahlungszeit bei Verwendung von P25/pt und Bestrahlung mit a) einer 750W-Wolfram/Halogenlampe, b) einer 4W „Hanovia chromatolite“, c) einer 250 W Hanovia Chromatoscope.

ren oder arbeitete sogar mit echter Sonnenstrahlung.

Gelegentlich werden Filter verwendet, um bestimmte Wellenlängen auszuschließen. Es gibt jedoch keine detaillierten Studien über den Einfluss von Strahlungswellenlänge – vermutlich wegen der langsam ablaufenden Photoreaktionen beim Ausfiltern von Wellenlängen.

Über die Abhängigkeit der Photoreaktionsrate (r) von der Strahlungsintensität (I) bei Photoreaktionen gibt es nur selten Aufzeichnungen. Die Intensität wird gewöhnlich mit physikalischen Methoden gemessen [10]. Es wurden verschiedene Verhältnisse von r und I in verschiedenen Photokatalysereaktionen gefunden [6].

Konzentration von Reaktionspartner und Temperatur

In den meisten Studien wird die Temperatur des Strahlungsgefäßes nicht reguliert und auch nur selten gemessen und angegeben. Ohne Beachtung der Temperatur und der Strahlungsintensität erhält man die Reaktionsrate aus den Werten des Rückgangs der Konzentration eines Reaktanten und der Bestrahlungszeit. Gewöhnlich wird die Langmuir-Hinshelwood-Kinetik beobachtet; sie wird ausgedrückt durch:

$$r = kKC/(1 + KC) \quad (1).$$

Dabei ist k die Ratenkonstante, K die Adsorptionsgleichgewichtskonstante und C steht für die Reaktantenkonzentration [11]. Bei niedrigen Konzentrationen $K \ll 1$ und einer Reakti-

onsrate = kKC , bei hohen Konzentrationen ist die Rate fast gleich k . Eine Kinetik ersten Grades wird bei Reaktionen häufig beobachtet, wenn man den Logarithmus der ursprünglichen Steigung der Kinetikkurve gegen den Logarithmus $[C]_0$ aufträgt, was für die ursprüngliche Konzentration eine gerade Linie ergibt [12].

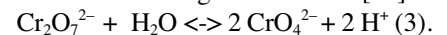
Wird die Temperatur der Strahlungszelle kontrolliert und die Reaktion bei verschiedenen Temperaturen T verfolgt, kann die Aktivierungsenergie E_a aus der Arrhenius-Gleichung berechnet werden:

$$\log k = -(E_a/RT) + \text{Konstante} \quad (2),$$

wobei R die Gaskonstante ist. Es wurden jedoch nur geringe E_a -Werte beobachtet [10, 11] und wenige Quellen spezifizieren zusätzlich die Temperatur des Reaktionsbehälters.

pH-Wert der Lösung

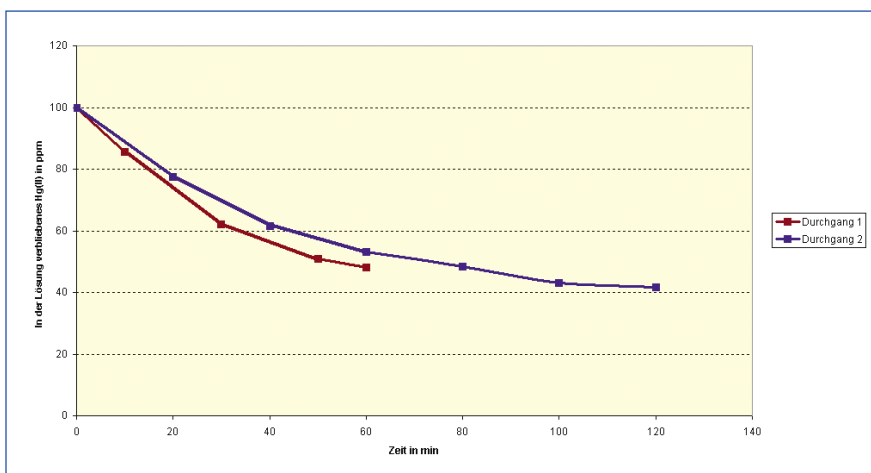
Von H^+ - und OH^- -Ionen nimmt man an, dass sie potentialbestimmend für feste Oxide sind. Der pH-Wert, bei dem die Nettoladung eines Oxids gleich Null ist, wird als Ladungsnullpunkt bezeichnet (ZPC, zero point of charge). Daher kann die Ladung der Oxidhalbleiterpartikel bei pH-Werten kleiner als ZPC positiv sein bei pH-Werten größer als ZPC negativ. Das beeinflusst die Adsorption des Metallions auf den Partikeln und daher auch die Photoredoxreaktionsrate. Zusätzlich ändern sich einige Metallspezies wie der pH-Wert sich beispielsweise durch das Gleichgewicht ändert [12].



Viele Schwermetalllösungen hydrolysieren bei hohen pH-Werten. Die Chemie von $HgCl_2$ -Lösungen hängt nicht nur vom pH-Wert, sondern auch von der Chloridkonzentration ab [13].

Das Bandausgleichspotential V_{fb} (flat band potential) hängt nach Borgarello/Harris/Serpone [14] auch vom pH-Wert ab:

Abb. 3: Konzentration von Hg(II) in Lösung als Funktion der Bestrahlungszeit von 100 ppm Quecksilber mit P25.



$V_{fb} = -0.2 - 0.059 \text{ pH}$ (4),
 wenn man als Bezug die Normalwasserstoffelektrode nimmt und den Wert V_{fb} für TiO_2 .

V_{fb} beschreibt die Energie eines Elektrons an der elektrolytischen Grenzfläche zwischen Titanoxid und Elektrolyt im Gleichgewicht und beeinflusst deshalb die photokatalysierte Reduktion von Metallspezies ein. Der Katalysator selbst kann in einem stark sauren oder alkalischen Medium angegriffen werden. Das reduziert nicht nur seine Effizienz, sondern bringt auch unerwünschte Ionen in die Lösung. Untersuchungen ergaben, dass sowohl MoS_2 als auch ZnTe angegriffen wurden, als sie für zwei Stunden mit einer 1-molaren Carbonatlösung im Dunkeln verrührt wurden.

Katalysatorkonzentration

Steigt die Katalysatorkonzentration in der Lösung, so erwartet man eine Effizienzsteigerung der Photoreaktionen. In einigen Fällen wurde jedoch von einem scheinbaren Optimum der Katalysatorkonzentration berichtet [12], das der höheren Photonenstreuung zugeschrieben werden kann – durch die konzentrierte Lösung außerhalb der Reaktionszelle und/oder durch die gesteigerte Ansammlung von Katalysatorpartikeln [10].

Präsenz von Leitungslochern und Elektronenfängern

Die Gasatmosphäre, die die bestrahlte Lösung umgibt, wird so lange Sauerstoff enthalten, bis ein Inertgas die Luft im Behälter ersetzt hat. Das ist besonders dann von Bedeutung, wenn die Lösung unter Verwendung komprimierter Luft umgewälzt wird [15]. Sauerstoff kann die photoproduzierten Elektronen effizient entfernen, aber bei der Photodeposition einiger Metalle hatte die Reinigung des Systems mit Inertgas manchmal keinen Effekt auf die Entfernung der Metallionen [16]. In einigen Studien wurde die Lösung absichtlich mit Luft equilibriert.

Standardreduktionspotential E^0 von Metallspezies

Unter anderen pH-Bedingungen und dann, wenn das Metallion komplexer wird, können sich die Mechanismen ändern. Metallionen mit positiven Reduktionspotentialen werden ohne Weiteres reduziert und auf dem Photokatalysator abgelagert. Man fand jedoch heraus, dass die Reaktionsfähigkeit des P 25-Photokatalysators zur Reduzierung von metallischen Ionenarten unter identischen Bedingungen dieser Ordnung folgt [11]:

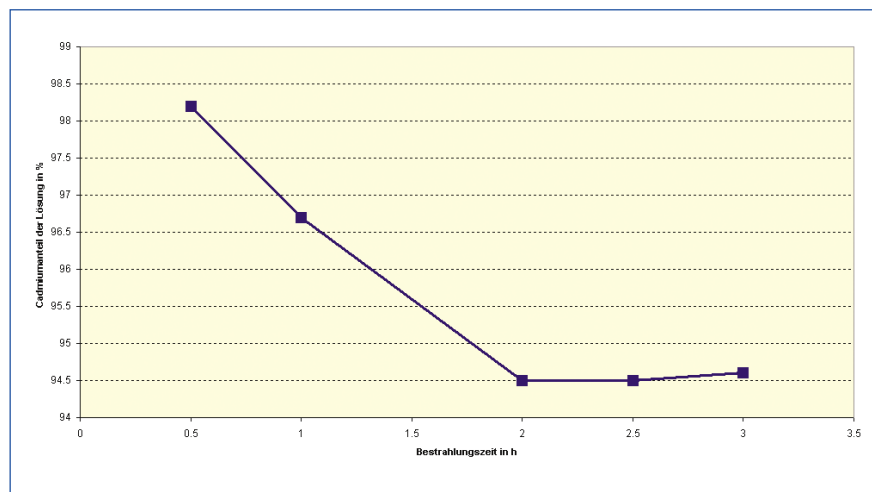


Abb. 4:
 Anteil Kadmium in Lösung als Funktion der Bestrahlungszeit.

Ag > Pd > Au > Pt >> Rh >> Ir >> Cu ≈ Ni (5).

Diese Reihe steht in keiner Beziehung zu den abnehmenden positiven Werten von E^0 , die wiederum der Ordnung

Au > Pt > Pd >> Hg > Ag > Rh > Cu (6)

folgen, wenn die Lösungen einen pH-Wert von 0 aufweisen (die Daten für Platin und Rhodium beziehen sich auf die Chlorkomplexe $[\text{PtCl}_6]^{2-}$ und $[\text{RhCl}_6]^{3-}$). Auch wenn $[\text{AuCl}_4]^-$ eher betrachtet wird als Au^{3+} , sollte dieses Ion immer noch vor Pd^{2+} kommen.

Es ist klar, dass kinetische Faktoren eine bedeutende Rolle bei der Photoreduktion von Metallarten spielen. Eine weitere Studie [16] ergab folgende Reihenfolge beim Abbau von Metallen durch Photodeposition:

$\text{Hg} \sim \text{Au} > \text{Ag} > \text{Pt} >> \text{Cu}$ (7).

In diesem Fall enthielt die Lösung Salicylsäure, die als Lochfänger agierte. Bezieht man die Reduktion von Cr(VI) zu Cr(III) in Sequenz 7 mit ein, wird es zwischen Platin und Kupfer angesiedelt. In Sequenz 5 ist $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ zwischen Platin und Palladium positioniert. Interessant ist, welchen Effekt diese Metalle auf die photokatalysierte Oxidation von Salicylsäure (SA) nach 40 Minuten Bestrahlung bewirkten. Nachdem die Lösungen

mit Stickstoff gespült wurden [16], fand man diese Reihe:

$\text{Pt} > \text{Hg} > \text{Ag} > \text{Cu}$ (8).

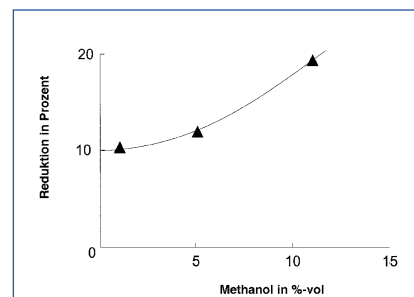
Die Reduktionen hingen von der Anwesenheit anderer Lochfänger ab und wurden in stickstoffbereinigten Suspensionen oder in einer Sauerstoffumgebung durchgeführt. Die dunkle Adsorption wurde untersucht [16, 18]. Eine lineare Anfangsoxidationsrate mit dem Standardmetallreduktionspotential bietet keinen Aufschluss über ein bestimmtes Verhältnis von der Effizienz der Photoreaktion und dem E^0 -Wert.

Zudem muss erwähnt werden, dass Metallionen mit negativen Reduktionspotentialen auch unter passenden Bedingungen photoreduziert werden können.

Die photokatalysierte Reduktion von Cr(VI)

Hierbei handelt es sich um ein System, das von mehreren Forschern unter verschiedenen Bedingungen studiert wurde. Erste Ergebnisse in unserem Labor zeigten, dass die Lösung wenn

Abb. 5:
 Anteil der Cd(II)-Reduktion als Funktion des Methanolinhalts (von Ref. 20b).



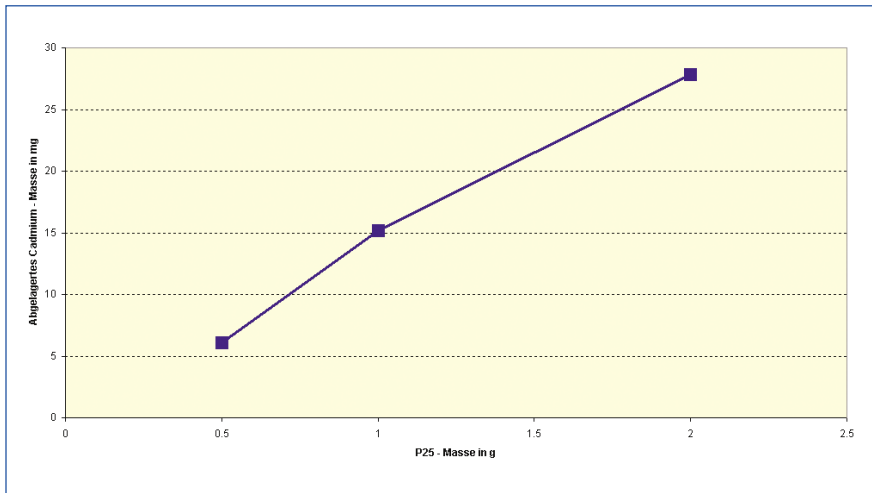


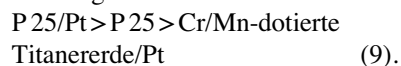
Abb. 6:
Photodeponierte Menge von Kadmium als Funktion der Menge an P25.

man, MoS_2 als Photokatalysator (Suspension von 5×10^{-3} molarem Dichromat in 1 M Schwefelsäure) unter drei Lampen bestrahlt, ändert sich die Farbe der Lösung. Nach drei Stunden ergab sich folgendes Bild von der Absorbanz A der gefilterten und verdünnten Lösung bei der maximalen Peak-Wellenlänge von 410 nm:

Lampe	A
W/Halogen	0,066
Hg/geringer Druck	0,087
Hg/mittlerer Druck	0,106

Die gleiche Absorptionsreihe wurde bei der zweiten Wellenlänge von 584 nm festgestellt. Eine Lösung, die über Nacht dunkel gehalten wurde, zeigte unter ähnlichen Bedingungen

bei gleichen Wellenlängen niedrigere Absorptionsraten. Das legt nahe, dass die Reduktion teilweise rein chemisch mit MoS_2 in angesäuerter Lösung assoziiert war. Für andere Katalysatoren sah der Abfall der photoreduktiven Effizienz folgendermaßen aus:



Letzteres entspricht der Probe Q von Referenz [5a]. SrTiO_3/Pt ergab eine geringere prozentuelle Reduktion als P25/Pt , das leichter wurde.

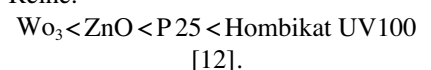
Abbildung 2 zeigt den Verlauf der Photoreduktion von Dichromat in 1 M Schwefelsäure unter Verwendung von P 25/Pt und Bestrahlung durch eine der drei oben erwähnten Lampen. Es wurde der gleiche Trend wie bei den Versuchen mit MoS_2 festgestellt. Interessant ist, dass sogar das sichtbare

Licht der W-Halogen-Lampe zu geringfügiger Reduktion führte. Der Effekt sichtbaren Lichts wurde ebenso demonstriert, als die Xenonlampe als Strahlungsquelle für die Reduktion einer Chromatlösung bei einem pH-Wert von 6 genutzt wurde [9].

Beim Abbau von Cr(VI) stellt ein neutraler pH-Wert oder sogar einer größer als 7 kein Problem dar, da das durch Reduktion produzierte Cr(III) – photokatalysiert oder rein chemisch – gewöhnlich durch Alkali ausgefällt wird; es folgt die Ausscheidung des Niederschlags.

Wird Wert darauf gelegt, das Chrom wiederzugewinnen, kann der Niederschlag in Säure gelöst werden.

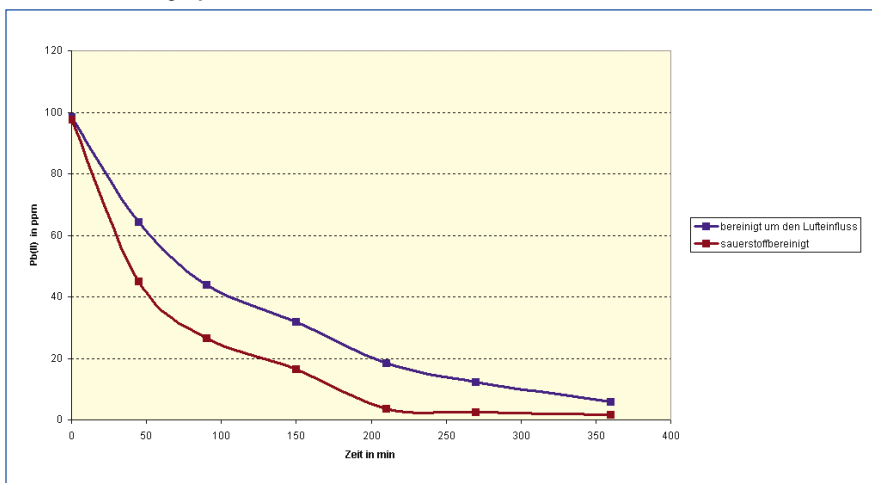
Eine jüngere Studie zum Abbau von Cr(VI) [12] führte zu dem Ergebnis, das mit der Erhöhung des pH-Wertes der Prozentsatz von Cr(VI) , welches sich auf dem ZnO abgelagerte, sank. Ein geringer Abfall in der Photokatalysereaktionsrate bei der Reinigung mit N_2 ist der Bildung von H_2O_2 durch die Reaktion der Löcher mit Sauerstoff zuzuschreiben, wie kürzlich Domesch und Munoz [18] vorschlugen. Sie stellten bei zunehmender Temperatur auch eine Steigerung der Photoreduktion fest. Der E_a -Wert betrug $0,6 \text{ kJ mol}^{-1}$. Der geringe prozentuale Anstieg von Cr(VI) , das durch Dotieren von ZnO mit Cr photoreduziert worden war, wurde weiter verstärkt, als der dotierte Katalysator kalziniert wurde oder sogar dann, wenn man das undotierte ZnO unter Wasserstoff erhitze. Der Vergleich der Photoaktivität von ZnO mit anderen Katalysatoren ergab folgende Reihe:



Jedoch wurde die höhere Aktivität des Letzteren verglichen mit P25 von anderen Forschern nicht bestätigt.

Die oben erwähnte Kinetik ersten Grades für die mit ZnO katalysierte Reaktion steht im Unterschied zu der ki-

Abb. 7
Kinetiken bei der Entfernung von Pb(II) aus Lösung bei pH 3,9; oben: um den Lufteinfluss bereinigt; unten: Sauerstoff-gespült.



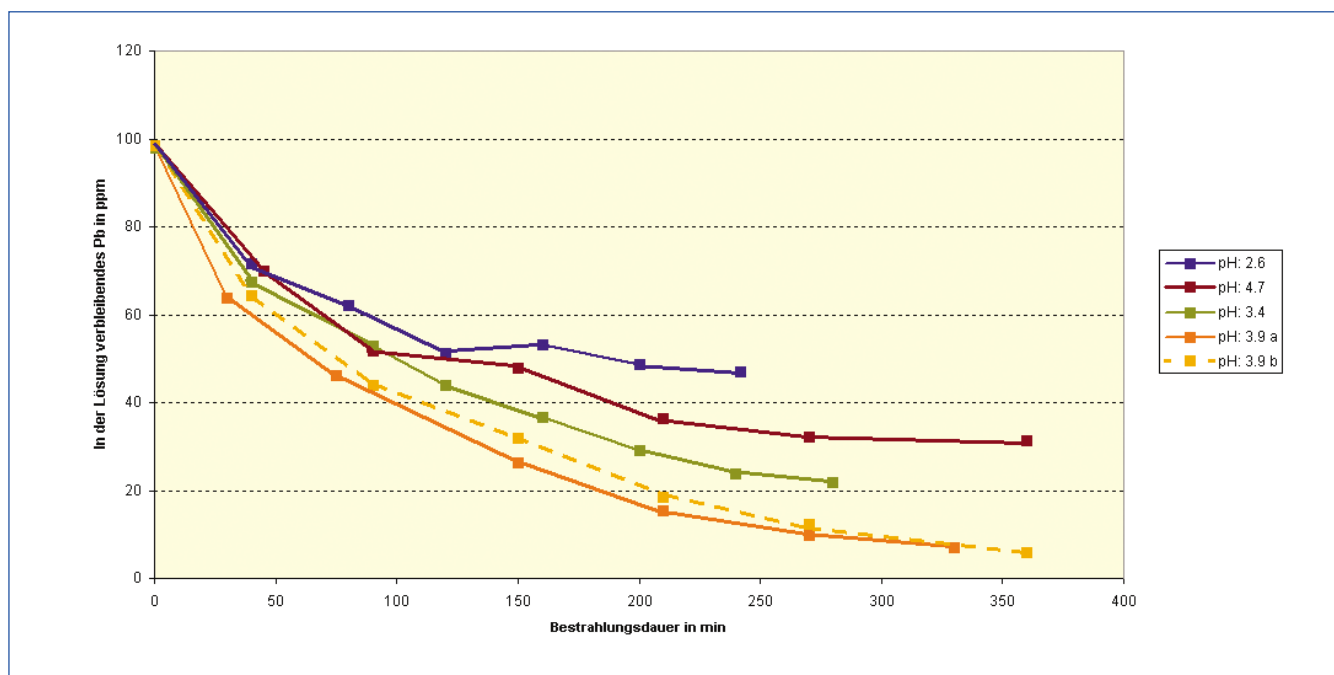


Abb. 8: Kinetiken bei der Entfernung von Pb(II) bei Lösungen mit unterschiedlichen pH-Werten.

netischen Ordnung 1/2, von der Sabate et al berichteten [19], als sie P25 bei $\text{pH} < 2$ verwendeten.

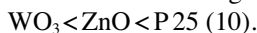
Die gleiche Ordnung wurde beobachtet, als TiO_2 -Keramikmembranen als Katalysator in einem Reaktor mit geschlossenem Kreislauf dienten. Dieser Katalysator war viermal weniger effizient als das pulverförmige P25. Letzteres fand auch in einem Durchflusssystem Verwendung, in dem die Lösung wiederverwertet wurde, was bewies, dass die Aktivität des Katalysators durch Wiederverwertung nicht verändert wurde. Die maximale Quantenausbeute betrug 3,2 %.

Phokatalysierte Ablagerung von Quecksilber und dessen Rückgewinnung

Der früheste Bericht dazu [3] zeigte, dass die Kathodenplatinierung der bereits abgelagerten Titanerde die Ablagerung von Quecksilber aus der Chloridlösung forciert.

Platinierung von Titanerde oder anderen Halbleitern wurde intensiv zur Förderung photokatalytischer Reduktionen angewandt. Während Quecksilber aus schwachen Hg(II) -Lösungen ausgefällt wurde, lagerte sich Hg(I) -Chlorid aus konzentrierten Lösungen ab [3].

Die höhere Ausfallrate aus Nitratlösungen im Vergleich zu Hg(II) -Chlorid ist zwar beobachtet, aber nicht erklärt worden [3]. Auch wir stellten dies in unseren vorbereitenden Ergebnissen [20a] fest; unter Verwendung einer Niederdruck-Quecksilberlampe mit je einem der drei Katalysatoren stieg die Aktivität in dieser Reihenfolge:



Die kinetischen Ergebnisse von zwei Durchgängen von 100 ppm Hg(II) mit P25 und einer Bestrahlung mit einer Lampe mit mittlerem Druck sind in Abbildung 3 dargestellt [21]. Sogar nach 100 Minuten war der Wert des reduzierten Quecksilbers kleiner als 60 %, während er nach 30 Minuten bei etwa 90 % lag.

Die komplexen Gleichgewichte in Hg(II) -Lösungen involvieren auch Hydrolyseprodukte [13]. Daher variieren die gewöhnlich beobachteten komplexen kinetischen Kurven mit dem pH-Wert [22], wenn entweder P25 oder ZnO die Reduktion katalysieren. Deren Reduktionsrate wird durch Methanol oder Ethanol und/oder den Abzug von Sauerstoff gesteigert, durch Chlorid allerdings verringert. Die Rate wird auf ungewöhnliche Weise von der Lichtintensität beeinflusst [23]. Das Dotieren von ZnO mit Chrom und/oder Vorheizen führen zu einem Anstieg der Re-

duktionsrate [23] und erinnern an dieselben Effekte, die oben für die Reduktion von Cr(VI) beschrieben wurden. Die Photoreduktion durch Sonnenstrahlung wurde mit einem ZnO-Katalysator in Spanien durchgeführt [23] und auch in Sri Lanka, wo man Titanoxid in einen Polythenbeutel einbrachte [8].

Die Wiedergewinnung von photoabgelagertem Quecksilber wurde erreicht, indem es in Königswasser [22] gelöst wurde, mit dem der Katalysator P25 nicht reagiert [7, 14]. In dieser Studie trat nach schneller kompletter Entfernung von 1 M HCl -Lösung ein unerwarteter Anstieg der Hg(II) -Chlorid-Konzentration auf, der vorerst der Photoadsorption/-desorption zugeschrieben wurde [22]. Dieser Aspekt wurde allerdings noch nicht vollständig untersucht und wird gewöhnlich nicht beachtet.

Eine kürzlich durchgeführte Studie, bei der mit hohen pH-Werten gearbeitet wurde [24], berichtete von zwei optimalen Zuständen für die Rückgewinnung von Hg(II) -Chlorid: einmal ein pH-Wert von 9 bei 0 °C und dann ein pH-Wert von 11 bei 40 °C. Dabei ergab letztere Konstellation etwas konsistentere Ergebnisse. In jedem Fall wurde Quecksilber von P25 unter Erhitzen bei 100 °C in Stickstoff wiedergewonnen.

Die photokatalysierte Rückgewinnung von Methylquecksilberchlorid [22] und von Phenylquecksilberchlorid [16] wurde ebenso erreicht.

Die photokatalysierte Ausfällung von Cadmiumsalzen aus Lösungen

Nachdem eine Cadmiumsalzlösung (0,05 mM) mit Salicylsäure (30 mg dm⁻³) bei einem pH-Wert von 6 unter Verwendung einer 4-W-Lampe mit Anatasefarbstoff bestrahlt wurde, kam es zu keiner Photoreduktion, und zwar auch nicht nach der Reinigung mit Stickstoff trotz Adsorption der Cadmiumionen auf dem Farbstoff [16]. Die Salicylsäure wurde leicht photooxidiert. Man schlussfolgerte, dass das ungünstige Reduktionspotenzial des Cadmiums die Photoreduktion verhinderte.

Als jedoch durch die Arbeit in einer Stickstoffatmosphäre Sauerstoff entzogen wurde, lagerte sich Cadmium auf dem P 25 ab. 0,5 g 3CdSO₄·8H₂O waren aufgelöst in 500 cm³ Wasser, das P 25 (0,3–2,0 g) und MeOH als Lochfänger enthielt. Die Ablagerung wurde durch den Abfall der Cadmiumkonzentration angezeigt, nachdem die Cadmiumionen sich am P 25 abgelagert hatten.

Abbildung 4 stellt die Reduktionsrate dar und zeigt, dass innerhalb von drei Stunden Bestrahlung keine weitere Reduktion stattfindet – vielleicht weil das

abgelagerte Metall verhindert, dass die Strahlung die Oberfläche des Katalysators erreicht. Strahlungsquelle war hier eine 180-W-Hochdruck-Quecksilberlampe. Vermutlich steigt die Prozentrate der Reduktion mit Zunahme des Methanolgehalts (vgl. Abb. 5), da das Methanol die photogenerierten Löcher abfängt und eine Elektron-Loch-Rekombination verhindert. Abbildung 6 zeigt, dass die Menge des abgelagerten Metalls mit dem Gewicht des P 25 steigt. Das ist offensichtlich das Ergebnis der stärkeren Erzeugung von Elektronen, die die Oberfläche des voluminöseren Katalysators erreichen. Die Wiedergewinnung des abgelagerten Metalls kann schließlich entweder durch Auflösen in heißer Salpetersäure oder durch physische Separation des Metalls, das viel schwerer als P 25 ist, erfolgen.

Der photokatalysierte Abbau von Blei aus Lösung

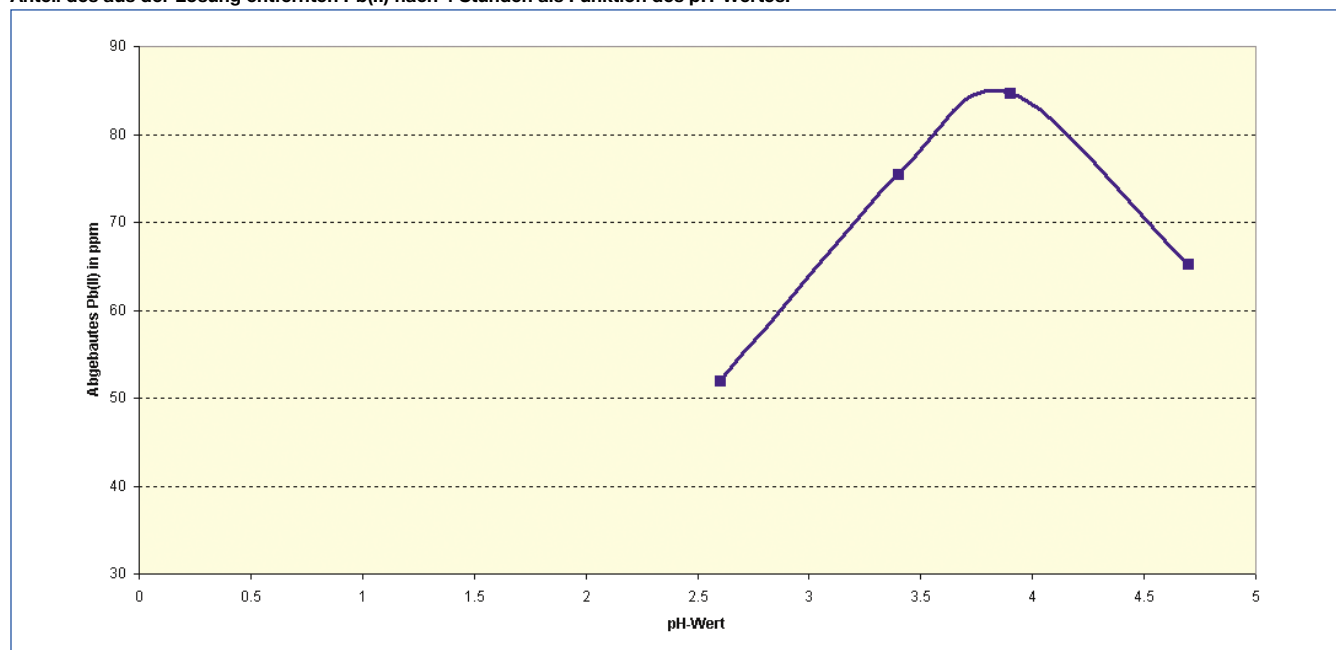
Frühere Arbeiten legten nahe, dass die Entfernung von Pb(II) aus Lösung die Platinierung von P 25 erfordere, und selbst dann sei, so fand man heraus, die Anwesenheit von Sauerstoff notwendig [13]. Man vermutete, dass Pb als PbO₂ ausgefällt werden kann. Für den Fall, dass die Lösung von 100 ppm Pb(II) vor der Bestrahlung sauerstoffbereinigt wird, zeigen unsere

früheren Ergebnisse (Abb. 7) eine höhere Rate von Pb(II)-Ausfall als für um den Lufteinfluss bereinigte Durchgänge.

Benutzt wurden eine Quecksilberlampe mittleren Drucks und P25/Pt [21] bei einem pH-Wert von 3,9. Die kinetischen Kurven, die wir bei verschiedenen pH-Werten erhielten, sind in Abbildung 8 dargestellt. Die Masse des P 25/Pt wurde in diesen Durchgängen konstant gehalten (entsprechend 2,0 g dm⁻³). Den optimalen pH-Wert für den Abbau von Pb(II) aus Lösung erkennt man in Abbildung 9. Dieser optimale pH-Wert von 3,9 wurde für die Durchgänge in Abbildung 7 gewählt. Die photokatalysierte Oxidation von Pb(II) zu PbO₂ wurde auch für eine Bleilösung mit Benzamid oder Phenol und P 25 als Katalysator vorgeschlagen.

Als jedoch Bleiazetatlösung mit vorgewärmtem P 25/Ag [20c] für zwei Stunden mit einer Quecksilberlampe bestrahlt wurde, schien sich Blei abgela-

Abb. 9: Anteil des aus der Lösung entfernten Pb(II) nach 4 Stunden als Funktion des pH-Wertes.



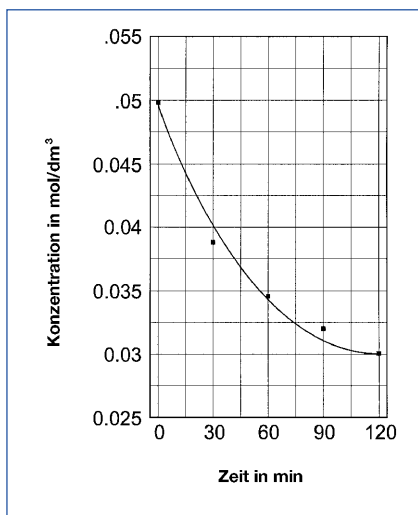


Abb. 10: Der in Lösung gebliebene Anteil an Pb(II) als Funktion der Bestrahlungszeit (von Ref. 20c).

gert zu haben, während etwa 10 % durch das P 25 adsorbiert waren. Dies wurde ermittelt, indem das bestrahlte Pulver mit 1 M Natriumazetatlösung equilibriert und dann das vom P 25 desorbierte Pb(II) bestimmt wurde. Diese Methode bestimmt das gesamte Blei, sei es photoadsorbiert oder ohne Strahlung adsorbiert. Bestätigt wurde die gleichzeitige Oxidation des Azetats zu Kohlendioxid, die typischerweise die Ablagerung von Metall in Gegenwart von Azetat begleitet.

Abb. 11 a) Absorption der platinisierten Lösung bei 448 nm mit P25 als Funktion der Bestrahlungszeit; b) Absorption der Pt(IV)-Lösung bei derselben Wellenlänge, rückgewonnen von P25.

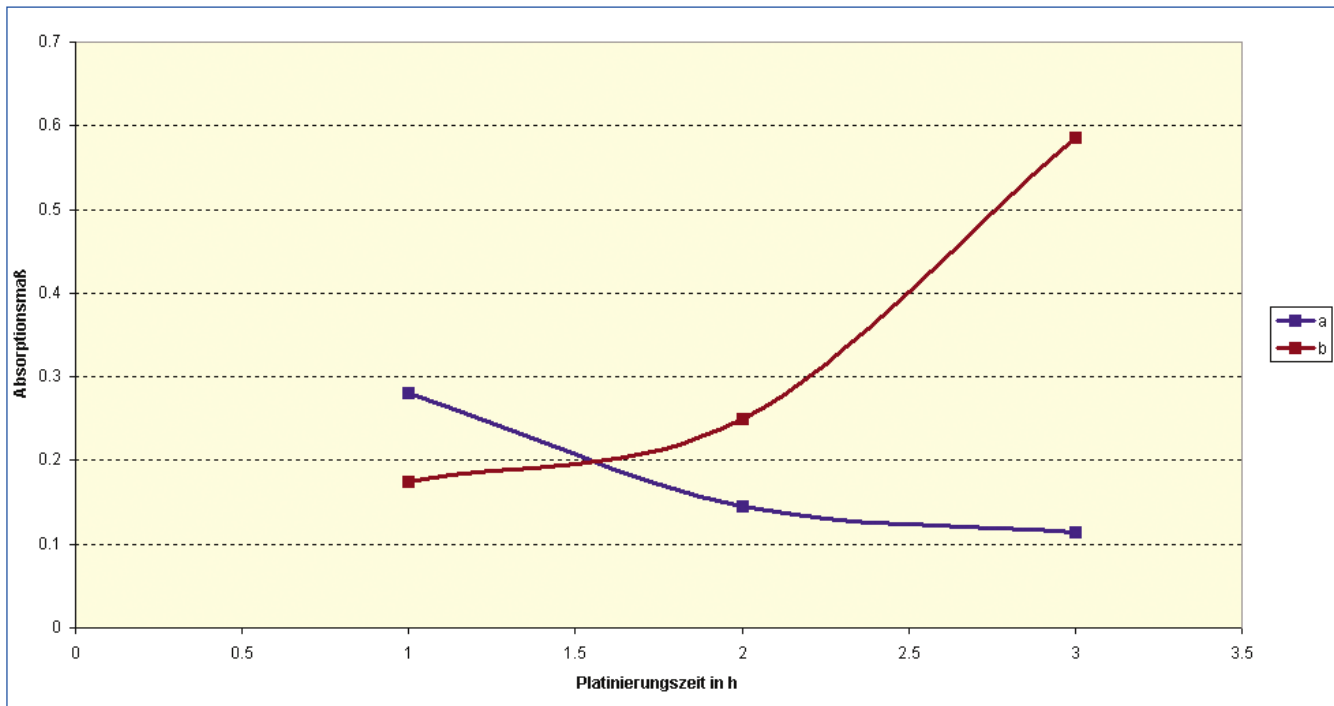


Abbildung 10 stellt die Ergebnisse eines typischen kinetischen Durchgangs dar. Die Rückgewinnung von Blei aus P 25 kann auf ähnlichem Wege erfolgen, wie er für die Rückgewinnung von Cadmium vorgeschlagen wurde.

Der photokatalysierte Abbau der Münzmetalle

Von den drei Metallen Kupfer, Gold und Silber ist Silber am leichtesten durch Photokatalyse abzulagern. Das lässt sich zeigen, indem eine Silber-salzlösung, die P 25 oder ZnO enthält, dem Sonnenlicht oder besser noch der Bestrahlung einer Quecksilber- oder sogar W-Halogen-Lampe ausgesetzt wird [20]. Die Reaktionen wurden auch durchgeführt, bevor die Photokatalyse erkannt [26] und die Quanteneffizienz von 0,1 bestimmt wurde. Seitdem bezog die extensive Forschungsarbeit die ZnO-katalysierte Ablagerung mit ein und die allgemeine Gleichung $4 Ag^+ + 2 H_2O \rightarrow O_2 + 4 H^+ + 4 Ag^0$ (10) wurde aufgestellt. Sogar der selektive Ausfall von Silber aus einer Lösung aus Cu^{2+} und Ag^+ wurde demonstriert [13]. Die Rückgewinnung des Silbers aus P 25 wird einfach durch Erwärmen mit heißer Salpetersäure erzielt.

Die Photodeposition von Gold aus

einer Au(III)-chloridlösung fand bei einem pH-Wert von 3,1 mit entweder P 25 oder Wolframtrioxid als Katalysator statt. Die Lösung wurde mit einer Quecksilber-Xenon-Lampe oder sichtbarem Licht – UV-Licht wurde ausgefiltert – bestrahlt. Die Einflüsse von Sauerstoff, pH-Wert und Methanol wurden ebenfalls untersucht [13]. Die Rückgewinnung des Gold von P 25 wird durch die Löslichkeit des abgelagerten Golds in Königswasser ermöglicht. Die Rückgewinnung von Gold aus einer Legierung aus Kupfer, Nickel und Zink wurde in 1M HCl mit Methanol und P 25 [13, 14] durchgeführt. Außerdem wurde die Photodeposition durch Röntgenabsorptionsspektroskopie untersucht [27]; sie zeigte eine durch die Reduktion gestartete Keimbildung, gefolgt von einem Wachstum der Clustergröße zeigte.

Kupfer(II) ist schwieriger zu reduzieren und wurde weniger ausführlich untersucht. Obwohl im Dunkeln 13 % auf P 25 adsorbiert wurde, führte Bestrahlung mit UV-Licht nur zur Beseitigung von 17 % – in An- und Abwesenheit von Sauerstoff [16] und obwohl Salicylsäure in der Lösung war, um die photogenerierten Löcher abzufangen. In Anwesenheit von Methanol als Lochfänger wurde Kupfer jedoch auf

CLB-MEMORY

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

November 2001

Kulturmedien für die Mikrobiologie, Teil 2

Friedhelm Keller, Remscheid

3.2. Einteilung der Kulturmedien

3.2.1 Nach dem Aggregatzustand

Man unterscheidet flüssige, halb feste und feste Medien. Im Laborjargon werden häufig folgende Bezeichnungen benutzt:

- „Lösung“ für flüssige Medien ohne Proteinzusätze,
- „Bouillon“ für flüssige Medien mit Proteinzusätzen,
- „Agar“ für feste Medien mit Agarkonzentrationen von $\beta(\text{Agar}) \geq 1 \text{ g}/100 \text{ ml}$.

Flüssige Medien

werden meist in Multiwell-Platten, Reagenzglasern, Erlenmeyerkolben oder Biorektoren eingesetzt. Man verwendet diese „Bouillonreagenzglas“ oder „Bouillonkolben“ meist dann, wenn schnell wachsende Zellsuspensionen benötigt werden. Dies kann gewünscht sein, wenn man eine große Zellmasse braucht, oder wenn Stoffwechselprodukte, die die Zellen in das Medium abgeben, isoliert werden sollen. Der Grund für das schnelle Wachstum in einem flüssigen Medium liegt darin, dass die einzelnen Zellen – im Gegensatz zur Kultur auf festen Medien – an ihrer gesamten Oberfläche vom Medium umspült werden und sie somit großflächig Bau- und Energiestoffe aufnehmen und Metaboliten abgeben können.

Feste Medien

werden meist in Petrischalen oder anderen flachen Gefäßen verwendet. Diese „Agarschalen“ oder „Agarplatten“ werden

benutzt, wenn man die MO als Einzelkolonien oder als zusammenhängenden Rasen auf der Oberfläche des Mediums benötigt. Zur Herstellung fester Medien setzt man einem geeigneten flüssigen Medium eine gelierfähige Substanz zu, die das Medium gelartig fest werden lässt. Robert Koch führte das Protein Gelatine als Zusatz mit 3 bis 15 g/100 ml in die mikrobiologische Kulturtechnik ein. Gelatine hat zwei Nachteile. Zum einen wird das Gel bei ca. 27 °C flüssig, es kann also bei der üblichen Kulturtemperatur von 36 °C nicht angewendet werden. Zum anderen wird die Gelatine von manchen MO enzymatisch abgebaut, was ebenfalls zu einer Verflüssigung des Mediums führt. Das heute übliche Geliemittel Agar wurde 1883 von Hesse, einem Mitarbeiter Kochs, eingeführt. Es ist ein aus der Zellwand von Rotalgen hergestelltes Heteropolysaccharid, welches u. a. als Pulver gehandelt wird. Agar ist im festen Medium mit 1,5 bis 2 g pro 100 ml enthalten. Bringt man das Pulver in kaltes Wasser, so quillt es und löst sich nach Erwärmung bei 95 °C. (Spezielle Trockenmedien enthalten Agar in granulierter Form, der auch bei Raumtemperatur löslich ist.) Bei der Abkühlung wird das Agarsol bei ca. 45 °C fest. Zur Verflüssigung ist erneute Erwärmung auf 95 °C nötig.

Agarmedien sollen vor allem im sauren Bereich nicht mehrmals verflüssigt werden, da der Agar in der Hitze hydrolysiert, wodurch die Gelierfähigkeit abnimmt. Von „Schrägagar“ spricht man, wenn man ein Reagenzglas mit 5 bis 7 ml verflüssigtem Agar schräg legt und das

Sol so erstarren lässt, dass das Gel eine relativ große schräge Oberfläche bildet. Schrägagarröhrchen werden häufig zum Anlegen von Dauerkulturen verwendet. Für spezielle Zwecke, etwa für Stichkulturen, kann man ca. 10 ml Agarsol im senkrecht stehenden Reagenzglas erstarren lassen und erhält dann „Hochschichtröhrchen“, die man zur Prüfung der Gasbildung durch Bakterien verwenden kann. Agar dient in dem Kulturmedien nicht als Nährstoff. Bis auf wenige Bakterien aus marinen Biotopen können die MO das Polysaccharid nicht abbauen.

Halbfeste Medien

mit einem Zusatz von 0,2 bis 0,8 g Agar/100 ml verwendet man z. B. zur Prüfung der Beweglichkeit von Bakterien.

3.2.2 Nach der Zusammensetzung

Man unterscheidet natürliche und synthetische Kulturmedien.

Natürliche Kulturmedien (= komplexe oder komplette Kulturmedien)

Solche Medien wendet man z.B. dann an, wenn der Nährstoffbedarf der zu kultivierenden Organismen noch nicht genau bekannt ist oder wenn die MO auf anderen Medien nicht gut wachsen. Natürliche Medien enthalten u. U. mehr Nährstoffe als die MO zum Wachstum benötigen. Sie sind oft auch die Grundlage für Kulturen in der biotechnologischen Großproduktion von Metaboliten oder SCP (Single Cell Protein), da sie meist preiswerter sind als synthetische Medien. Sie bestehen u. a. aus tierischen und/oder pflanzlichen Produkten, deren Zusammensetzungen qualitativ und quantitativ nicht genau bekannt sind. Dies trifft z. B. zu für Eier, Blut, Serum,

Milch, Hefeextrakte, Fleischextrakte, Maisquellwasser, Peptide, Kartoffeln, Möhren, Caseinhydrolysate, Gemüsesäfte. Diese Materialien enthalten C-, N-, P- und S-Quellen sowie Elektrolyte und meist ausreichend Vitamine und Spurenelemente.

Synthetische Kulturmedien

Sie werden meist dann eingesetzt, wenn der Nährstoffbedarf der MO bekannt ist. Ihre Zusammensetzung ist qualitativ und quantitativ definiert, sie werden meist aus ihren Einzelkomponenten durch Einwägen hergestellt. Je nach den Bedürfnissen der Mikroorganismen verwendet man die notwendigen C-, N-, P- und S-Quellen sowie Elektrolytquellen, Spurenelemente und Wachstumsfaktoren. Meist ist eine Pufferung nötig.

3.3.3 Nach dem Verwendungszweck

Nach dem Verwendungszweck unterscheidet man verschiedene Kulturmedientypen, deren Zusammensetzung meist empirisch ermittelt wurde.

Minimalmedien sind meist flüssig und für einen bestimmten MO so zusammengesetzt, dass dessen Minimalansprüche gedeckt werden und der MO am Existenzminimum wachsen kann.

Vollmedien (meist flüssig) werden zur Erzielung einer höheren Wachstumsrate als bei Minimalmedien eingesetzt. Dazu enthalten sie neben den essentiellen Bestandteilen des Minimalmediums Zusätze von Vitaminen, Mineralstoffen, Aminosäuren usw. Selektive Vollmedien sind in ihrer Zusammensetzung jeweils auf eine bestimmte Organismengruppe so abgestimmt, dass diese optimal wachsen kann und u.U. ausgezeichnete Metabolitenausbeuten gibt. In universellen Vollmedien wachsen viele MO-Gruppen gut.

Anreicherungsmedien (meist flüssig). Das Inokulum, mit dem das Medium beimpft wird, enthält oft nur eine geringe Anzahl von Zellen, die u. U. auch nicht im optimalen Zustand sind. Die Medienzusammensetzung ist so gewählt, dass möglichst alle im Inokulum enthaltenen MO-Arten sich gut vermehren können. Ziel der Anwendung ist die Gewinnung von möglichst vielen Zellen aller Keime des Inokulums. **Elektive Anreicherungsmedien** (meist flüssig) unterstützen durch spezielle Zusätze den MO stark im Wachstum, von dem man eine große

Zellzahl gewinnen will. Andere Keime des Inokulums haben dadurch geringere Wachstumschancen. **Selektive Anreicherungsmedien** unterdrücken durch entsprechende Zusätze das Wachstum unerwünschter Keime.

Isoliermedien sind fest und dienen dazu, von den im Inokulum vorhandenen Keimen Kolonien zu erhalten. Sie entsprechen in der Zusammensetzung in der Regel den Vollmedien. Selektive und elektive Isoliermedien entsprechen in ihrer Zusammensetzung den entsprechenden Anreicherungsmedien.

Differenzierungsmedien gibt es in flüssiger und fester Form. Ihre Zusammensetzung ist so gewählt, dass MO aufgrund ihrer biochemischen Eigenschaften identifiziert werden können.

Schließlich gibt es noch **Medien zur Konzentrationsbestimmung** von z.B. Vitaminen, Aminosäuren und Antibiotika.

Welches Medium den Ansprüchen eines MO ausreichend oder optimal entspricht, muss zunächst empirisch ermittelt werden. Die Kataloge der „Deutschen Sammlung für Mikroorganismen und Zellkulturen“ DSMZ (www.dsmz.de) geben zu allen dort aufgeführten MO die entsprechenden Kulturmedien an.

3.3.4 Nach der Handelsform.

Für viele Kulturverfahren gibt es vorgefertigte Trockensubstanzmischungen für Kulturmedien, die als Pulver, Granulate, Lyophilisate oder Tabletten im Handel sind (z. B. Becton-Dickinson, Difco, Merck, Oxoid, bioMerieux). Pulver und Granula müssen für das gewünschte Volumen eingewogen werden, Tabletten sind für ein festes Volumen von z. B. 5 ml bestimmt. Lyophilisate sind für ein bestimmtes Volumen portioniert, sie werden in der Originalflasche gelöst und dann in einem anderen Gefäß auf das Endvolumen aufgefüllt. Granula und Lyophilisate lassen sich meist besser lösen als Pulver. Auch gebrauchsfertige Lösungen, Bouillons und Agars werden in Röhrchen und Schalen angeboten. Vor allem bei letzteren ist die angegebene Haltbarkeit zu beachten.

Beispiele für Kulturmedien, die der Handel anbietet, können der Tabelle 4 entnommen werden.

4. Herstellung gebrauchsfertiger Kulturmedien aus Trockensubstanzmischungen

Bei Routinearbeiten werden oft gebrauchsfertige Medien aus dem Handel eingesetzt oder sie werden von einem speziellen Labor, der „Nährbodenküche“ hergestellt. Manchmal lässt es sich aber nicht umgehen, Kulturmedien aus den Trockensubstanzmischungen des Handels selber anzusetzen. Wie dies zu geschehen hat, wird auf den Originalflaschen der Hersteller meist angegeben. Dort steht z. B. wie viel Gramm der Trockensubstanzmischung für wie viel Milliliter Wasser einzuwägen ist, wie das Medium anzusetzen ist, welcher pH-Wert resultiert oder eingestellt werden muss und wie das Medium zu sterilisieren ist. Auch in den Kulturmedienkatalogen von Merck, Oxoid und anderen Herstellern, die man in der Regel kostenlos auf Anfrage erhält, findet man detaillierte Angaben dazu. Auf wesentliche bei der Herstellung zu beachtenden Punkte wollen wir hier kurz eingehen.

4.1 Herstellung der Lösung

Als **Lösemittel** soll demineralisiertes oder frisch destilliertes Wasser von nahezu neutraler Reaktion verwendet werden. Liegt der pH-Wert des Wassers < pH 5,5, so sollte man durch Aufkochen das Kohlenstoffdioxid austreiben. Nach Abkühlung auf 25 °C ist der pH-Wert erneut zu messen.

Das **Ansetzgefäß** ist so groß zu wählen, dass man den Inhalt gut durch Schütteln homogenisieren kann. Es sollte etwa das Doppelte des Volumens fassen, welches hergestellt werden soll. Das Volumen einer Charge ist auf 1 bis 2 l zu begrenzen.

Pulver und Granula sind **hygroscopisch**. Man muss zügig einwiegen, damit das auf der Waagschale liegende Material durch Wasseraufnahme aus der Luft nicht an Masse zunimmt. Bei Pulvern soll man stauben vermeiden, da Allergiegefahr besteht. Flaschen nach der Substanzentnahme sofort wieder fest verschließen, da Feuchtigkeit zu Verklumpung führt und so Löslichkeit und Lagerfähigkeit mindert.

Etwa die Hälfte des notwendigen Wasservolumens **vorlegen** und Pulver/Granulat darin durch Schütteln bei Raumtemperatur suspendieren bzw. lösen. Mit dem Rest des Wassers wird

Tab. 4: Beispiele für vom Handel angebotene Kulturmedien

Trockensubstanzmischungen für Bakterien-Medien		
<i>Kulturmediientyp</i>	<i>Bezeichnung</i>	<i>Inhaltsstoffe</i>
Vollmedium für die Kultur anspruchsvoller MO, Basis für Spezialmedien.	Nährbouillon Nr. 2 Oxoid CM67	Fleischextrakt, Pepton, Natriumchlorid pH 7,5 ± 0,2
Anreicherungsmedium zur Titerbestimmung coliformer Bacterien bei bakteriologischen Wasseruntersuchungen.	DEV Lactose Pepton-Bouillon Merck 1.10690	Pepton aus Casein, Pepton aus Soja, Lactose, Natriumchlorid, Bromkresolpurpur pH 7,2 ± 0,2
Differenzierungsmedium Testnährboden zur Prüfung der Nitratreduktion durch MO.	Nitrat Bouillon Merck 1.10204	Pepton aus Fleisch, Natriumchlorid, Kaliumnitrat pH 7,2 ± 0,2
Medium zur Kultur anspruchsvoller MO Grundlage zur Herstellung von Spezialmedien mit Blut oder Ascites.	Standard I Nähragar Merck 1.07881	Peptone, Hefeextrakt, Natriumchlorid, Glucose, Agar pH 7,5 ± 0,2
Isoliermedium zur Züchtung und Keimzählung von Clostridien und fakultativ anaeroben MO in Lebensmitteln und klinischem Material.	Clostridien Agar RCM Merck 1.05410	Fleischextrakt, Pepton aus Casein, Hefeextrakt, Glucose, Stärke, Natriumchlorid, Natriumacetat, Cysteiniumchlorid, Agar, pH 6,8 ± 0,2
Medium zur mikrobiologischen Konzentrationsbestimmung von Antibiotika (Lochteste, Blättchenteste, Zylinderteste).	Antibiotika-Nachweis Agar Nr. 2 Oxoid CM335	Pepton, Hefeextrakt, Fleischextrakt, Agar pH 6,5 ± 0,2
Trockensubstanzmischungen für Pilz-Medien		
<i>Kulturmediientyp</i>	<i>Bezeichnung</i>	<i>Inhaltsstoffe</i>
Anreicherungsmedium zur Kultur pathogener Pilze, vornehmlich für Dermatophyten.	Sabouraud 2 % Maltose-Bouillon Merck 1.05399	Pepton aus Fleisch, Pepton aus Casein, Maltose pH 5,6 ± 0,2
Vollmedium zur Kultur von Hefen und Schimmelpilzen. Bei Isolaten aus der Umwelt wird die bakterielle Begleitflora durch den pH von 5,6 gehemmt.	Kartoffelextrakt-Dextrose Agar Oxoid CM 139	Kartoffelextrakt, Glucose, Agar pH 5,6 ± 0,2
Isoliermedium zur Identifizierung und Isolierung von Dermatophyten.	Dermasel-Selektivnährboden Oxoid CM 539	Mykologisches Pepton, Glucose, Agar pH 6,9 ± 0,2
Differenzierungsmedium zur Differenzierung von Hefen.	Maismehl-Agar Oxoid CN 103	Maismehlextrakt, Agar pH 6,0 ± 0,2
Gebrauchsfertige Medien für Bakterien		
<i>Kulturmediientyp</i>	<i>Bezeichnung</i>	<i>Inhaltsstoffe</i>
Isoliermedium zur Züchtung und Isolierung anspruchsvoller pathogener Keime sowie zur Bestimmung pathogener Keime und zur Bestimmung der Hämolyseformen.	Mercoplate ^R Blutagar Merck 1.13414	u. a. defibriniertes Schafblut
Differenzierungsmedium zum Nachweis von Salmonellen und Shigellen.	Mercoplate ^R ENDO-Agar Merck 1.15156	u. a. Lactose, Natriumsulfit, Pararosanilin
Anreicherungsmedium zum selektiven Anreichern von Salmonellen.	Mercotube ^R Selenit Anreicherungsbouillon Merck 1.13424	u. a. Natriumselenit
Gebrauchsfertige Medien für Pilze		
<i>Kulturmediientyp</i>	<i>Bezeichnung</i>	
Nachweis von Hefen und Schimmelpilzen auf Oberflächen (auch in Reinräumen).	Envirocheck ^R RODAC H+S Merck 1.07088	
Zusatzstoffe		
Technischer Agar, der für viele Zwecke ausreichend gereinigt ist.	Agar Nr. 3, Oxoid L13	
Mit Trypsin verdautes Pepton	Fleischpepton, Oxoid L34	
Gepulvertes Fleischextrakt	Fleischextrakt "Lab-Lemco" Oxoid L29	

dann an der Innenwand hängendes Material in die Lösung gespült. Wenn die z. B. lautet 25 g/l, so bedeutet das, 25 g sind zu 1 l Wasser zu geben. (Nicht auffüllen ad 1 l!)

Fleischpasten sind anzuteigen. Wenn man zu pastösem Material eine zu große Wasserportion gibt, dann ist nur schwer eine homogene Verteilung zu erreichen. Zum Anteigen versetzt man das Material mit einem sehr kleinen Wasservolumen und homogenisiert mit Glasstab oder Spatel. Die nun schon flüssigere Suspension homogenisiert man weiter durch wiederholtes Zufügen kleiner Wasservolumina.

Trockensubstanzen für **Bouillons und Lösungen** sind in kaltem Wasser oder wenn nötig durch schwaches Erwärmen zu lösen. Nach vollständiger Lösung durch ausgiebiges Schütteln homogenisieren. Die Lösung muss klar und frei von ungelösten Teilchen sein. Manche Medienbestandteile lösen sich nicht völlig. In solchen Fällen ist darauf zu achten, dass die Suspension vor der Verteilung auf die Endgefäße, in dem autoklaviert werden soll, gut homogenisiert wird.

Agar-Trockensubstanz lässt man nach der Zugabe des Wassers 15 bis 20 min bei Raumtemperatur quellen, das fördert die Löslichkeit des Agars. Zum Lösen muss der Ansatz zum Sieden erhitzt werden. Dies geschieht im siedenden Wasserbad oder im Autoklaven im strömenden Dampf bei maximal 100 °C. Eine höhere Temperatur ist nicht nötig und wegen der Thermolabilität des Agars auch nicht sinnvoll. Erhitzen auf der Heizplatte oder über der Flamme ist ungünstig, es führt leicht zum Anbrennen. Wenn es anders nicht möglich ist, muss intensiv gerührt werden. Manche Trockenmischungen enthalten den Agar in granulierter Form; dies verbessert die Löslichkeit bei Raumtemperatur. In diesem Falle soll der Agar zum Lösen nicht weiter als notwendig erhitzt werden. Nach vollständiger Lösung wird optimal homogenisiert und erst dann in die – gegebenenfalls unsterilen – Gefäße abgefüllt, in denen Autoklaviert wird.

Alle Kulturmedien sind mehr oder weniger thermolabil. Sie sollen daher nie länger und höher als nötig erhitzt werden. Agar ist vor allem im sauren Bereich bei < pH 6 thermolabil, er hydrolysiert dann und verliert an Gelierfähigkeit.

4.2. Autoklavieren

Die eigentliche Sterilisierzeit beträgt bei 121 °C in der Regel 15 bis 20 min. Steigzeit und Fallzeit sind gesondert zu berücksichtigen. Nach Beendigung der Fallzeit (Druckausgleich) soll der Autoklav bald geöffnet werden, um die Medien nicht länger als nötig thermisch zu belasten. Öffnet man den Autoklaven, sobald der Druck dies zulässt, die Temperatur des Mediums aber noch über 100 °C liegt, so kommt es beim Medium u. U. zum Siedeverzug, wodurch die Stopfen der Gefäße abgeschleudert werden. Das Medium ist dann nicht mehr zu gebrauchen.

Bei Kulturmedien mit Glucose und Aminosäuren wird das Medium oft ohne die Glucose autoklaviert; hiernach muss eine sterilfiltrierte Glucoselösung aseptisch zugesetzt werden. Der Grund dafür ist die *Maillard*-Reaktion, bei der in der Hitze zwischen den Aminogruppen und den glycosidischen OH-Gruppen eine sehr komplexe Reaktion abläuft, durch die die Konzentrationen der Aminosäuren und der Zucker sinken und sich das Medium durch Reaktionsprodukte braun verfärbt. Manche Trockengemische enthalten neben Aminosäuren und Peptonen auch Glucose, so dass ein gemeinsames Autoklavieren nicht zu umgehen ist. Offensichtlich ist das nach Ansicht der Hersteller in diesen Fällen zu tolerieren.

4.2.1 pH-Kontrolle

Bei ordnungsgemäßer Herstellung stellt sich der auf der Verpackung angegebene pH-Sollwert beim Autoklavieren selbständig ein. Daher soll er erst danach an einer Probe kontrolliert werden.

Bouillon wird bei Zimmertemperatur gemessen, Agar bei 45 bis 50 °C solange er noch flüssig ist. Dabei ist der Temperaturkompensator des pH-Meters zu beachten. Muss der pH-Wert korrigiert werden, so gibt man unter aseptischen Bedingungen steril filtrierte Salzsäure oder Natronlauge mit $c(X) = 0,1 \text{ mol/l}$ oder 1 mol/l zu. Die dabei entstehende Volumenvergrößerung wird toleriert.

Bei größeren Ansätzen kann man eine Probe titrieren und dann berechnen, welches Volumen man der ganzen Charge zusetzen muss. Oft ist es vertretbar, den pH-Wert vor dem Autoklavieren einzustellen.

4.3. Gießen von Agar

Der flüssige Agar wird meist in Schalen ausgegossen, in denen er bei der Abkühlung erstarrt. Damit die Agarschicht an allen Stellen einer Schale gleich dick wird, müssen die Schalen auf einer waagerechten Unterlage stehen. Beim Gießen von Schalen für Bioassays ist dies besonders wichtig. Hier muss die Fläche unter der Schale gegebenenfalls mit einer Wasserwaage horizontal ausgerichtet werden. Bis zum Gießen hält man den Agar nach dem Autoklavieren in einem Wasserbad bei 45 bis 50 °C flüssig. Gießt man bei höherer Temperatur, so können sich die thermoplastischen Schalen verformen und es entsteht relativ viel Kondenswasser. Unmittelbar vor dem Gießen muss noch einmal durch Schwenken gut homogenisiert werden. Nicht Schütteln, sonst entstehen beim Gießen Luftblasen in der Schicht. Unterlässt man das Homogenisieren, so kann es passieren, dass in der einen Schale die Agarkonzentration höher ist als in einer anderen. Ist die Konzentration in einer Schale zu niedrig, dann erstarrt das Sol nicht zum Gel. Je nach Verwendungszweck werden die Schalen mit einem definierten Volumen oder mit z. B. ca. 20 ml gefüllt. Das geforderte Volumen wird unter aseptischen Bedingungen in die Schalen gegossen. Gegebenenfalls werden Luftblasen an der Oberfläche mit kleiner Brennerflamme weggefächelt. Nach dem Gießen lässt man den Agar in geschlossener Schale ca. 30 min erstarren. Zum Trocknen der Agaroberfläche und der Deckelinnenseite legt man die Platten geöffnet mit der Agarschicht nach unten für 15 bis 30 min in einen geschlossenen Brutschrank bei 37 °C.

5. Lagerung von Kulturmedien

Trockenmedien sind geschützt vor Licht und Feuchtigkeit bei Raumtemperatur 1 bis 5 Jahre haltbar.

Gebrauchsfertige Bouillons und Agarmedien sind lichtgeschützt zu lagern. Zum Schutz vor Wasserverdunstung können einzelne Schalen mit Kleband rundherum verschlossen werden. Schalen und Röhrchen kann man auch in Plastiktüten verdunstungsgeschützt aufbewahren. Die Haltbarkeit ist von der Lagertemperatur abhängig. Sie beträgt bei Raumtemperatur 1 bis 2 Wochen, bei 8 bis 12 °C mehrere Monate. Vorsicht bei der Lagerung im Kühlschrank, da hier an

Tab. 5: Fehler und ihre Ursachen

Fehler	Ursache
Trockenmedium ist verklumpt	Medium ist feucht, weil die Flasche nicht richtig verschlossen wurde.
pH-Wert weicht vom Sollwert ab	pH-Wert des Wassers war falsch. Medium wurde zu lange erhitzt.
Lösungen und Bouillons erscheinen im Reagenzglas trüb	Falscher pH-Wert. Bestandteile sind nicht ganz gelöst. Das ist normal, wenn das Medium unlösliche Bestandteile enthält wie z. B. beim Ca-Caseinat-Agar.
Gel ist beim Beimpfen mit der Öse nicht stabil oder es wird nicht fest	Vor dem Gießen wurde nicht homogenisiert. Es wurde zu wenig Trocken-substanz eingewogen. Der pH-Wert ist zu sauer.
Medium ist kontaminiert	Es wurde falsch autoklaviert, nicht aseptisch abgefüllt oder die Platten wurden beim Trocknen kontaminiert.
Kolonien zerfließen	Es wurde mit zu viel Flüssigkeit inokuliert oder das Kondenswasser auf der Agarschicht ist nicht ausreichend abgetrocknet.
Oberfläche des Agars ist zu feucht	Kondenswasser ist nicht ausreichend abgetrocknet.
Platten sind ungleich dick	Gießunterlage war nicht horizontal, es wurde zu heiß gegossen und die Platte hat sich verformt.

manchen Stellen Temperaturen < 0 °C herrschen können, die zu irreversiblen Schäden in der Gelstruktur des Agars führen. Vor dem Beimpfen bringt man die Medien zunächst auf Raumtemperatur.

6. Fehlerursachen

Umfassende Hinweise zu Problemen, die beim Ansetzen von gebrauchsfertigen Kulturmedien aus Trockensubstanzmischungen auftreten können, findet man in den Medienkatalogen der Hersteller. Ei-

nige Gründe für häufig auftretende Probleme sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Für Seite 88

1 a; 2 c, d, e; 3 b; 4 c; 5 b, d; 6 a, b; 7c; 8 a, d, e; 9 a, d; 10 d.

Notfallchemie: Peroxide – Nein danke!

Die Notfallsituation war offensichtlich: Am Abend des 3. September 2001 wurde das Institut für Bodenkunde der Universität Bonn weiträumig abgesperrt, um „einen Kanister mit der hochexplosiven Chemikalie Acetonperoxid“ zu entschärfen. Neben Feuerwehr und Polizei waren der Kampfmittelräumdienst und die GSG9 zur Stelle, das WDR-Fernsehen berichtete live vom Unglücksort. Der Chefchemiker der Bonner Feuerwehr gab in einem Statement einen Bericht zur Lage und erläuterte die Gefährlichkeit von Acetonperoxid, vor allem in festem Zustand. Die Lokalpresse berichtete ausführlich.

Doch was war geschehen? In besagtem Institut waren in ein 60-Liter-Gefäß Lösemittelrückstände, und zwar Aceton und Wasserstoffperoxid (angeblich 30-%ig), unbeabsichtigt oder aus Unkenntnis von Mitarbeitern oder Studenten „zusammengekippt“ worden. Auch die Pressekonzferenz der Institutsleitung am 4. September brachte wenig Aufklärung. Von „Unachtsamkeit im Umgang mit Chemikalien“, sprich Schlamperei, war die Rede. Man könne auch nicht ausschließen, dass im Institut noch ähnliche delicate „Rückstände“ lagerten.

So war der besagte Kanister bereits am Mittwoch der Vorwoche im Keller des Instituts zur „Entsorgung durch ein Entsorgungsunternehmen“ bereitgestellt worden. Das Entsorgungsunternehmen hatte jedoch bis Freitag aus noch nicht geklärten Umständen den Kanister nicht abgeholt. Daher blieb der Kanister über das Wochenende vergessen im Keller stehen. Erst am besagten Montag erinnerte man sich an den Kanister, den möglicherweise explosiven Inhalt und alarmierte die Feuerwehr.

Durch die Umsicht des Chefchemikers der Bonner Feuerwehr wurde die Situation wie folgt „entschärft“: Zuerst rückte der Kampfmittelräumdienst ab, da er sich für „nicht zuständig“ erklärte. Die GSG9 kam mit einem ferngesteuerten Roboter und die Feuerwehr baute vor

dem Institut ein kleines Schwimmbecken als Entsorgungsbecken auf. Das Schwimmbecken wurde mit mehreren Kubikmetern Wasser gefüllt, die GSG9 barg daraufhin das besagte Gefäß, das anschließend in die Wasservorlage entleert wurde. Aufgrund der großen Verdünnung wurde das Acetonperoxid unschädlich gemacht. Das kontaminierte Wasser konnte danach ohne weitere Probleme entsorgt werden. Sowohl Aceton als auch Wasserstoffperoxid sind in die WGK (Wassergefährdungsklasse) 1 (Schwach wassergefährdende Stoffe) eingestuft und in jedem Verhältnis mit Wasser mischbar.

Die Bildung von Peroxiden aus Aceton mit Oxidationsmitteln, hier Wasserstoffperoxid, ist hinreichend bekannt. Viele Unfälle, vor allem im Laborbereich, sind in der Literatur beschrieben worden.

Stoff	Index	CAS
Aceton	C ₃ H ₆ O	67-64-1
Acetonperoxy Radikal	C ₃ H ₅ O ₃	88181-69-5
Acetonperoxid (allgemein)		1336-17-0
Acetonperoxid, monomer	C ₃ H ₈ O ₄	2614-76-8
Acetonperoxid, dimer, cyclisch	C ₆ H ₁₂ O ₄	1073-91-2
Acetonperoxid, dimer, linear	C ₆ H ₁₄ O ₆	-
Acetonperoxid, trimer	C ₉ H ₁₈ O ₆	17088-37-8

Aus Aceton ist die Bildung von monomeren, dimeren und/oder trimeren Peroxiden möglich, vgl. die Tabelle auf der vorigen Seite.

Zur Schadenfreude besteht jedoch kein Anlass. Dieses Ereignis zeigt, dass in vielen Laboratorien keine klaren Rege-

Die EN-Werte und ihre Historie

Teil 10: Ein Beispiel für die Vielfalt der Wahrheit

Obwohl Pauling im Jahre 1960 in der 3. Auflage seines Buches „The Nature of the Chemical Bond“ die Hypothese des geometrischen Mittels in den Vordergrund stellte, behauptete sich weiterhin auch die Hypothese des arithmetischen Mittels. So schrieb beispielsweise *Heinz A. Staab* im Jahre 1966:

„Die Bindungsenergie einer Kovalenz mit partiellem Ionencharakter ist also nach Pauling wiederzugeben durch

$$D_{A-B} = f_i(D_{A-A} + D_{B-B}) + \Delta_{AB}$$

worin Δ_{AB} als ‚Ionen-Kovalenz-Resonanzenergie‘ der Atombindung A–B aufgefaßt wird. [...]. L. Pauling fand, daß die Differenz der Elektronegativitäten $|X_A - X_B|$ besonders gut durch $\sqrt{\Delta_{AB}}$ ausgedrückt werden kann, wenn die Ionen-Kovalenz-Resonanzenergie in eV gemessen ist.“ (Einführung in die theoretische organische Chemie, 4. Auflage, Seiten 58 und 59).

Auch in der 100. Auflage des Lehrbuchs der anorganischen Chemie von *Holleman* und *Wiberg* wurde im Jahre 1985 die Hypothese des arithmetischen Mittels in den Vordergrund gestellt. Allerdings kann man in Fußnote 57 lesen: „Statt des arithmetischen Mittels wurde später vorteilhafter das geometrische Mittel verwendet.“ Allgemeine Vorteile des geometrischen Mittels wurden aber nicht aufgezeigt.

Durchmustert man die Fülle kompetenter Fachbücher sorgfältig, so erkennt man, daß die Hypothese des arithmetischen Mittels gleichberechtigt neben der Hypothese des geometrischen Mittels steht. Es ist sogar so: Im Laufe der Zeit ließ Pauling die Hypothese des geometrischen Mittels stillschweigend beiseite, wenn es um die Erklärung seiner EN-

lungen über die Entsorgung von Abfällen sowie deren möglicher „Reaktionsfreude“ mit anderen Abfällen bestehen. Daher nochmals der dringende Appell an alle Mitarbeiter und Vorgesetzten, das Thema „Laborabfälle und deren gefahrlose Beseitigung“ zu überprüfen.

Günter Sorbe, Hürth

Werte ging. Beispielsweise erklärte er sein EN-Konzept in dem Buch „The Chemical Bond“, das 1967 in New York erschien, ausschließlich mit der Hypothese des arithmetischen Mittels, obwohl man im Vorwort lesen kann: „This book is essentially a shortened version of *The Nature of the Chemical Bond* (Third Edition, Cornell University Press, 1960), and is intended especially for the use of students.“

Ähnlich gingen auch andere Autoren mit Paulings Hypothesen um: *E. Riedel* übersetzte 1973 ein Buch von *H. B. Gray*, in dem der Elektronegativitätsbegriff ausschließlich mit der Hypothese des geometrischen Mittels erklärt wird. In seinem eigenen Lehrbuch benutzte *Riedel* im Jahre 1988 jedoch die Hypothese des arithmetischen Mittels zur Ableitung von Paulings EN-Werten.

Oft wurde in der Literatur die Hypothese des geometrischen Mittels mit ungerechtfertigten Argumenten in den Vordergrund gestellt, aber auch mancher Vertreter des arithmetischen Mittels missdeutete Paulings Tun und Entdecken. Beispielsweise *H. A. Staab*, als er schrieb: „L. Pauling fand, daß die Differenz der Elektronegativitäten $|X_A - X_B|$ besonders gut durch $\sqrt{\Delta_{AB}}$ ausgedrückt werden kann, wenn die Ionen-Kovalenz-Resonanzenergie in eV gemessen ist.“ Diese Behauptung trifft nicht zu. Pauling hätte die Definition der EN-Werte ebenso gut vornehmen können, wenn er die Δ -Werte in einer anderen Einheit (beispielsweise in kcal/mol) berechnet hätte. Bei sonst gleichem Vorgehen wären die so erhaltenen EN-Werte den in (eV)^{1/2} berechneten proportional.

Anders war es jedoch, als Pauling das geometrische Mittel ins Spiel brachte. Da er die bisher veröffentlichten EN-Werte nicht beiseite schieben, sondern verständlicherweise mit der neuen Hypothese regenerieren wollte, benutzte er (versuchsweise) einen Proportionalitätsfaktor in seiner neuen Definitionsgleichung:

$$\Delta' = k(X_A - X_B)^2$$

Pauling fand, daß k den Wert 30 haben muß, wenn die Δ' -Werte in kcal/mol berechnet werden.

Wie Pauling detailliert auf den Zahlenwert von k schloß, bleibt sein Geheimnis. Denkbar ist, daß er aus zwei deutlich voneinander abweichenden EN-Werten und dem dazugehörenden Δ' den Wert für k berechnete. Das würde die Hervorhebung von X_C und X_F verständlich machen: „An additive constant has been so chosen as to give the first-row elements C to F the values 2.5 to 4.0.“ (The Nature of the Chemical Bond 1960, Seite 89). Vermutlich führte Pauling aber umfangreiche Ausgleichsrechnungen durch, um auf den günstigsten k -Wert zu schließen. Jedenfalls gelang es ihm, mit dem Wert $k = 30$ die aus der Hypothese des arithmetischen Mittels gewonnenen EN-Werte zu reproduzieren: „In the original formulation of the electronegativity scale the electron volt, 23 kcal/mole, was used as the unit of energy, and the arithmetic mean was used. This procedure, which was followed also in the first and second editions of this book, leads to a convenient range of electronegativity values. The same values are obtained with the postulate of the geometric mean and the unit 30 kcal/mole.“ (The Nature of the Chemical Bond 1960, Seite 89.)

Die Gleichwertigkeit der beiden Hypothesen in Paulings EN-Konzept geht besonders klar aus Tafel 6 hervor.

Es gibt keine beweiskräftige Untersuchung, die zu dem Ergebnis führt, daß man einer der beiden Hypothesen ganz allgemein den Vorzug geben sollte. Es ist auch nicht zutreffend, wenn gesagt wird, daß quantentheoretische Untersuchungen eindeutig für die Hypothese des geometrischen Mittels sprechen, denn es gibt einen plausiblen quantenchemischen Ansatz, der auf die Hypothese des arithmetischen Mittels hinausläuft. Es ist das Potentialtopfmodell nach *Dunken* und *Müller*:

„Wir haben insgesamt ein einfaches konsistentes Potentialtopfmodell vor uns, welches die Paulingsche Energieformel herzuleiten gestattet, und zwar sowohl die im kovalenten Teil gültige Bindungsadditivität als auch genähert die Elektronegativitätskorrektur wiederzugeben in der Lage ist.“ (Zeitschrift für Chemie 1 [1961], 309-312.)

Tafel 6: Beleg für die Gleichwertigkeit zweier Hypothesen.

<p>Aus der 2. Auflage von Paulings Buch „The Nature of the Chemical Bond“, Seite 60:</p> <p>If the extra ionic energy $\Delta(A - B)$ were given accurately by the equation</p> $\Delta(A - B) = 23.06(X_A - X_B)^2$ <p>and the bond energy (in kcal./mole) by the equation</p> $D(A - B) = f_i[D(A - A) + D(B - B)] + 23.06(X_A - X_B)^2$ <p>the values in the two columns headed $0.208\sqrt{\Delta}$ and $X_A - X_B$ would be equal.</p> <p>It is seen that this is approximately true, the average deviation between the two being 0.09 for forty pairs.</p>	<p>Aus der 3. Auflage von Paulings Buch „The Nature of the Chemical Bond“, Seite 91:</p> <p>If the extra ionic energy $\Delta'(A - B)$ were given accurately by the equation</p> $\Delta'(A - B) = 30(X_A - X_B)^2$ <p>and the bond energy (in kcal/mole) by the equation</p> $D(A - B) = [D(A - A) \cdot D(B - B)]^{f_i} + 30(X_A - X_B)^2$ <p>the values in the two columns headed $0.18\sqrt{\Delta'}$ and $X_A - X_B$ would be equal.</p> <p>It is seen that this is approximately true, the average deviation between the two being 0.1 for 42 pairs.</p>
<p>Pauling fasste diese Ergebnisse in der 3. Auflage seines Buches „The Nature of the Chemical Bond“ folgendermaßen zusammen: It has been found possible to formulate an electronegativity scale of the elements by the analysis of the values Δ or Δ' given by the single-bond energies.</p>	

Die Hypothese des geometrischen Mittels wurde 1937 von Pauling und Sherman im Journal of the American Chemical Society aus quantentheoretischen Betrachtungen abgeleitet (Vol. 59; 1450–1456). In der Zusammenfassung des Aufsatzes kann man lesen: „It is shown that the energy of a normal covalent bond A–B between unlike atoms is probably represented more closely by the geometric mean of the bond energies for A–A and B–B than by their arithmetic mean.“ Die Beweisführung fand aber

nicht nur Zuspruch. Beispielsweise stellte H. R. Christen fest: „Die Hypothese des geometrischen Mittels scheint doch etwas sehr stark an den Haaren herbeigezogen zu sein [...]“ (CLB 18 [1967], 211).

Verläßt man das Feld der Polemik und des Entweder–Oder, indem man beide Hypothesen akzeptiert und gemeinsam betrachtet, so leuchtet die Wahrheit hervor, die hinter diesem Dualismus steht.

Harald Richter, Wuppertal

Die deutsche Übersetzung der Definition des Mol von 1971 lautet:

1. Das Mol ist die Stoffmenge eines Systems, das aus ebensoviel Einzelteilchen besteht, wie Atome in 0,012 Kilogramm des Kohlenstoffnuklids ¹²C enthalten sind; sein Einheitenzeichen ist „mol“.

2. Bei Benutzung des Mol müssen die Einzelteilchen spezifiziert sein und können Atome, Moleküle, Ionen, Elektronen sowie andere Teilchen oder Gruppen solcher Teilchen genau angegebener Zusammensetzung sein.

3. Das Mol ist eine Basiseinheit des Internationalen Einheitensystems.

Mit den Worten „ebensoviel Teilchen“ wird eine Zahl umschrieben, und diese ist nichts anderes als der Zahlenwert der Avogadro-Konstante N_A . Als Wert der Avogadro-Konstante hat die Physikalisch-Technische Bundesanstalt folgenden Wert genannt (1997):

$$N_A = 6,022\,136\,7(36) \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Die beiden Ziffern in Klammern geben die einfache Standardabweichung für die letzten beiden Stellen an, und die relative Messunsicherheit beträgt $5,9 \cdot 10^{-7}$. Da an der Bestimmung der Avogadro-Konstante gearbeitet wird, kann sich der Wert ändern. Aber auf Rechnungen bei Klassenarbeiten und Prüfungen wird sich das in der Regel nicht auswirken!

Eine von sieben Basiseinheiten: Das Mol

Das internationale Einheitensystem (Système International d'Unités, SI) ist 1960 eingeführt worden – das Kurzzeichen SI ist für alle Sprachen gleich. Das SI beruht auf den folgenden sieben Basiseinheiten:

- Meter (m),
- Kilogramm (kg)
- Sekunde (s),
- Ampere (A),
- Kelvin (K),
- Mol (mol) und
- Candela (cd).

Das Mol als Basiseinheit für die Stoffmenge ist erst 1971 dazugekommen. Es wurde von der 14. Generalkonferenz für

Maß und Gewicht aber an die sechste Stelle der Liste der Basiseinheiten gesetzt. Damit sollte angedeutet werden, dass es durch Entwicklungen in der Optik zu einer Diskussion über die Candela als Basiseinheit der Lichtstärke kommen wird.

Von den sieben Basiseinheiten ist sicher das Mol die Basiseinheit, die für die Chemie die größte Bedeutung hat. Die Benennungen Stoffmenge und Mol gehen auf Wilhelm Ostwald (1853 bis 1932) zurück: Aufgrund seiner Definition war das Mol gleich dem Molekulargewicht in Gramm. Heute ist die Stoffmenge eine Größe „mit eigener Dimension“.

Biosektor programmiert geprüft

Es kann mehr als eine Antwort richtig sein.

1. Wo spielt der Vorgang der Glucuronidierung eine wesentliche Rolle?

- a Bei der Metabolisierung von Arzneistoffen in der Leber
- b Bei der Resorption von Arzneistoffen im Magen
- c Beim Abbau von Pflanzenschutzmitteln in sauren Böden
- d Bei der Abwasserreinigung in biologischen Kläranlagen
- e Beim Erzleaching

2. Welche der folgenden Stoffe gehören zu den sogenannten sekundären Pflanzenstoffen?

- a Pentosen
- b Proteine
- c Flavone
- d Anthocyane
- e Nikotin

3. Bei welchem der folgenden Vorgänge handelt es sich um eine Gärung?

- a Der aerobe Umbau von Milchsäure in Lactose
- b Der anaerobe Abbau von Milchsäure in Milchsäure
- c Der Umbau von Glucose zu Glycogen
- d Die Umwandlung von Glycogen in Glucose
- e Die enzymatische Spaltung stickstoffhaltiger organischer Verbindungen unter Abspaltung von N_2

4. Nach einer Infektion findet man im Plasma meist Antikörper gegen antigene Strukturen des Infektionserregers. Welches Immunglobulin tritt in der Regel als erstes nach einer Infektion auf?

- a Immunglobulin G
- b Immunglobulin A
- c Immunglobulin M
- d Immunglobulin E
- e Immunglobulin D

5. Welche Aussagen über die Zuordnung von Mikroorganismen sind richtig?

- a Escherichia coli ist psychrophil und obligat anaerob.
- b Lactobacillen sind thermophil und mikroaerophil.
- c Thermus aquaticus ist thermophil und photoautotroph.
- d Saccharomyces cerevisiae ist mesophil und fakultativ anaerob.
- e Serratia marcescens ist thermophil und obligat aerob.

6. Welche Aussagen zu parasitären Erkrankungen sind richtig?

- a Der Erreger Plasmodium vivax wird von Anophelesmücken übertragen.
- b Der Erreger der Schlafkrankheit ist Trypanosoma gambiense.
- c Die Amöbenruhr wird durch Zecken übertragen.
- d Die Echinokokkose wird durch Diplokokken ausgelöst.
- e Unter Bilharziose versteht man den Zustand nach Infektion mit Dicrocoelium dendriticum.

7. Mit welcher Applikationsart erreicht man bei einem Versuchstier eine schnell einsetzende, langandauernde und lange gleichbleibende Arzneistoffwirkung?

- a orale Gabe einer Retardtablette
- b intravenöse Injektion
- c intravenöse Infusion
- d intraperitoneale Injektion
- e rectale Applikation

8. Welche Applikationsarten spielen zur allgemeinen Anaesthesierung von Laborsäuern im Tierversuch eher eine geringe Rolle?

- a orale Applikation
- b intravenöse Applikation
- c Inhalation
- d rectale Applikation
- e dermale Applikation

9. Welche Aussagen zur Kultur pflanzlicher Zellen sind falsch?

- a Der pH-Wert der Medien liegt in der Regel bei 9 bis 10.
- b Auxine und Gibberelline sind Phytohormone, die manchen Medien zugesetzt werden müssen.
- c Der Zusatz von Glucose zu einem Medium für grüne Pflanzen ist nicht sinnvoll, weil sich die Pflanzen nicht heterotroph ernähren können.
- d Phytokinine im Medium hemmen das Kalluswachstum.
- e Abszissinsäure im Medium hemmt die Wirkung von Auxinen.

10. Bei einem Kalorikversuch werden 300 g Wasser von 45 °C durch Wärmezufuhr vollständig in Dampf von 100 °C überführt. Wenn für den Versuch insgesamt 760 kJ zur Verfügung stehen, auf wie viel Grad Celsius kann der Dampf dann theoretisch noch aufgeheizt werden?

- a 108,2 °C
- b 111,2 °C
- c 119,3 °C
- d 124,3 °C
- e 143,1 °C

Wussten Sie, dass . . .

es neben **Viren** auch **Email-Enten** gibt? Diese Tatsache wurde im Oktober im Umfeld der CLB-Memory-Redaktion sehr wichtig. Von einem Autor kam ein Kettenbrief mit einer Virenwarnung, der dann gleich an Empfänger von Emails der Redaktion weitergeleitet wurde. Im weiteren Verlauf trat der Verdacht auf, dass die erwähnte Datei kein Virus ist, sondern vielmehr von Windows benötigt wird. Die Anwahl des Herstellers des Antivirenprogramms FP-Win

www.percomp.de

brachte Klarheit. Die Datei sulfnbk.exe ist keine mit einem Virus infizierte Datei, sie wird als Email-Ente benutzt. Es gibt eine größere Zahl von Email-Enten, die den Empfänger verängstigen sollen.

es neben den üblichen auch **Mini-CD-ROMs** zum Beschreiben gibt? Sie können in allen Schreib- und Lesegeräten verwendet werden, die eine Mini-Vertiefung haben. Es gibt die Ausführungen CD-R und CD-RW; das Volumen beträgt 185 MB, und dies entspricht einer Spielzeit von 21 Minuten. Je nach Hersteller und Abnahme kostet eine solche Mini-CD mit dem Gewicht von rund 7 g etwa DM 3,50. Ein Vorteil gegenüber einer großen CD-ROM: Sie passt (ohne Verpackung) in einen normalen Briefumschlag.

die deutsche und die europäische **Landwirtschaft** eine enorme **Produktivitätsentwicklung** hinter sich haben? Während im Jahre 1970 ein Landwirt 27 Menschen ernährte, waren es 25 Jahre später 108. Wie die Deutsche Gesellschaft Club of Rome veröffentlichte, sank der Arbeitszeitaufwand für den Kauf von 1 kg Butter im gleichen Zeitraum von 85,9 Minuten auf 25,5 Minuten, für 10 Eier ging er von 21,8 auf 8,8 Minuten zurück.

dass die eben erwähnte **Deutsche Gesellschaft Club of Rome** in diesem Jahr schon 23 Jahre besteht und eine der weltweiten 25 National Associations des Club of Rome ist? Der Club of Rome ist wegen der Unabhängigkeit seines Urteils vielseitig gefragt. Er veranstaltet Arbeitskonferenzen und Kongresse; Mitglieder veröffentlichen Bücher, die starke Beachtung finden. Eine neuere Initiative ist der Dialog mit Vertretern der Altersgruppe um die 30. Wer möchte, kann den Club of Rome finanziell unterstützen.

gebräuchlichem Anatas abgelagert [10]. Die Reduktion läuft in einem Zwei-Stufen-Prozess ab: Der langsamere Schritt von beiden kann der Schutzschildwirkung des abgelagerten Kupfers und/oder dem Abfall in der MeOH-Adsorption zugeschrieben werden. Eine Veränderung des pH-Wertes während der Reduktion führt ebenfalls zum Zwei-Stufen-Prozess. Man ging davon aus, dass Kupfer(I)-oxid zuerst abgelagert wird und dann die e^-h^+ -Rekombination hemmen kann.

Die photokatalysierte Ablagerung von Platin und seine Rückgewinnung

Wegen der hohen katalytischen Aktivität von platinierter Titanerde beschreiben eine große Anzahl von Arbeiten deren Vorbehandlung und katalytische Aktivität in vielfältigen Reaktionen, durch die nicht nur giftige oder Edelmetalle, sondern auch organische Schadstoffe entfernt werden [4, 6]. Obwohl verschiedene Techniken zur Vorbehandlung von TiO_2/Pt angewandt wurden, scheint die Photoplatinierung zum effizientesten Katalysator zu führen. Die detaillierte Untersuchung der Reaktion [11] verglich die Ergebnisse der Verwendung vier verschiedener Pt-Komplexe, aber in allen Fällen wurde die komplette Entfernung erreicht; unter Verwendung von P 25 erfolgte die Bestrahlung mit einer 125-W-Quecksilberlampe, die Temperatur wurde konstant gehalten. Die Adsorption des Platins auf P 25 bei Dunkelheit wurde ebenso gemessen wie die Kinetik der Photodeposition, gefolgt von der Absorptionmessungen (bei der Wellenlänge der Absorptionsmaximums) der Masse, die aus Lösung ausgeschieden wurde, erhalten aus P 25 durch Auflösung in Königswasser plus Flußsäure.

Unsere Ergebnisse betreffend die Rückgewinnung von Platin aus P 25/Pt sind in Abbildung 11 dargestellt: Die Absorbanz der anfänglichen Platinierungslösung von 448 nm in einer 1-cm-Zelle ist im Verhältnis zur Bestrahlungszeit mit P 25 (Kurve a) gezeichnet, und zwar zusammen mit der entsprechenden Absorbanz der Lösung des Platins, das durch Lösung von P 25 in Königswasser zurückgewonnen wurde (Kurve b).

Weitere relevante photokatalysierte Prozesse

Obwohl photokatalysierte Prozesse in Metallionenarten normalerweise zur Photoreduktion des Metalles führen, ist die Reduktion von Uranylspezies zu U_3O_8 eine interessante Ausnahme [28].

Eine Reihe von Edelmetallen sind durch photokatalysierte Reduktion abgelagert worden. Erreicht wurde das auf P 25 mit Rhodium ($RhCl_3$) und Palladium (aus seinem Chlorid) [7]. Dieselbe Studie berichtet von selektiver photochemischer Separation und der Rückgewinnung von Gold, Platin und Rhodium aus Chloridmedien. Unter Verwendung anderer Oxidhalbleiter konnten auch weitere Edelmetalle abgelagert werden [11]. Es wurden Versuche unternommen, zwei Metalle auf Halbleiterpartikeln abzulagern [29]. Hauptziel ist es, die photokatalytische Aktivität des Katalysators zu verbessern. So belud man P 25 mit Platin-Rhodium-, Silber-Rhodium- und Platin-Palladium-Paaren und charakterisierte sie mit XPS-Analyse. Die Rückgewinnung dieser Edelmetalle von P 25 könnte durch Lösung in Königswasser gefolgt von selektiver photokatalysierter Separation vorstatten gehen. Dies ist auf jeden Fall ein lohnenswertes Forschungsbereich.

Danksagung

Ich bedanke mich bei Dr. M. W. Rophael und Prof. W. E. Mourad für die Ergebnisse der Abbildungen 3 und 8 bis 10 sowie bei meinen ehemaligen Studenten für die anderen Experimentalergebnisse.

Literatur:

- [1] Gratzel M. in: Heterogeneous Photochemical Electron Transfer, Florida, CRC Press, 1989.
- [2] Nargriello M.; Herz T. in: Photocatalytic Purification and Treatment of Water and Air, Eds. Ollis, D.F.; Al Ekabi H., Amsterdam, Elsevier, 1993, p.801.
- [3] Clechet P.; Martlet C.; Martin J R.; Olier R.; C.R.Acad. Sci. Paris, Ser.C. **287**(1978)405.
- [4] Nettleton-Hammond, J.; Malati M.A.; React. Kinet. Catal. Lett. **70**(2000)325.
- [5] (a) Wong, W.K.; Malati M.A.; Solar Energy **36**(1986)168; (b) Malati M.A.; Wong W.K.; Surf. Technol. **22**(1984)305.
- [6] Malati M.A.; Environmental Technology **15**(1996)1093 and references therein.
- [7] Borgarello E.; Serpone M.; Eno G.; Harris R.; Pelizzetti E.; Inorg. Chem. **25**(1986)4499.
- [8] Tennakone K.; Ketiparacheki U.S.; Applied Cat.B.Environmental **5**(1995)343.

- [9] Malati M.A.; Attubato L.; Beaney, Sol. Energy Sol. Cells, **40**(1996)1.
- [10] Wang Y.Y.; Wan C-C.; J. Photochem. Photobiol. A. Chem. **79**(1994)303; **84**(1994)195.
- [11] Herrmann J-M.; Desdier J.; Pichat P.; J. Phys. Chem. **90**(1986)6028.
- [12] Khalil L.B.; Mourad W.; Rophael M.W.; Applied Catalysis B Environmental **17** (1998)267.
- [13] Serpone N.; Lawless D.; Terzian R.; Minero C.; Pelizzetti E.; in Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy, Eds. Pelizzetti E.; Schiavello M.; Kluwer Academic, Amsterdam, 1991, p.451.
- [14] Borgarello E.; Harris R.; Serpone N.; Nouv.J. Chim. **9**(1985)743.
- [15] Grimes S.M.; Donaldson J.D.; Chaudry A-J.; Hassan M.; Environ. Sci. Technol. **34**(2000)4128.
- [16] Prairie M.R.; Evans L.R.; Stange B.M.; Martinez S.L.; ibid, **27**(1993)1776; Prairie M.R.; Stange B.M.; Evans L.R. in Photocatalytic Purification and Treatment of Water and Air, Eds. Ollis D.F.; Al Ekabi H.; Elsevier Science 1993, p.335.
- [17] Herrmann J.M.; Disdier J.; Pichat P.; Fernandez A.; Gonzalez-Ellipe A.; Manuera G.; Leclercq C.; J. Catal. **132**(1991)490.
- [18] Domenech J.; Munoz J.; Electrochim. Acta **12**(1986)1383.
- [19] Sabate E. et al, J. Mol. Catal. **71**(1992)57; Aguado M.A. et al, Chem. Eng. Comm. **104**(1991)71.
- [20] Malati M.A.; Experimental Inorganic/Physical Chemistry, Chichester, Horwood Publishing, 1999 (a) p.336; (b) p.357; (c) pp.81, 270; (d) pp. 226,329.
- [21] Mourad W.E.; Malati M.A.; Rophael M.W.; Paper read at Electrochem 97, University College London, 27-29 Aug.1997.
- [22] Serpone N. et al; Sol. Energy **39**(1986)491.
- [23] Domenech J.; Andres M.; Nouv. J. Chim. **11**(1987)443.
- [24] Lau L.A. et al, Environ. Sci. Technol. **32**(1998)670.
- [25] Maillard-Dupuy C. et al, New J. Chem. **18**(1994)941.
- [26] Fleischauer P.D. et al, J. Am. Chem. Soc. **94**(1972)283.
- [27] Caballero A, et al. J. Photochem. Photobiol. A Chem. **78**(1994)169.
- [28] Amadelli R. et al. J. Chem. Soc. Faraday Trans. **87**(1991)3267.
- [29] Fernandez A. et al, in Photocatalysis and Environment. Ed. Schiavello, Kluwer Academic, Amsterdam, 1988 p.685.

Hinweis:

Der Text des Artilels kann in seiner ursprünglich englischsprachigen Form auf unserer Website www.clb.de gelesen werden.

Das Potenzial von Mikroorganismen und Enzymen nutzen

Biokatalytische Verfahren helfen bei der Herstellung von Naturstoffe wie Vitaminen und Aminosäuren oder auch optisch aktiven Zwischenprodukten. Dabei wird zwischen fermentativen und enzymatischen Prozessen unterschieden.

Die Vorteile biokatalytischer Verfahren insgesamt liegen in ihrer besseren Selektivität und Effizienz im Vergleich zu konventionellen chemischen Prozessen. „Bei der Fermentation nutzen wir die katalytische Aktivität lebender Mikroorganismen“, erklärt Dr. Bernhard Hauer, Leiter Biokatalyse Zwischenprodukte & ChiPros bei der BASF in Ludwigshafen. „Wir füttern die Organismen mit einem Rohstoff und erhalten das fertige Produkt. Diese Synthese ist nur scheinbar einstufig – es laufen in den Mikroorganismen sehr komplexe Stoffwechselprozesse ab.“

Bei der zweiten Variante katalysiert ein einzelnes Enzym einen definierten

Reaktionsschritt. Die übrigen Schritte sind chemische Reaktionen. Während chemische Prozesse oft nur unter hohem Druck und bei hohen Temperaturen ablaufen, arbeiten Mikroorganismen und einzelne Enzyme meist bei Normalbedingungen. Auch gehen sie wirtschaftlicher mit dem eingesetzten Material um, und es entstehen weniger Abfallprodukte. Für die chemische Industrie bedeutet dies Einsparung an Energie, Rohstoffen sowie am Abfall und damit echte Kostenvorteile.

Ein Beispiel soll die Umstellung von konventioneller auf biokatalytische Produktion bei BASF verdeutlichen: Die Herstellung von Vitamin B2. Das Vitamin wird zur Nahrungsergänzung bei Mensch und Tier eingesetzt. Der ursprüngliche chemische Prozess geht von Glucose aus und führt über eine vielstufige Synthese mit teuren Rohstoffen. In dem biokatalytischen Einstufen-Prozess werden aus Pflanzenöl direkt die gelben Vitamin-B2-Nadeln

in der Fermentationsbrühe hergestellt. Als Biokatalysator dient ein Pilz namens *Ashbya gossypii*. Seine Produktivität wurde im Laufe der Jahre immer weiter gesteigert. Das biokatalytische, fermentative Verfahren ging 1990 in Betrieb. Damals lag dessen Marktanteil bei ungefähr 5 Prozent. Heute sind fast drei Viertel des verfügbaren Vitamin B2 biokatalytischen Ursprungs.

Gentechnik hilft Stoffwechselprozesse aufzuklären

Neben Vitamin B2 produziert die BASF heute bereits eine Vorstufe von Vitamin C und die Aminosäure Lysin durch Fermentation. „Damit ist das Potenzial der Biokatalyse jedoch bei weitem noch nicht ausgeschöpft“, berichtet Hauer. „Wir forschen derzeit an weiteren Verfahren zur Herstellung von Vitaminen und Aminosäuren.“ In der gesamten Industrie wird, so Hauer, in den nächsten zehn Jahren die Herstellung der meisten wasserlöslichen



Die hier gezeigte, robotergestützte Screening-Anlage kann bis zu 50 000 Proben pro Tag testen. Dabei wird untersucht, ob sich Enzyme als Biokatalysatoren für chemische Synthesen einsetzen lassen (Fotos: BASF).



Dr. Markus Pompejus von der BASF untersucht die Stoffwechselforgänge – auf dem Bildschirm dargestellt als eine Art von Schaltplänen – von *Corynebacterium glutamicum*. Forscher haben jetzt das Erbgut des Bakteriums entschlüsselt. Der auf seine Stoffwechselprozesse aufbauende biotechnologische Prozess lässt sich wohl noch effizienter machen.

Vitamine und praktisch aller Aminosäuren auf einstufige Fermentationsprozesse umgestellt.

Noch ist aber viel Arbeit bei der Aufklärung des mikrobiellen Stoffwechsels zu leisten. Die weltweit vorangetriebenen Genomprojekte haben in den letzten Jahren bereits eine Fülle nützlicher Daten hervorgebracht, aus denen sich Biosynthesen und die daran beteiligten Enzyme rekonstruieren lassen. So wurde die Erbinformation des Bakteriums *Corynebacterium glutamicum* vollständig entschlüsselt und zudem der gesamte Stoffwechsel des Bakteriums aufgeklärt. Das Bakterium ist ein wichtiger Bioproduzent, da es im Gegensatz zu Mensch und Tier in der Lage ist, aus Rohzucker und Melasse die Aminosäure L-Lysin zu synthetisieren.

Essentielle Aminosäuren gehören ins Futter

L-Lysin ist die in der Tierernährung am häufigsten limitierende essentielle Aminosäure. Ihr Mangel kann ausgeglichen werden, indem man das pflanzliche, proteinreiche Futtermittel erhöht oder die gereinigte Aminosäure dem Futter in geeigneter Dosierung zusetzt. Der erstgenannte Weg ist problematisch, weil der höhere Gesamtpro-

teinanteil die Futtermittelverwertung beeinträchtigt – die Tiere erzeugen zum Beispiel mehr Gülle. Unter den Gesichtspunkten der Tiergesundheit, der Ökologie und der Ökonomie ist die Zudosierung essentieller Aminosäuren der bevorzugte Weg.

„In der Natur synthetisieren die Corynebakterien L-Lysin nur, um ihren eigenen Bedarf zu decken“, sagt Dr. Burkhard Kröger, Leiter Biokatalyse Aminosäuren & Enzyme bei der BASF. „Wie bringen wir sie dazu, die Aminosäure in weit größeren Mengen zu produzieren?“ Die Antwort heißt: Metabolic Engineering - die gezielte Veränderung des Bakterienstoffwechsels.

Es gelang, den kompletten Stoffwechsel des *Corynebacterium* zu rekonstruieren und ein vielversprechendes Gen auszumachen. Vermutlich kodiert es für einen Regulator der Lysin-Biosynthese. Mit Hilfe dieses „Gen X“ konnte die Effizienz der Lysin-Synthese gesteigert werden. „Wir haben anschließend die Kopienzahl des Gens in den Bakterienzellen erhöht“, erläutert Kröger. „Dadurch wird eine größere Menge des Regulators gebildet und es erhöhte sich zumindest im Labormaßstab die Ausbeute der Lysin-Synthese um bis zu 15 Prozent.“

Gene und Genprodukte gleichzeitig anschauen

Nach Kenntnis des gesamten Genoms stehen den BASF-Forschern noch ganz andere Analysemöglichkeiten offen: Sie können sich alle Gene, die dazugehörigen Proteine und Enzyme gleichzeitig anschauen.

Ein neuentwickelter DNA-Chip macht die parallele Messung des Aktivitätszustandes aller Gene von *Corynebacterium* möglich. Auf diesem Chip sind die 2900 entschlüsselten Gene aufgebracht. An den Farben und ihren Abstufungen kann man erkennen, ob und in welchem Umfang ein Gen aktiv ist.

Besonders interessant ist es, die Genaktivitäten über den gesamten Verlauf der Fermentation zu verfolgen. Aus Proben, die man in bestimmten zeitlichen Abständen gewinnt, kann man nicht nur eine Schnappschussaufnahme der Aktivität aller Gene machen, sondern wie im Film auch deren Änderung im Prozess beobachten. Auch hier hilft die Bioinformatik. Auswertungs- und Visualisierungssoftware gruppiert Gene mit ähnlichem Aktivitätsverlauf. An auffälligen Ausschlägen ist beispielsweise zu erkennen, dass zu dieser Zeit im Produktionsprozess ein Nährstoffmangel im Medium aufgetreten sein muss. Diese Erkenntnis hilft, solche Engpässe in Zukunft zu vermeiden.

Optisch aktive Zwischenprodukte

Eine ganz andere Anwendung biokatalytischer Verfahren ist die Herstellung chiraler Zwischenprodukte für Arzneimittel- und Pflanzenschutzwirkstoffe. Oft weiß man schon ganz genau, an welchem Rezeptor in einer bestimmten Zelle ein Wirkstoff angreifen soll, um die gewünschte Stoffwechselreaktion zu erzielen. Bei chemischer Herstellung entstehen jedoch oft Moleküle in zwei Formen – R- und S-

Enantiomere –, die sich wie Bild und Spiegelbild verhalten. Ihre physikalischen Eigenschaften sind identisch, jedoch nur eine Form davon ist biologisch wirksam. Es sind optisch aktive beziehungsweise chirale Produkte. Diese beiden Formen zu trennen und nur noch die „richtige“ zu nutzen, haben Agro- und Pharmaindustrie in den letzten Jahren gelernt.

Spiegelbildliche Moleküle sind in Bezug auf ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften völlig identisch – mit einer Ausnahme: Sie vermögen die Schwingungsebene linear polarisierten Lichts in unterschiedliche Richtungen zu drehen. Liegen Bild und Spiegelbild in gleichen Mengen vor, kann keine Drehung des Lichts registriert werden. Hat man allerdings eines der Enantiomere angereichert

oder sogar nur ein Enantiomer vorliegen, kann man die Drehung des Lichtes messen. Die Substanz ist dann „optisch aktiv“.

Es gibt drei prinzipiell unterschiedliche Möglichkeiten, optisch aktive Zwischenprodukte herzustellen:

1. Man kann von natürlich vorkommenden enantiomerenreinen Verbindungen wie Zuckern, Aminosäuren und Terpenen ausgehen und über mehr oder minder komplexe Synthesestufen das gewünschte Zwischenprodukt gewinnen.
2. Die Chemokatalyse nutzt in der Regel chirale Metallkatalysatoren, um aus geeigneten Vorläufer-substanzen das gewünschte optisch aktive Zwischenprodukt zu synthetisieren.

3. Man kann natürliche Katalysatoren, die Enzyme, einsetzen und die gewünschte Transformation realisieren lassen. Da diese Katalysatoren durch die Evolution in mehr als einer Milliarde Jahren optimiert wurden, arbeiten sie in der Regel äußerst effektiv und liefern bei richtiger Reaktionsführung hohe Produktreinheiten.

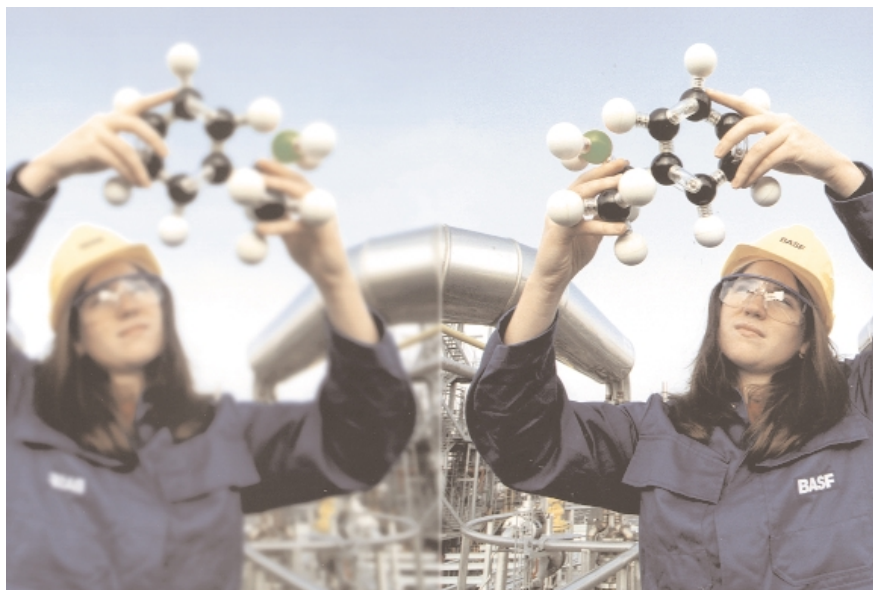
Bei einem fermentativen Prozess wird ein lebender Organismus benutzt, um aus einem oder mehreren Ausgangsstoffen durch enzymatische Reaktionen ein bestimmtes Produkt herzustellen. Neben dem gewünschten Produkt fällt natürlich eine Menge Biomasse an, aus der man das gewünschte Produkt mehr oder weniger mühevoll isolieren muss. „Aus Sicht des klassischen Chemikers ist es ungleich attraktiver, den eigentlichen Katalysator, das Enzym, aus der Zelle herauszuschneiden und an einen inerten Träger zu binden“, sagt Dr. Klaus Dietrich von der Biokatalyse Zwischenprodukte & Chi-Pros der BASF. „Diesen Vorgang bezeichnet man als Immobilisierung. Anschließend füllt man die gesamte Anordnung in ein Rohr, das dann im Sinne eines Durchflussreaktors genutzt werden kann.“ Die Ausgangsmaterialien können dann leicht auf den Reaktor aufgebracht werden, beim Durchströmen des Reaktors findet die enzymkatalysierte Reaktion statt, und am Ende muss man nur noch die gewünschten Produkte isolieren

Kinetische Racematspaltung als Schlüsseltechnologie

Zunächst fanden die Wissenschaftler der BASF heraus, dass die Reaktion von Aminen wie dem RS-Phenylethylamin mit Estern der Methoxyessigsäure durch ein immobilisiertes Enzym, eine Lipase, katalysiert werden kann. Das Enzym sorgt dafür, dass nur ein Enantiomer des Amins umgesetzt wird, während das Spiegelbild den Reaktor unverändert passiert. Am Auslauf des Durchflussreaktors kann man eine Mischung aus optisch aktivem Amin – die nicht umgesetzte Form – und dem nun etwas schwereren optisch aktiven Amid – das Produkt der Reaktion – isolieren. Auf der Säule findet eine sogenannte „kinetische Racematspaltung“

Der Ludwigshafener Chemiekonzern sieht sich mit dieser weltweit ersten Mehrprodukteanlage zur biotechnologischen Produktion optisch aktiver Amine als Marktführer auf diesem Gebiet. Die Anlage mit Enzymen als Biokatalysatoren hat eine Kapazität von mehr als 1000 Tonnen pro Jahr.





Chemisch verhalten sie sich identisch, ihre biologische Wirkung kann sehr verschieden sein: chirale Moleküle, die zueinander wie Bild und Spiegelbild stehen.

statt – also die Trennung der beiden Enantiomere.

Prinzipiell kann der Methoxyessigsäureester mit beiden Enantiomeren desamins ein Amid bilden. Jedoch sorgt ein chiraler Katalysator, die Lipase aus einem Bodenbakterium namens *Burkholderia plantarii*, dafür, dass die Umsetzung des R-Enantiomers ungleich schneller verläuft als die des S-Enantiomers. Es kommt somit nahezu exklusiv zur Bildung des R-konfigurierten Amids, während das S-Enantiomer nicht reagiert. Diese Präferenz des Enzyms beruht auf der räumlichen Struktur seines aktiven Zentrums. Nur das R-Enantiomer desamins passt genau in die Bindetasche des Enzyms, die aus mehreren Aminosäureeinheiten aufgebaut ist, und ermöglicht so die Bildung des R-Amids.

Das BASF-Verfahren geht aus von einem racemischen Gemisch aus R- und S-Amin. Im Enzymreaktor findet die kinetische Racematspaltung statt, hier wird nur das R-Amin mit dem Ester zum R-Amid umgesetzt. Die Trennung des S-Amins vom höher siedenden R-Amid kann beispielsweise durch Destillation erfolgen. Das R-Amid wird daraufhin mit Natronlauge zum R-Amin hydrolysiert und nach Isolierung und abschließender Destillation in Reinform gewonnen.

Das Enzym ist wenig wählerisch, was das eingesetzte Amin anbelangt. So können sowohl Aryl-Alkylamine

als auch einfache Alkylamine und Amino-Alkohole in optisch aktiver Form hergestellt werden. Die optisch aktiven Zwischenprodukte werden etwa zur Entwicklung von einem neuen Wirkstoff zur Behandlung von Inkontinenz, von Haarwuchsmitteln oder von neuen Fungiziden genutzt.

„Wir arbeiten kontinuierlich an der Erweiterung unserer ChiPros-Produktpalette“, berichtet Ditrich. „So haben wir beispielsweise eine neue Methode zur Herstellung optisch aktiver Alkohole entwickelt.“ Wieder wird die kinetische Racematspaltung genutzt. In diesem Fall sorgt das gleiche Enzym dafür, dass nur ein Enantiomer des Alkohols durch Reaktion mit einem Acylierungsmittel in den Ester überführt wird. Wieder lassen sich die Reaktions-

produkte – Ester und Alkohol – aufgrund ihrer unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften leicht voneinander trennen.

Bei optisch aktiven Carbonsäuren kommt jedoch ein anderes Enzym zum Einsatz: eine Nitrilase aus einem Bodenbakterium. Im ersten Schritt der Synthese wird Blausäure an Benzaldehyd addiert, und es entsteht ein racemisches Cyanhydrin. Die Nitrilase ist nun in der Lage, selektiv an eines der Enantiomere Wasser zu addieren. So entsteht das Ammoniumsalz der R-Mandelsäure in nahezu optisch reiner Form. Das nicht umgesetzte S-Enantiomer des Cyanhydrins ist instabil und zerfällt wieder in die Ausgangsmaterialien Benzaldehyd und Blausäure. Daraus wird wieder Cyanhydrin gebildet, dessen R-Enantiomer weiter zu R-Mandelsäure reagiert. Über diese Schleife wird das nicht umgesetzte Enantiomer ständig rückgeführt, bis der gesamte Benzaldehyd in R-Mandelsäure überführt ist.

Auch die Nitrilase akzeptiert eine Vielzahl verschiedenster Substrate und kann für die Herstellung unterschiedlichster Hydroxysäuren verwendet werden. Und das ist noch lange nicht das Ende der Entwicklung von optisch aktiven Zwischenprodukten.

Bettina Furchheim



Etwa 10 000 Proben von Bakterien und Pilzen lagern in der Stammsammlung der BASF. Einige Stämme wurden bereits für die Produktion von Chemikalien optimiert, andere sind frisch aus Bodenproben isoliert. Mikroorganismen bergen ein nahezu unerschöpfliches Reservoir an Enzymen in sich. Experten gehen davon aus, dass praktisch jede chemische Reaktion durch so einen Biokatalysator aus der Natur ausgeführt werden kann.

Angst kurbelt die weltweite Nachfrage nach Detektionssystemen an

Mit den Befürchtungen neuer terroristischer Anschläge mit biologischen und auch chemischen Waffen steigt die Nachfrage nach Instrumenten zur zuverlässigen Aufspürung tödlicher Kampfstoffe. Entsprechend wird der Weltmarkt für Detektoren für B- und C-Waffen stark an Volumen zunehmen. Laut einer neuen Analyse der Unternehmensberatung Frost & Sullivan sind Umsatzsteigerungen von 265,2 Millionen US-Dollar im Jahr 2000 auf 494,2 Millionen US-Dollar im Jahr 2007 zu erwarten.

Als aktuellem Anlass stehen derzeit die biologischen Waffen im Mittelpunkt. Bereits 1996 hatte das US-Verteidigungsministerium diese Gefahr mit dem Bild des „schlafenden Drachen“ verglichen. Das größte Problem der Bio-Kampfstoffe besteht darin, dass die Erreger mikroskopisch klein sind, auch über die Luft verbreitet werden können und damit gegebenenfalls eine große Anzahl von Menschen erreichen. Beispiel Anthrax: Die Sterberate nach einer unbehandelten Milzbrand-Infektion liegt bei 90 Prozent. Dass die Bedrohung durchaus real ist, hat sich nicht erst in jüngster Zeit gezeigt: Im Jahr 2000 wurden 115 Fälle von Drohungen mit biologischen Attacken untersucht; immerhin 90 davon kündigten den Einsatz von Milzbrandbakterien an. Als weitere biologische Kampfstoffe gelten das von Bakterien produzierte Gift Botulinum, das Zellgift Rizin sowie der Ebola-Virus.

Forderung nach zivilen Einsatzmöglichkeiten wird laut

Angesichts dieser Gegebenheiten sieht das US-Verteidigungsministerium in biologischen Waffen eine extreme Bedrohung sowohl im militärischen Bereich als auch für die Zivilbevölkerung. Während Systeme zur Auf-

spürung chemischer und biologischer Kampfstoffe ursprünglich für das militärische Umfeld entwickelt wurden, wird mittlerweile die Forderung nach zivilen Einsatzmöglichkeiten laut. „Zentrale Produktkriterien sind momentan hohe Detektionsgeschwindigkeit, geringe Falschalarmraten sowie Interoperabilität der Systeme, damit relevante Informationen schnell weitergeleitet werden können,“ erläutert Jenny Benavidez, Branchenanalytikerin bei der international tätigen Unternehmensberatung. „Diese Voraussetzungen sind entscheidend für sämtliche Betroffenen und Verantwortlichen.“

Nachfrage nach Detektionssystemen wird weiter wachsen

Detektionssysteme für den militärischen Einsatz im Kampf gegen biologische Waffen werden derzeit von den Unternehmen Beckman Coulter Corporation, Bruker Instruments Inc., Environmental Technologies Group Inc. sowie Schwartz Electro-Optics Inc. hergestellt. Zwar sorgt die steigende Nachfrage zunächst dafür, dass Detektionssysteme für biologische Waffen zu einem geringeren Preis zur Verfü-

gung gestellt werden. Langfristig jedoch werden die Hersteller einen wachsenden Umsatz verzeichnen können.

Marktführer

Als wichtige Wettbewerber im Weltmarkt für Detektoren sowohl für biologische als auch chemische Kampfstoffe nennt die Unternehmensberatung die folgenden Unternehmen: General Dynamics Land Systems, Intellitec, Hunting Engineering, Camber Corp., Graseby Dynamics, QTL Biosystems, Powertronic Systems, Lockheed Martin, Science and Technology Research, BAE Systems, Cepheid, TSI, Inc., Fibertek, Inc., Sawtek, Inc.

Kampfstoff muss zweifelsfrei diagnostiziert sein

Seit den Terrorakten des 11. September und den Milzbrand-Anschlägen ist die Angst vor umfassenden Bioattacken größer als je zuvor. Frost & Sullivan hat jetzt auch untersucht, wie gut das Gesundheitssystem in den USA auf die Bedrohung durch Bioterrorismus und seine möglichen Konsequenzen vorbereitet ist.

Tabelle:
Der Weltmarkt der Detektoren für chemische und biologische Kampfstoffe; Umsatzprognose bis 2007 (Quelle: Frost & Sullivan Report A019)

Jahr	Umsätze in Mio. US-Dollar	Umsatzwachstumsrate in Prozent
1998	239,5	20,1
1999	264,4	10,4
2000	265,2	0,3
2001	295,1	11,3
2002	322,6	9,3
2002	313,7	-2,8
2004	327,9	4,5
2005	363,3	10,8
2006	421,9	16,1
2007	494,2	17,1



UMSCHAU

Bei einem Anschlag mit biologischen Waffen ist entscheidend, dass die Erreger schnell entdeckt und sofort eindeutig identifiziert werden. „Wir haben das Problem, dass der Schwerpunkt bis vor kurzem eher auf chemischen Waffen lag. In diesem Bereich sind die Technologien schon vergleichsweise ausgereift. Die Bio-Detektionssysteme sind dagegen noch neu und unerprobt, sie eignen sich deshalb nicht für einen flächendeckenden Einsatz,“ meint Dorman Followwill, Vice President Healthcare bei der Unternehmensberatung. „Mit den meisten bisher verfügbaren Systemen lassen sich zwar Erd-, Wasser- und Blutproben oder auch andere Substanzen analysieren. Aber für die Verbreitung von Bio-Giften über die Luft gibt es nur wenig geeignete Detektoren.“ Das größte Hindernis sind momentan noch die Kosten, die pro System von 20000 US-Dollar bis in Millionenhöhe reichen können.

Kosten bei Anschlägen mit biologischen Waffen

Erst wenn der Kampfstoff zweifelsfrei diagnostiziert ist, kann eine adäquate Behandlung folgen. Auch hier spielt das Geld eine nicht unwesentliche Rolle: Um nach einer Attacke mit Milzbrandbakterien oder Pockenviren innerhalb von drei Wochen eine gesamte Stadt behandeln zu können, wären 36,4 Millionen US-Dollar für Impfstoffe und 24,3 Millionen US-Dollar für Antibiotika nötig.

Die Pharmaindustrie investiert derzeit verstärkt in Forschung und Entwicklung im Bereich Impfstoffe. Ebenso optimiert man die Logistik, wie man am Beispiel der Bayer AG erkennen kann, die gerade ein Abkommen mit der kanadischen Regierung getroffen hat. Darin verpflichtet sich das Unternehmen, die kanadische Bevölkerung im Falle eines terroristischen Angriffs mit bakteriologischen Waffen innerhalb von 48 Stunden mit dem Antibiotikum CIPRO zu versorgen.

Entwicklung eines Notfallbereitschaftsplans

„Die Analyse des Status quo macht deutlich, dass wir einen Notfallbereitschaftsplan entwickeln müssen, damit

sämtliche Labors auf allen Ebenen auf die Bedrohung eingestellt sind,“ so Followwill. Als wesentlichen Teil dieses Plans betrachtet Followwill die Etablierung eines nationalen Systems, das eine Kommunikation zwischen verschiedenen Einrichtungen und Reaktionsteams ermöglicht. „Dies erfordert die nahtlose Integration sämtlicher dezentraler Systeme, die dafür zuständig sind, Daten zur Versorgungseinrichtung hin und von dort aus weiter zu den Gesundheitsbehörden von Staat und Ländern und zu Hilfsorganisationen wie dem Roten Kreuz zu transferieren. Darin sehe ich eine echte Herausforderung.“

Automatischer Zugang zu Datenbanken ermöglichen

Damit ein System auf nationaler Ebene funktionieren kann, müssen einheitliche, standardisierte Anwendungen eingesetzt werden, die universell angepasst werden können und die den automatischen Zugang zu Datenbanken einzelner Einrichtungen ermöglichen.

Zudem müssen die transferierten Daten gemäß HIPAA (Health Insurance Portability and Accountability Act; Gesetz zum Schutz von Patientendaten) verschlüsselt beziehungsweise aufbereitet werden, und Terabytes von separaten Datenströmen müssen in Echtzeit verarbeitet werden.

Eine gute Vorbereitung ist jedoch nicht nur eine Frage der Präventiv- oder Reaktionspläne aller beteiligten Organisationen,

sondern vor allem der reibungslosen Kooperation zwischen den Institutionen. „Die Koordination sämtlicher Maßnahmen ist bei einem biologischen Angriff der Schlüssel zum Erfolg,“ so Followwill abschließend. „Die Organisationen müssen auf Länder- und Bundesebene eng zusammenarbeiten, denn erste Reaktionen werden immer regional erfolgen.“ Weitere Informationen bei: www.aerospace-defense.frost.com sowie www.healthcare.frost.com.

WK

Das aktuelle Informationswerk in dem handlichen Format für alle Wasserfachleute

In Kürze erscheint

Wasser-Kalender 2002

Jahrbuch für das gesamte Wasserfach

Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. habil. RUDOLF WAGNER, Universitätsprofessor i.R.

36. Jahrgang 2002, ca. 628 Seiten, 11,7 x 18,7 cm, kart., DM 58,-/sfr. 51,-/ab 1.1.2002: € (D) 29,80. ISBN 3 503 06084 7

Neben der Behandlung von Einzelfragen aus der Feder berufener Fachleute bringt das Jahrbuch für das gesamte Wasserfach wissenswerte Dinge, die sonst – wenn überhaupt – nur verstreut veröffentlicht wurden und im Bedarfsfall dann eben nicht zur Hand sind. Besonderen Wert legen die Autoren auf die Behandlung neuer Erkenntnisse und Entwicklungen, ohne die die wirtschaftlich vertretbare Lösung der Probleme nicht erreicht werden kann. Die richtungweisenden Beiträge und der aktualisierte Dokumentationsteil machen das Jahrbuch auch im 36. Jahrgang zu dem unentbehrlichen Arbeitsmittel sowohl für die wissenschaftlich tätigen Fachleute als auch für die in allen Bereichen der Wasserwirtschaft und -verwaltung wirkenden Praktiker.

ESV

Bitte fordern Sie ausführliche Informationen an.
Postfach 10 24 51 • 33524 Bielefeld
Fax (0521) 583 08 29

ERICH SCHMIDT VERLAG
Berlin Bielefeld München

www.erich-schmidt-verlag.de
e-mail: esv@esvmedien.de

TERMINE

Ausschreibung des Bruno-Roßmann-Preises 2002:

Anlässlich des Lebensmittelchemiker-Tages vom 9. bis zum 11. September 2002 in Frankfurt/Main wird die Lebensmittelchemische Gesellschaft – Fachgruppe in der GDCh – wieder den o.g. Preis verleihen. Er ist mit einem Geldbetrag von insgesamt 5000 Euro verbunden und gilt Arbeiten auf folgenden Gebieten: • Schnellmethoden zum Nachweis gesundheitsschädlicher Stoffe auf und in Lebensmitteln; • Methoden zur Untersuchung von Lebensmitteln mit einfachen Mitteln; • Verbesserung der Ernährung (Ausschaltung von Schadstoffen, bessere physiologische Ausnutzung). Bewerbungen bitte bis zum 15. April 2002, Auskunft: fg@gdch.de.

Sachkunde für das Inverkehrbringen sehr giftiger und giftiger Stoffe und Zubereitungen (§5 Abs.2 Chemikalien-Verbots-Verordnung).

Lehrgang. VCH Verband Chemiehandel, Köln, 9. bis 12. Januar 2002, Tel. 0221/ 258 1133

ICP OES

Anwenderkurs für Fortgeschrittene (speziell Optima-Benutzer), FH Weihenstephan, Abt. Triesdorf, 91746 Weidenbach, 21. bis 25. Januar 2002, Tel. 07 557/929 6909

Tag der Mikroverfahrenstechnik

Statusseminar und Kolloquium, DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. Frankfurt/Main, 28. Februar 2002, Tel. 069/7564 375

ICP OES

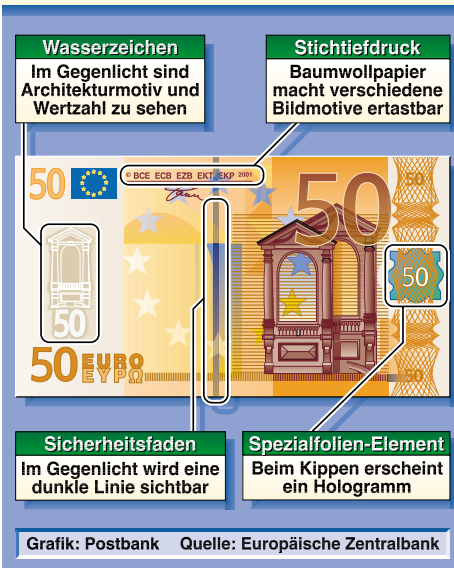
Anwenderkurs, Air Products, 45523 Hattingen, 5. - 6. Februar 2002, Tel. 07 557/929 6909

Euro und Sicherheit

Der Euro kommt im Januar, das ist sicherer als Schneefall zu der Zeit. Die durch ihn vermittelte Wertsicherheit wird wohl auch hoch sein. Die Echtheit der entsprechenden neuen Geldscheine lässt sich von jedem mit großer Sicherheit überprüfen, wie die nebenstehende Grafik zeigt.

Echt oder falsch?

Auf diese Merkmale sollten Sie achten



Nachgeholt: Text aus CLB Ausgabe 10/2001, Seite 365

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

kleine Fehler gibt es in jedem Druckwerk. In der Eile der Produktion der Messeausgabe unterlief uns jedoch eher Ungewöhnliches: Die Anzeige auf Seite 365 verdeckte eine ganze Spalte des Artikels „Elektrisch leitfähige Kunststoffschichten“. Bei aller Beachtung von Wünschen der Anzeigenkunden: Das war ein Versehen, was ich bitte zu entschuldigen. Unten im Rahmen steht der „unterschlagnene“ Textteil. Bei dem Artikel „Der Goldene Schnitt“ trickste uns jedoch Technik und Software aus. Die blauen Balken um die Grafiken waren kein Ausdruck grafischer Kunst, sondern ein unglückliches Zusammentreffen von Softwareeigenschaften und Druckertreibern. Die von uns zur Korrektur erzeugte PDF-Datei wies den Fehler nicht auf... Rolf Kickuth

denen versucht wird, PEDT zu Fasern zu verspinnen.

■ Kondensatoren und gedruckte Schaltungen

Das Monomer ist eine helltransparente bis apfelsaftgelbe, niedrig viskose Flüssigkeit. Man verwendet sie für Imprägnierungen, und wegen ihrer niedrigen Viskosität dringt sie selbst in feinste Kavitäten hinein. Anschließend lässt sich aus dem Monomeren und dem Oxidationsmittel in situ das elektrisch leitfähige Polymer erzeugen. Beispiele dafür sind die Kondensatorherstellung oder auch Durchkontaktierungen von gedruckten Schaltungen.

Bei der Herstellung von Kondensatoren geht man von einem feinen Sinterkörper aus Tantal aus, der auf elektrochemischem Wege mit Tantalpentoxid Ti_2O_5 überzogen wird. Diese Schicht bildet eine schwammartige

Struktur mit feinsten Kavitäten und einer sehr großen Oberfläche von bis zu 110 m^2 pro Gramm. Um dieses Dielektrikum mit einer Kontaktfläche zu versehen, imprägniert man diese Oxidschicht mit dem EDT-Monomer und polymerisiert dann. Dann entsteht direkt in der Oxidschicht das leitfähige Polymer und bildet die Kathode.

Neben Tantalkondensatoren, wie sie sehr häufig in Mobiltelefonen eingesetzt werden, wird EDT auch bei Aluminiumkondensatoren verwendet, die nach dem Prinzip eines Wickelkondensators aufgebaut sind (Abbildung 4). Hier geht man von Folien aus, auf denen durch Ätzung eine Schicht von Aluminiumoxid Al_2O_3 erzeugt wird. Auch hier entsteht durch die schwammartige Struktur eine große Oberfläche.

Etwas komplizierter ist die Durchkontaktierung von Leiterplatten bei gedruckten Schaltungen. Zunächst wird das organische Material der Lei-

2001: Bücher zum Schenkenlassen und Verschenken

Auch in diesem Jahr stellt CLB wieder rechtzeitig vor dem Weihnachtsgeschäft Bücher vor, die man sich selbst oder anderen schenken kann. Wie immer handelt es sich nicht um Lehrbücher im herkömmlichen Sinn, aber lehrhaften Charakter haben ja wohl alle Sachbücher aus dem naturwissenschaftlichen Bereich. Wir haben wieder sehr an den Geldbeutel unserer Leser gedacht und gehen in der Reihenfolge ein wenig vom Leichten zum Schwierigen vor. Diese Reihenfolge und die Vorstellungen sind natürlich recht subjektiv.

Mit berühmt gewordenen Legenden aus der Wissenschaft beschäftigt sich das Buch **Die Badewanne des Archimedes**. Das Buch erschien zuerst 1996 in Frank-



reich, dann 1997 in Deutsch bei Piper, und dieser Verlag brachte im März 2001 eine Taschenbuchsonderausgabe heraus (Serie Piper 3264, DM 14,-). Die Autoren haben 22 Geschichten geschrieben. Darunter sind solche über die Entdeckungen bekannter Größen wie Archimedes, Maxwell, Einstein oder Schrödinger, aber auch solche mit weniger Bekanntem über Darwin, Nobel oder den Meteorologen Edward Lorenz. Wer etwas zur Entspannung aus dem Bereich der Wissenschaft braucht oder einem jungen Menschen eine Freude machen will, kann zu diesem Taschenbuch greifen.

Um Österreichische Genies geht es in dem reich bebilderten Heyne-Taschenbuch 19/737 **Sternstunden der Wissenschaft** (DM 17,50). Natürlich kommen die Taten der Großen vor, aber es sind doch mehr die Lebensgeschichten von Kaplan (Turbine), Boltzmann, Mendel,



Adler (er stand im Schatten von Sigmund Freud), Mach (z. B. Schallgeschwindigkeit) und Lise Meitner, der der Anfang ihrer Laufbahn schwer gemacht wurde, weil sie eine Frau war. Der Autor **Dietmar Grieser**

nennt sein Buch ein Österreichbild eigener Art, das aber keine Ruhmeshalle oder ein Heldenfriedhof sein will – es ist Deutschen sehr zu empfehlen.

Kluge Antworten auf alltägliche Fragen – so der Untertitel – gibt **Robert L. Wolke** in seinem Buch **Woher weiß die Seife, was der Schmutz ist?** (Serie Piper 2952, DM 16,90). Der Vorgänger des Buches mit dem befleckten Hemd auf dem Titel erschien 1997 in Amerika. In



sieben Kapiteln stellt der Autor seine Fragen: Haus, Küche, Autowerkstatt, Restaurants und Supermärkte, unter freiem Himmel, Wasser und zum Schluss „... so ist es eben!“. Bemerkenswert ist, dass den Antworten

mitunter Randbemerkungen (Apropos ...) und/oder Aufforderungen zum Experimentieren (Probieren Sie's selbst) folgen. Hier noch drei Beispiele für die Fragen: Warum kohlenstoffhaltige Getränke gefrieren, Wie unsere Geschmackszellen ausgetrickst werden, Hinter was war Einstein wirklich her? Beim Lesen des Buches merkt man, was man noch nicht wusste.

In der FAZ hatte Frank Schirmmacher eine Debatte über die dritte industrielle Revolution initiiert. Die wichtigsten Artikel und Gespräche aus dieser Debatte hat er jetzt als Taschenbuch herausgebracht: **Die Darwin AG** (Kiepenheuer & Witsch, KiWi 626, DM 22,90). Schon der Untertitel „Wie Nanotechnologie, Biotechnologie und Computer den neuen Menschen träumen“ macht nachdenklich, andere Beiträge noch viel mehr, auch wenn man auf einem der Gebiete arbeitet. Verglichen mit den vorher vorgestellten Büchern ist dieses anspruchsvoller. Wenn Sie lesen möchten, was andere Menschen über die Veränderungen unserer Welt denken, so sollten Sie zu diesem Buch greifen. Auch ein Gespräch mit James D. Watson (Dop-



pelhelixstruktur der DNA) vom Juni 2000 ist abgedruckt.

Wer sich für Evolutionsbiologie interessiert, sollte sich das großformatige Taschenbuch von **Richard Dawkins** in seinem Buchladen zeigen lassen: **Gipfel des Unwahrscheinlichen** – der Untertitel „Wunder der Evolution“ trifft den Inhalt besser (rororo Sachbuch 60932, DM 19,90). Beim Durchblättern fallen neben den (24) Kunstdruckpapierseiten mit Schwarz-Weiß-

Fotos meist biologischer Motive auch die zahlreichen filigranen Strichzeichnungen, zum Beispiel vom atlantischen Kinnbartel-Flugfisch oder von Schneckengehäusen auf.



Beeindruckend ist auch das Diagramm mit zwei logarithmisch geteilten Achsen, in denen die Generationszeit von Tieren und Pflanzen gegen die Körpergröße aufgetragen wurde: Mammutbaum und Bakterien in entgegengesetzten Ecken. Die Kapitelüberschriften (zum Beispiel „Am Mount Rushmore“) sind kaum aussagekräftig, doch die Texte mit ihrem erzählerischen Stil sind leicht zu lesen.

Das folgende Taschenbuch beschäftigt sich ausschließlich damit, wie die Sonne unser Leben beeinflusst: **Am Himmel ist die Hölle los** (insel taschenbuch it 2728, DM 18,90). Der Autor Joseph Scheppach ist leitender Redakteur bei einem bekannten Wissenschaftsmagazin. Er hat seinen Texten nur acht Seiten Farbfotos und wenige Zeichnungen beige stellt. Das Kapitel „Physik der Sonne“ ist das umfangreichste, doch Kosmobiologie und die Bedeutung der Sonne für das Leben werden auch behandelt. Den Abschluss bilden Ausflüge in die Fusionsforschung und die Gewinnung von Solarenergie.

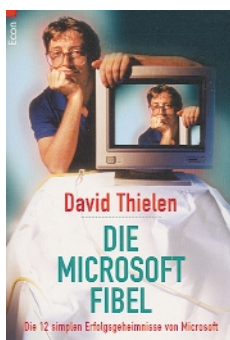


Rund 50 der 240 Seiten des folgenden Taschenbuches sind „Anhang“. Er besteht aus Anmerkungen, Literaturstellen und Register. Dies spricht für die sorgfältige Arbeit der Autorin *Evelyn Fox Keller*. Sie ist Professorin für Geschichte und Philosophie der Wissenschaften am MIT.



Das Jahrhundert des Gens (Campus Verlag, DM 42,-) verlangt etwas mehr als üblich vom Leser und gibt Einblicke in die geschichtliche Entwicklung (im Titel ist das vergangene Jahrhundert gemeint). Was macht ein Gen?, Wie stellt man einen Organismus her?, Was hält die biologische Entwicklung auf Kurs?, Wozu sind Gene nützlich? sind die Fragen, die von der Autorin beantwortet werden. Sie ist der Meinung, dass die Einführung anderer Konzepte, anderer Termini und anderer Denkweisen über die biologische Organisation notwendig ist.

Das letzte der hier vorgestellten Taschenbücher hat nichts mit Wissenschaft zu tun, aber mit der sehr interessanten Frage, warum die Firma Microsoft so erfolgreich ist. Der Autor *David Thielen* war Manager bei dieser Firma und schildert in **Die Microsoft Fibel** die zwölf simplen Erfolgsgeheimnisse dieses Unternehmens (Econ



70048, DM 15,55). Sicher sind die Geheimnisse nicht so simpel und es sind sicher auch mehr als zwölf – der Autor hat den Stoff in zwölf Kapitel aufgeteilt. Jeder, der sich für Menschen- und Unternehmensführung interessiert, sollte zu diesem Buch greifen. Er kommt aus dem Staunen nicht heraus. Man liest zum Beispiel, dass Microsoft ein vollkommen herzloses Unternehmen ist, dass sich die Firma über Fairness noch nie den Kopf zerbrochen hat, dass es bei Microsoft ausschließlich um den Erfolg geht. Das soll woanders auch so sein, aber es ist interessant, die Hintergründe und Begleiterscheinungen zu erfahren.

Der Verlag WILEY-VCH in Weinheim hat seine Reihe *Erlebnis Wissen-*

schaft auch in diesem Jahr weiter ausgebaut; sie umfasst jetzt über 20 Bände. Bereits in den Vorjahren hat CLB auf dieser Seite Bücher aus dieser Reihe vorgestellt. Vier der Bände hat der englische Erfolgsautor *John Emsley* verfasst; von ihm stammt auch das folgende Buch.

Phosphor – ein Element auf Leben und Tod (WILEY-VCH, DM 48,70) ist sicher das populärwissenschaftliche Buch über dieses Element mit dem größten Umfang, wobei es natürlich nicht nur um das Element, sondern auch um bestimmte Phosphor-Verbindungen geht. Gleich in der Einführung wird darauf hingewiesen, dass es sich beim Phosphorkreislauf in der Natur in Wirklichkeit um einen Organophosphatzyklus handelt. Von den vielen Phosphor-Themen sollen hier nur einige genannt werden: Die Entdeckung im Harn, Phosphor im Gehirn, Phosphat als Heilmittel, Streichhölzer, Organophosphate als Pflanzenschutzmittel, Phosphorherstellung im 19. und 20. Jahrhundert, Phosphor in Nahrungsmitteln und Gewässern, Eutrophierung. Sehr ausführlich ist die Schilderung der Bombardierung Hamburgs im Zweiten Weltkrieg im Sommer des Jahres 1943 an acht Tagen (mindestens 37000 Tote): Es wurden unter anderem 1900 Tonnen Phosphor abgeworfen, und zwar als Bomben mit einer Masse von neun bis neunzig Kilogramm. Auch auf die Erkrankungen der Golfkriegsveteranen und der Schafzüchter geht Emsley ein. Wenn die Geschichten auch nicht unbedingt in chronologischer Reihenfolge erzählt werden: Sie sind spannend und voller Zahlen.



Das zweite hier vorzustellende Buch aus der Reihe *Erlebnis Wissenschaft* des Verlags WILEY-VCH schrieb der Deutsche *Manfred Reitz*, der Biologie und Publizistik studierte, promovierte und derzeit am Institut für Molekulare Biotechnologie e. V. in Jena arbeitet: **Gene, Gicht und Gallensteine. Wenn Moleküle krank machen** (DM 48,70). Wir nennen hier die neun Kapitelüberschriften:

Der Körper und seine Funktionen, Die Vererbung und ihre Störungen, Die Suche nach den Genen, Der genetische Weg zum Krebs, Der Erwerb von molekularen Erkrankungen, Erbkrankheiten – gibt es eine Therapie?, Krebs und Infektionskrankheiten – gibt es eine genetische Therapie?, Ethik und genetische Therapien, Genetische Beratungen. Obwohl dieses Buch von allen hier vorgestellten einem Lehrbuch vielleicht am nächsten kommt, ist es doch gut zu verdauen. Die Spannung beim Lesen bleibt erhalten, werden doch Fakten und Zusammenhänge geschildert, die zumindest ältere Leser während ihrer Ausbildung nicht erfahren haben, die aber so wichtig für das Leben sind. Jeder Leser weiß nach dem Studium des Buches mehr über seine Gesundheit oder seine Krankheit(en).

In früheren Jahren stellten wir auf diesen Seiten des Novemberheftes noch viel Software aus dem Bereich der Naturwissenschaften vor. Dazu besteht kein Anlass mehr. Es gibt auf diesem Sektor kaum Neuerscheinungen; entweder ist die Produktion zu teuer oder die Nachfrage zu gering. Immerhin hat der Springer-Verlag seiner Software-Reihe *Meilensteine der Naturwissenschaft und Technik* im zu Ende gehenden Jahr das hier interessierende Werk **Vom Atom zum Quark – Elementarteilchen und Kernspaltung** hinzugefügt (DM 49,90). Die CD-ROM wurde mit großem Aufwand (Text, Bilder, Filme, Sprache) produziert, und aus dem Nachspann geht hervor, dass sehr viele Quellen Material zur Verfügung gestellt haben. Drei Gebiete werden behandelt: Quantensprünge im Teilchenzoo, Alchemie und Atomphysik, Das Unteilbare wird geteilt (in diesem letzten Bereich geht es um Radioaktivität, Atombombe und Kernkraft). Installation und Handhabung funktionieren tadellos. Der in der Werbung benutzte Begriff *Wissen interaktiv* bedeutet jedoch nicht, dass es sich um ein Lernprogramm handelt, bei dem gelerntes Wissen überprüft wird.



R. Ellmer

US-Bioinformatik-Markt soll sich bis 2007 verfünffachen

Der US-Markt für Bioinformatik wird in den kommenden Jahren kräftig an Volumen zulegen. Im Jahr 2000 noch auf ca. 1,38 Milliarden US-Dollar beziffert, wird der Marktwert bis 2007 auf über 6,9 Milliarden US-Dollar steigen. In den Bereichen Hard- und Software für die Generierung von Daten zur genetischen Sequenz, Stand-alone-Systeme zur genetischen Sequenzanalyse und Systeme für das Management von Daten zur genetischen Sequenz ist mit einem ungebremsten Wachstum auch über diesen Zeitraum hinaus zu rechnen. Das prognostiziert die Unternehmensberatung Frost & Sullivan in einer brandneuen Analyse. Demnach sei der Markt stark umkämpft; etablierte Unternehmen mit starker finanzieller Basis konkurrieren gegen Start-ups, die häufig über viele gute Ideen, aber wenig Kapital verfügten. Der Konsolidierungstrend unter

den traditionellen Firmen mache es den kleineren Akteuren teilweise schwer, ihre Unabhängigkeit zu bewahren. Frost & Sullivan würdigt regelmäßig eine Reihe von Unternehmen mit Auszeichnungen für ihren Beitrag zur Entwicklung des Marktes für Bioinformatik. Die diesjährigen branchenspezifischen Market Engineering Awards gehen an die Unternehmen: Accelrys, Appera Corporation, Applied Biosystems Group, Compugen, Curagen Corporation, DNA Star, GeoSpiza und Incyte Genomics. Als weitere wichtige Wettbewerber im US-Markt für Bioinformatik nennt die Unternehmensberatung die folgenden Unternehmen: Affymetrix; AlphaGene, Inc.; Amersham Pharmacia Biotech/Amersham Biosciences; ApoCom, Inc.; Beckman Coulter, Inc.; BioMax Informatics GmbH; BioSoft; Business Object SA; Celera Genomics; Chemware,

Inc.; Cimarron Software, Inc.; CodonCode Corp.; Cognia Corp.; Cognos, Inc.; Data Unlimited International, Inc.; Deltagen, Inc.; DoubleTwist, Inc.; Gene Codes Corp.; Gene Logic, Inc.; General Atlantic Partners, LLC; Genomica Corp.; HEX Laboratory Systems; Hitachi Software Engineering America, Ltd.; Hyperion Solutions Corp. IBM Lifesciences; Informax, Inc.; Insightful Corp.; LabLogic Systems Ltd.; Large Scale Biology Corp.; LICOR, Inc.; Lion Bioscience; MDL Information Systems; Inc.; MiraiBio, Inc.; Molecular Applications Group; Molecular Informatics, Inc.; NetGenics, Inc.; Oracle Corp.; Paracel, Inc.; PerkinElmer, Inc.; SAS Institute, Inc.; Silicon Graphics, Inc.; SPSS, Inc.; Structural Bioinformatics, Inc.; Structural Genomix, Inc.; Textco, Inc.; Thermo LabSystems; Time Logic; Visible Genetics, Inc..

Pharmaindustrie räumt Wasserqualität weiter höchste Priorität ein

Die Pharmaindustrie zählt weiterhin zu den wichtigsten Abnehmermärkten für Wasseraufbereitungs- und Abwassertechnik. Immer strengere Auflagen zur Wasserreinheit sorgen europaweit für ein stetiges Wachstum in diesem Segment: Nach einer neuen Analyse der Unternehmensberatung Frost & Sullivan („Water and Wastewater Treatment Requirements in the Pharmaceutical Industry“, Report 6385) soll der Marktwert, im Jahr 2000 noch auf 186,5 Millionen US-Dollar beziffert, bis 2007 auf 248,2 Millionen ansteigen. Ihre Bedeutung als Abnehmer von Anlagen zur Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung erlangt die Pharmaindustrie allein schon durch ihre Größe und Kapitalausstattung. Gleichzeitig bildet die Branche ein einzigartiges Geschäftsumfeld, da selbst Kleinstkunden den Umsatz signifikant beeinflussen können.

Während der Markt für Erstinstallationen von Vor-Ort-Systemen zur Wasserbehandlung weitgehend gesättigt ist, verlagert sich der Schwerpunkt langsam auf Produktnachrüstungen und technische Neuerungen. Dabei läuft die Wasseraufbereitung der Abwassertechnik

klar den Rang ab. Gerade in der Pharmaindustrie ist Prozesswasser von höchster Qualität erforderlich. Kerneinsatzbereiche sind die Produktion, die Sterilisation von Containern und medizinischen Instrumenten und der Einsatz in Medikamenten, z. B. in Form von Injektionswasser.

Bei der Investition in innovative Lösungen gewinnt die Kostenwirksamkeit zunehmend an Bedeutung. So lohnt sich eine strenge mikrobielle Wasserkontrolle auch in finanzieller Hinsicht, da sich auf diese Weise im Produktionsbereich Probleme wie Biofouling und Scaling vermeiden lassen.

Bei solchen Kundenansprüchen müssen die Anbieter stets mit modernsten Technologien aufwarten können. Die Nachfrage aus der europäischen Pharmabranche konzentriert sich derzeit auf Separationssysteme (vor allem Membranfiltration) und auf Ionenaustauschanlagen.

Als Schlüsselstärken des Marktes identifiziert Frost & Sullivan die Faktoren Produktqualität und -zuverlässigkeit, die technische Expertise der Anbieter, das Angebot von Individuallösungen und die Kundenloyalität.

Proteomics-Kooperation

Proteome Systems und Protagen beginnen eine Kooperation auf dem an Bedeutung gewinnenden Gebiet der Analyse von post-translationalen Modifikationen von Proteinen. Post-translationale Modifikationen führen zu einer enormen Steigerung der Komplexität der Proteome im Vergleich zum Genom. Die am häufigsten vorkommenden posttranslationalen Modifikationen von Proteinen sind Glykosylierungen und Phosphorylierungen. Diese beiden Modifikationsarten sind insbesondere für das Verständnis der Funktion von Proteinen im Verlaufe der Entstehung von Krankheiten von Bedeutung. Im Rahmen ihrer Kooperation erhält Proteome Systems Zugang zu Methoden und Technologien von Protagen für die Analyse von Protein-Phosphorylierungen und Protagen erhält im Austausch Zugang zu den Methoden und Technologien von Proteome Systems für die Analyse von Protein-Glykosylierungen. Glykosylierungen von Proteinen haben eine wichtige Bedeutung für die Struktur und Aktivität von Proteinen. Es gibt eindeutige Hinweise, dass die Glykosylierung von Proteinen bei Krankheiten verändert ist.

Sartorius: Tarif ja, Börse nein

Mit Wirkung vom 1. Oktober 2001 haben die Sartorius AG und die IG Metall Bezirksleitung in Abstimmung mit dem Verband der Metallindustriellen Niedersachsens (VMN) einen in Deutschland bisher einzigartigen Verbandstarifvertrag über die Vergütung von Auszubildenden mit berufsbegleitendem Studium abgeschlossen.

Vereinbart wurde dabei eine ausgesprochen attraktive Ausbildungs- bzw. Studienvergütung in Form eines eigenständigen Tarifs, der die Motivation der Interessenten für diese Ausbildungsgänge mit Sicherheit deutlich erhöhen wird. Für Diplom-Ingenieure (FH), Betriebswirte (BA) und Diplom-Informatiker, die bei Sartorius eine Ausbildung mit berufsbegleitendem Studium machen, wird ab dem Zeitpunkt der abgeschlossenen Berufsausbildung zwischen 150 und 250 Prozent der tariflichen Ausbildungsvergütung im 4. Ausbildungsjahr bezahlt werden. Zusätzlich trägt die Sartorius AG die anfallenden Studiengebühren in voller Höhe und auch die Übernahme ins Unternehmen nach den akademischen Ausbildungen ist wie bei den Auszubildenden ohne begleitendes Studium gesichert.

Die Auszubildenden bzw. Studenten schließen für drei bzw. vier Jahre Ausbildungsdauer einen Ausbildungsvertrag mit der Sartorius AG, von der sie auch während der gesamten Zeit bezahlt werden. Das Unternehmen kann auf diesem Weg frühzeitig künftige Fachkräfte an sich binden. Die Auszubildenden bzw. Studenten bekommen dagegen rechtzeitig einen praxisorientierten Einstieg ins Unternehmen.

Börsengang verschoben

Vor dem Hintergrund der im Nachgang zu den Ereignissen vom 11. September 2001 weiter verunsicherten Kapitalmarktsituation haben Vorstand und Aufsichtsrat der Sartorius AG und der Vivascience AG einvernehmlich beschlossen, den bisher für das vierte Quartal 2001 geplanten Börsengang der Biotechnologie-Tochter Vivascience in das Kalenderjahr 2002 zu verschieben. Der überwiegende Teil der angefallenen Vorlaufkosten soll nicht erneut anfallen.

W. C. Heraeus liefert High-Tech-Materialien an CERN

Einen wichtigen und technisch äußerst anspruchsvollen Großauftrag hat W. C. Heraeus, ein Tochterunternehmen des weltweit tätigen Edelmetall- und Technologiekonzerns Heraeus Holding GmbH vom Europäischen Kernforschungszentrum (Centre Européen de Recherche Nucléaire, kurz CERN) in Genf erhalten. Dort wird zurzeit ein neuer Teilchenbeschleuniger mit Namen LHC (Large Hadron Collider) geplant und mithilfe von Spezialmaterialien des Geschäftsbereichs Engineered Materials von W. C. Heraeus errichtet.

In dem Beschleuniger bewegen sich die Teilchen in Röhren, den Beam Screens. Darin werden sie im Vakuum von mächtigen Magneten geleitet. Das Ganze erfolgt bei kryogenischen Temperaturen, d.h. nahe dem absoluten Nullpunkt von -273 Grad Celsius. Das stellt an die Materialien, die zur Herstellung der Röhren eingesetzt werden, natürlich besondere Anforderungen. So werden die Beam Screens aus einem walzplattierten Verbund aus einem Sonderstahl hergestellt, der auch bei diesen tiefsten Temperaturen seine besonderen magnetischen Eigenschaften

und seine mechanische Stabilität behält. Dieser Stahl wird von W. C. Heraeus mit einer hauchdünnen Kupferschicht von nur wenigen Mikrometern Dicke plattiert und gleichzeitig mit einem Sägezahnprofil versehen. Insgesamt sind rund 65 Tonnen dieses Materials von CERN bestellt, aus dem mehr als 50 000 Meter Beam Screens hergestellt werden. Der Auftrag hat einen Wert im zweistelligen Millionenbereich und wird über zwei Jahre hinweg abgewickelt.

Der LHC ist ein Projekt der Spitzenforschung. Er lässt Protonen und Ionen frontal zusammenstoßen, und zwar mit der zehnfachen Energie der bisher bekannten Anlagen. Dabei werden zur Beschleunigung der Teilchen bessere und modernere Technologien als je zuvor eingesetzt. So können Teilchen erforscht werden, die eine Million Mal kleiner sind als ein Moskito. Dies erlaubt den Wissenschaftlern, weiter als jemals in das Wissen über die Materie vorzudringen und die Bedingungen nachzubilden, die im frühen Universum, also kurze Zeit nach dem „Urknall“ herrschten.

Qatar: Bau des weltweit größten Ethan-Crackers

ATOFINA, die Chemiesparte der TotalFinaElf, und Qatar Petrochemical Company Limited, Qapco, an der die Gruppe einen 10%igen Anteil hält, haben eine Grundsatzvereinbarung mit dem staatlichen Unternehmen Qatar Petroleum und Chevron Phillips Chemical zum Bau eines Ethan-Crackers in Ras Laffan, Qatar, geschlossen. Der endgültige Vertrag soll noch vor Ende des Jahres unterzeichnet werden.

Die Inbetriebnahme des Crackers ist für das zweite Halbjahr 2006 geplant. Seine Anfangskapazität soll 1 Mio. jato betragen und in einer zweiten Phase auf

1,5 Mio. jato erhöht werden. Damit wäre dieser Cracker der weltweit Größte seiner Art. Mit der Produktion des Crackers soll zunächst eine neue Polyethylen-Anlage mit 400 000 jato in Messaied, südöstlich von Qatar, gespeist und die Versorgung des QVC-Komplexes, der im Juni 2001 in Betrieb genommen wurde und an dem ATOFINA mit 16% beteiligt ist, gefestigt werden. In einer zweiten Phase, die derzeit noch in der Planung ist, soll das überschüssige Ethylen die Polyethylen und Chlorchemikalien-Produktion an diesen beiden Standorten sichern.

SGL Carbon in den High-Tech-Startlöchern

SGL Carbon steht in den Startlöchern, um neue Geschäftsfelder mit Nachdruck zu erschließen. Das betrifft insbesondere die Fertigung von Carbon-Keramik-Bremsscheiben und von Komponenten für Brennstoffzellen.

Für letztgenanntes Gebiet sieht der SGL Carbon-Vorstandsvorsitzende Robert Koehler im nächsten Jahr „annähernd den Break even“ kommen. Erste Einsatzgebiete für die besonders aussichtsreiche Protone Exchange Membrane-Brennstoffzellen sind stationäre Anwendungen (Hausenergie). Ein Drittel der Kosten für solche Brennstoffzellen betreffen Bipolarplatten, die zu 80 Prozent aus Graphit bestehen. Das längerfristige Marktpotenzial für stationäre Brennstoffzellen soll bei 50 Mrd. US-Dollar liegen.

Nach und nach in einen Massenmarkt soll sich auch das Carbon-Keramik-Bremsscheibengeschäft entwickeln. Derzeit kommen diese Bremsscheiben, die um die Hälfte weniger wiegen als herkömmliche Scheiben, aber besser bremsen und praktisch ein Autoleben halten, nur in besonders exklusiven Porsche-Modellen zum Einsatz, sind praktisch handgefertigt. Die Serienproduktion in einem stark automatisierten, neuen Werk im schottischen Inverness beginnt jedoch 2002. Dann sollen wohl auch Scheiben für VW (für die hochpreisige D1-Plattform) produziert werden; man

befände sich in fortgeschrittenen Verhandlungen, so Koehler. Dem breiten Einsatz solcher Bremsscheiben, deren Einsatz auch im ICE getestet wird, stehen aber noch langfristige Praxiserprobungen und Werks-Qualitätszertifizierungen bevor. Aufgrund der fortgeschrittenen Investitionen bei SGL Technologies – dazu zählen Beschuss-Schutzeinrichtungen, die jetzt die Zulassung für die Zertifizierung in der höchsten Beschussklasse erhalten haben – wird dieser Geschäftszweig (Umsatz Jan.–Sept. 2001: -12% auf 89 Mio. Euro (u.a. weniger Carbonfasern für Flugzeugbremsen); Verlust: 30 Mio. Euro) seinen Verlust im nächsten Jahr erheblich reduzieren.

In den angestammten Geschäftsfeldern CG (Carbon und Graphit), SG (Spezialgraphit) und CP (Korrosionsschutz) sieht Koehler die Auswirkungen von Restrukturierungen greifen. CG legte in den ersten neun Monaten 2001 um 3 % auf 464 Mio. Euro zu (wegen der Erstkonsolidierung der polnischen ZEW, 39 Mio. Euro); das Betriebsergebnis lag 25 % unter Vorjahreszeitraum, betrug immerhin 64 Mio. Euro, trotz „fundamentalster Stahlkrise in den USA überhaupt“, so Koehler (etwa 20 US-Firmen in Konkursverfahren, das entspricht 20 bis 30 % der Produktionsmenge!). Auch der SG-Umsatz stieg, um 2 % auf 195 Mio. Euro. Das Betriebsergebnis der ersten neun Monate konnte hier sogar noch um 34 % auf 22 Mio. Euro gesteigert werden; Grund: Kostensenkungsmaßnahmen. Bei CP sank zwar der Umsatz, hauptsächlich wegen Verschiebungen von Geschäften mit der chemischen Industrie. Das Betriebsergebnis stieg jedoch von -2 Mio. Euro auf 3 Mio. Euro, soll laut Koehler 7 bis 8 Mio. Euro 2002 betragen. RK

Sehen 2002 als Jahr der Konsolidierung: SGL-CEO Robert J. Koehler (links) und Finanzchef Bruno Toniolo (Foto: RK).

Aus den Firmen

Nach der Integration von Laporte will der Geschäftsbereich Feinchemie der **Degussa AG**, Düsseldorf, seinen Umsatz in den kommenden Jahren aus eigener Kraft von derzeit einer Milliarde Euro um mindestens 25 % steigern. Im Vordergrund stehen dabei der Ausbau des Exklusivsynthesegeschäfts im Bereich hochwirksamer Pharmawirkstoffe, ein IT-gestütztes Wissens- und Projektmanagementsystem sowie die Optimierung des weltweiten Produktionsverbundes.

Die **Henkel-Gruppe** hat für die Guided Tour, einem animierten Trickfilm zur zusammenfassenden Einführung in Umweltschutz und Nachhaltigkeit, den Goldenen Pfeiler erhalten. Der Preis wurde von der Deutschen Public Relations-Gesellschaft für herausragend umgesetzte Instrumente der Öffentlichkeitsarbeit vergeben.

Akzo Nobel hat angekündigt, 18 Millionen Euro in sein Pharmaunternehmen Diosynth zu investieren, um die biopharmazeutischen Produktionskapazitäten in Oss in den Niederlanden auszubauen. Außerdem hat Akzo eine Vereinbarung mit Shell Renewables unterzeichnet, nach der beide in einem gemeinsamen Pilotprojekt ein kostengünstiges Verfahren für die massenproduktion von flexiblen Solarmodulen entwickeln wollen. Sollte das Pilotprojekt erfolgreich verlaufen, könnte damit eine der größten Hürden für eine weite Verbreitung von Solartechnik überwunden werden: die hohen Kosten.

Die **BASF** nimmt WorldAccount, ihre weltweit einheitliche und integrierte Plattform für kundenorientiertes E-Commerce in Betrieb. WorldAccount fasst die Kernfunktionalitäten bisheriger Kundenportale der BASF für verschiedene Produktgruppen unter einer Internetadresse zusammen. Über www.worldaccount.basf.com können künftig Kunden mit Internetzugang weltweit einheitliche Funktionalitäten nutzen und auf ergiebige Informationsquellen zugreifen: Bestellmöglichkeiten, Überprüfung des Auftragsstatus, Analysenzertifikate und Sicherheitsdatenblätter zu wichtigen BASF-Produkten, Hilfestellung etc.



Einzeller gegen Umweltgifte

Dr. Wilfried Pauli vom Institut für Biochemie der Freien Universität Berlin arbeitet an einer schnellen und zuverlässigen Methode der biologischen Umweltgifterkennung, mit deren Hilfe noch vor Ort die Toxizität der fraglichen Stoffe bestimmt werden kann.

Anlass des Forschungsprojekts ist der anhaltende Bedarf nach schnellen und zuverlässigen Methoden der Giftdetektion. Bis heute werden im Bereich des Umweltmonitoring hauptsächlich chemisch-analytische Tests durchgeführt. Im alltäglichen Umgang mit potenziell giftigen Stoffen sind sie oft zu zeitintensiv und aufwendig. Im Unterschied zu den chemischen Testverfahren, die präzise eine bestimmte Chemikalie untersuchen und nachweisen, geben biologische Tests Auskunft über die allgemeine Toxizität einer Substanz.

Hauptproblem dieser biologischen Untersuchungsverfahren war lange Zeit die eingeschränkte Verfügbarkeit und Störanfälligkeit der genutzten Organismen. Dieses Problem könnte nun durch Verwendung der Tetrahymena gelöst werden. Dieser Einzeller, in der Natur in großer Zahl vertreten, verfügt über eine überaus sensible Membranhülle, die es ihm ermöglicht, kleinste Umweltveränderungen und chemische Reize wahrzunehmen. Befindet sich ein solches schwimmendes Wimpertierchen in der Nähe einer Gefahrenquelle, kann es innerhalb kürzester Zeit reagieren und ausweichen.

Die leichte Handhabung des Mikroorganismus sowie seine Ähnlichkeit mit dem Zellaufbau höher entwickelter Organismen macht ihn für die moderne Giftdetektion so interessant. Da die meisten Gifte membranaktiv sind und zuerst die äußere Hülle der Zelle angreifen, sind sie auch anhand von chemosensorischen Reaktionen der Zellhülle nachweisbar. Gleichzeitig ist eine membranaktive Substanz immer potenziell toxisch, da lebenswichtige Funktionen der Zellmembran beeinträchtigt werden könnten. Anhand der messba-

Pumpen aus Silizium

Die Mikrosystemtechnik erweitert die Mikroelektronik um mechanische und optische Komponenten. Die verschiedenen Techniken der Chipfertigung wie das Abscheiden von Material oder das Abtragen durch Ätzen werden dazu genutzt, um neuartige Mikromaschinen zu entwickeln. Halbleitermaterialien werden damit zu Werkstoffen. Fraunhofer-Forscher haben eine Pumpe entwickelt, die kleiner als ein Pfennig ist und vollständig aus Silizium besteht. Jetzt sind die Winzlinge kommerziell erhältlich.

Nicht nur die etablierten und ausgefeilten Bearbeitungsmöglichkeiten machen dieses Halbmetall für die Mikromechanik attraktiv; dank seiner ausgezeichneten elastomechanischen Eigenschaften ist sogar die Membran der Pumpe aus Silizium gefertigt. Die Folge: Ohne nennenswerte Verschleiß- und Ermüdungserscheinungen arbeiten die Geräte mit partikelfreien Medien sehr lange und höchst zuverlässig.

Auf der Membran sitzt eine kleine Scheibe aus Piezokeramik, die vom elektrischen Takt eines externen Ansteuermoduls von der Größe einer Streichholzschachtel in Schwingung

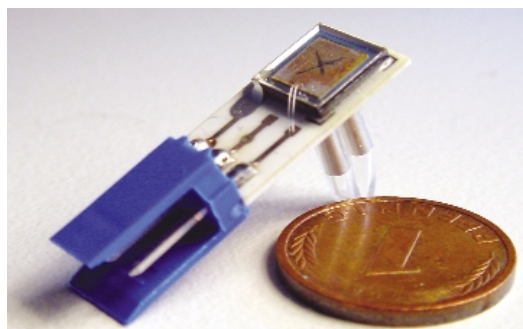
versetzt wird. Bis zu einhundertmal pro Sekunde saugt die vibrierende Membran ein winziges Volumen Flüssigkeit oder Gas durch ein Ventil an und stößt es durch ein zweites wieder aus. In einer Minute pumpt sie so maximal zwei Milliliter und kommt selbst gegen ein halbes Bar Überdruck an.

Die Anwendungsbereiche der kleinen Pumpen sind ausgesprochen vielfältig. Zurzeit sind sie vor allem in der Biotechnologie und der Labortechnik gefragt. Die hier verwendeten Lösungen spezieller Enzyme sind extrem teuer und kleinste Mengen müssen zuverlässig dosiert werden können. Dasselbe gilt bei der Suche nach neuen Wirkstoffen, dem Pharmascreeing: Um feststellen zu können, welche Stoffe gegen bestimmte Krankheiten wirken, werden

winzige Volumina ihrer Lösungen gefördert und gemischt.

Die Industrie hat die Vorteile der Mini-Pumpen schnell erkannt und setzt sie zu-

nehmend ein. Die Nachfrage ist enorm. Solange die Stückzahlen nicht zu groß sind, fertigen die Fraunhofer-Mitarbeiter die Pumpen noch selbst. Derzeit kostet eine Pumpe rund 200 Euro, das Ansteuerungsmodul 250 Euro. Bei größeren Stückzahlen dürfte sie künftig noch deutlich billiger werden.



ren Stärke der eingetretenen Meid- und chemosensorischen Reaktion wird die Toxizitätsintensität ermittelt.

Der gesamte Vorgang der Vermeidungsreaktion, d. h. der Versuch des Mikroorganismus, der Gefahrenquelle auszuweichen und in einer sicheren Distanz zu bleiben, findet innerhalb von wenigen Sekunden statt. Obwohl wegen der statistischen Sicherheit die Reaktion von bis zu 30 000 Organismen beobachtet wird, ist es Ziel, zukünftig innerhalb von weniger als 20

Minuten ein verwertbares Ergebnis zu erreichen. Dabei steht weniger die Frage der Humantoxikologie im Vordergrund, d. h., ob ein betreffender Stoff explizit für den Menschen giftig ist, sondern vielmehr die einer allgemeinen Basistoxikologie, die darüber informiert, ob die Substanz überhaupt für isolierte lebende Zellen giftig ist.

Nutznießer dieses Verfahrens sind mobile Umweltlabore, Industriebetriebe, staatliche Institutionen und Privathaushalte.

Tiermehl aus der Nahrungskette fernhalten

Ein gemeinsames Forschungsprojekt der Fachhochschule Gießen-Friedberg und der Universität Tübingen führt zu einer neuartigen Entsorgungslösung: Tiermehl wird im Labormaßstab in Rohöl und Aktivkohle umgewandelt.

Tiermehl ist ein Produkt von Tierkörperverwertungsanstalten. Diese erfüllen eine bedeutende seuchenhygienische Funktion bei der Entsorgung von Schlachthofreststoffen und Tierkadavern. Die Größenordnung in Deutschland: 2–3 Millionen Tonnen pro Jahr. In Deutschland fielen im Jahre 2000 ca. 775 000 Tonnen proteinhaltiges Tiermehl und ca. 310 000 Tonnen Tierfette an.

Gemeinsam mit seinem Kollegen Prof. Dr. Ernst Bayer von der Uni Tübingen entwickelte Prof. Dr. Ernst Stadlbauer vom FH-Labor für Entsorgungstechnik im Labormaßstab ein Verfahren, bei dem Tiermehl unter

Luftausschluss auf ca. 350 Grad Celsius erhitzt und unter Mitwirkung von Katalysatoren in Rohöl und Aktivkohle umgewandelt wird. Vorteil: Für Rohöl und Aktivkohle gibt es – im Gegensatz zu Tiermehl – einen Markt. Der BSE-Erreger überlebt die thermokatalytische Behandlung nicht.

Bei diesem Entsorgungsweg für Tiermehl hat Mutter Natur Pate gestanden. Unter ähnlichen Bedingungen haben sich in geologischen Zeiträumen Erdöl- und Kohlelagerstätten gebildet. Je nach Zusammensetzung des Tiermehls erhält man ca. 30 % Rohöl, 40 % Aktivkohle, 20 % Wasser und 10 % brennbare Gase.

Die Wissenschaftler sehen in dem Verfahren auch eine ideale Möglichkeit, Klärschlamm gewinnbringend zu entsorgen. In- und ausländischer Firmen zeigten bereits Interesse an dem neuen Verfahren.

8,7 Mio. € an Wolle

Das nordrhein-westfälische Bildungsministerium und der Bund unterstützen den Neubau für das Deutsche Wollforschungsinstitut (DWI) an der RWTH Aachen mit 8,7 Millionen Euro.

Das 1952 gegründete DWI ist eine international bekannte und renommierte Forschungseinrichtung. Hier arbeiten etwa 130 Mitarbeiter unter der Leitung von Prof. Dr. Hartwig Höcker, Lehrstuhlinhaber für Textilchemie und Makromolekulare Chemie. Weit über die historische Bezeichnung des Instituts hinaus befassen sie sich allerdings nicht mehr nur mit Wolle und Textilforschung. Vor allem die Polymerforschung auf zahlreichen Spezialgebieten, z.B. der wichtigen Biomaterialforschung im medizinischen Bereich, und die Wirkstoffforschung im Bereich Insulin/Peptide bilden die wesentlichen neuen Schwerpunkte der Forschungsarbeit.

Molekülaggregate

Ab April 2002 wird es das neue fächerübergreifende Graduiertenkolleg „Spektroskopie und Dynamik molekularer Aggregate, Ketten, Knäuel und Netzwerke“ geben.

Es findet an den Fakultäten für Chemie und Physik der Georg-August-Universität Göttingen statt. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) hat in ihrer Herbsttagung den Antrag und die Förderung für vorerst drei Jahre bewilligt. Das Fördervolumen beträgt 1,01 Millionen Euro. Damit können 14 Doktorandenstipendien, zwei Postdoktorandenstipendien sowie ein umfangreiches Gastdozentenprogramm finanziert werden. Es sollen „aktuelle Fragestellungen im Bereich der zwischenmolekularen Wechselwirkungen“ bearbeitet werden. Ziel ist es, den molekularen Ansatz der Chemie mit dem materialwissenschaftlichen Ansatz der Physik bei der Untersuchung von Wechselwirkungen in komplex strukturierter molekular aufgebauter Materie zu verknüpfen.

Licht der Erkenntnis

Wenn geladene Teilchen beschleunigt oder abgebremst werden, geben sie eine elektromagnetische Strahlung ab. In Synchrotrons werden Elektronen beinahe auf Lichtgeschwindigkeit beschleunigt und durch riesige Magneten auf einer Kreisbahn gehalten. Dabei entsteht die Synchrotronstrahlung, eine Strahlung, deren Intensität größer ist als die des Sonnenlichts.

Für die Strukturforscher am Institut für Molekulare Biotechnologie (IMB) in Jena ist diese Strahlung sehr attraktiv: Sie verwenden sie anstelle der viel schwächeren Röntgenstrahlung, um die dreidimensionale Struktur von Proteinkristallen aufzuklären und auf diese Weise die molekularen Vorgänge in gesunden und erkrankten Zellen zu verstehen.

In Zusammenarbeit mit der Univer-

sität Hamburg und dem Europäischen Laboratorium für Molekularbiologie (EMBL) hat die Arbeitsgruppe um Prof. Rolf Hilgenfeld am IMB nun eine neue Messstrecke, eine „Beamline“, am Deutschen Elektronensynchrotron (DESY) in Hamburg aufgebaut. Die Synchrotronstrahlung wird dabei mithilfe eines einen Meter langen, nickelbeschichteten Spezialspiegels der Firma Carl Zeiss GmbH auf die Probe, den zu untersuchenden Proteinkristall, fokussiert.

Die neue Einrichtung wird vom IMB und dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit ca. 2,6 Millionen DM (inklusive 950.000 DM Personalmittel) finanziert,

Die IMB-Forscher haben die Testphase während des Aufbaus der Messstrecke bereits zur Aufklärung der Wirkung eines neuen Antibiotikums auf sein Zielprotein genutzt.

Neue Produkte

Mikroskopie-Kamera mit Netzwerkanschluss



Die neue digitale Kamera DN 100 für die Mikroskopie von Nikon hat eine eingebaute Netzwerk-Schnittstelle. Dadurch ist es ohne angeschlossenen Rechner möglich, Life-Bilder ins Netzwerk zu schicken und über's Internet mit Kollegen zu diskutieren. Die Bilder sind gleich für alle Diskussionspartner verfügbar, lassen sich dezentral abspeichern. Alles, was seitens der Gesprächspartner benötigt wird, ist ein normaler Internet-Browser. Das Rat holen bei Experten wird damit erheblich erleichtert, sind doch keine aufwändigen Telemikroskopie-systeme dafür mehr notwendig, die mit ihren Fernsteuermöglichkeiten für solche Zwecke überdimensioniert und zu teuer sind. Die DN 100 hat eine maximale Auflösung von 1280 x 960 Pixeln (1,3 Megapixel). Entscheidend für den Life-Einsatz: Die Kamera erfasst bis zu 15 Frames pro Sekunde! Auf der BIOTECHNICA demonstrierte Dr. Anja-Rose Strohmaier von Nikon (Foto: rk) der CLB an einem ans Mikroskop über die DN 100 angeschlossenen Monitor die Schnelligkeit der Kamera.

Nikon GmbH
Tiefenbroicher Weg 25, 40472 Düsseldorf
Tel.: 0211/9414 0, Fax: 0211/9414 322
www.nikon.de

Modulares Dosiersystem

In Labor und Technikum, speziell bei chemischen und biologischen Reaktionen, oder auch zur Qualitätssicherung im Bereich der Pharmazie, tritt das Problem einer kontinuierlichen Dosierung eines Stoffstroms häufig auf.

Der D2-Dosiercontroller ermöglicht die präzise, gravimetrische Dosierung kleinster Stoffmengen in Labor und Technikum, damit entstehen keine Abweichungen durch Gaseinschlüsse oder Veränderungen der Viskosität des Dosiermediums. Die gravimetrische Dosierung basiert auf einer Massendifferenzbestimmung mit Hilfe von angepassten Regressionsfiltern der Messwerte einer Waage (z.B. Mettler, PESA, Sartorius u.a.). Das Produkt wird von bzw. auf die Waage dosiert, als Dosierorgan (z.B.



Pumpe, Ventile) kann jede Einheit mit Analogeingang oder digitalem Impulseeingang verwendet werden.

Der D2-Controller verfügt über eine Vielzahl verschiedener Betriebsarten, um möglichst viele Anwendungen abdecken zu können und unterstützt eine große Anzahl von zusätzlichen Komponenten, unter anderem:

- 2 analoge Schreiberansgänge (12 Bit)
- externe Sollwertvorgabe
- Druckerschnittstelle (RS232)
- Systemschnittstelle (RS232)
- Nachfüll- bzw. Entleerungsaggregate

Alle Schnittstellen wie Waage, Pumpe, Schreiber, PC, sind voneinander und zur Systemversorgung galvanisch getrennt. Insgesamt verfügt der D2-Controller über 8 separate, interne Netzteile. Im Hinblick auf einen modularen Systemaufbau entsprechen

alle Steckverbinder (IP65) physikalisch und elektrisch den üblichen Industrienormen und Standardbelegungen, somit kann der D2-Dosiercontroller auch in bestehende Applikationen ohne großen Aufwand integriert werden.

KOPF GmbH, Horstring 12, 76829 Landau,
Tel. 06341/5590 107 Fax:06341/5590 109,
www.kopfweb.de

Neuer RNA 6000 Nano-LabChip-Kit

Caliper Technologies Corp. und Agilent Technologies Inc. stellen kürzlich den RNA 6000 Nano Lab-Chip Kit zur automatischen Qualitätskontrolle von Gesamt- und Boten-RNA (mRNA) vor. Der Kit ist für den Einsatz auf dem Agilent 2100 Bioanalyzer vorgesehen.

Der neue Kit enthält einen unteren Marker, der einen einfacheren Probenvergleich zulässt und den Wissenschaftlern die Unterscheidung verschiedener mRNA-Typen anhand der Elektropherogramme ermöglicht. Der wichtigste Aspekt ist, dass neben der Qualitätsbestimmung der RNA nun auch eine verbesserte Konzentrationsbestimmung möglich ist.

In vielen Fällen können nun die Wissenschaftler auf eine zusätzliche UV- oder Ribogreen-Bestimmung verzichten und mit einer einzigen Analyse sowohl die Qualität der RNA bestimmen als auch deren Konzentration messen. Mit dieser Methode können relative Standardabweichungen von 10 Prozent erzielt werden, wobei sie wesentlich weniger störanfällig gegenüber verunreinigenden Substanzen wie Phenol oder genomischer DNA ist als die W-Methode. Mit dem neuen Kit lässt sich die Gesamt-RNA bis hinunter zu einer Konzentration von 5 ng bestimmen – mit einer Geschwindigkeit und Genauigkeit, die nur die LabChip-Technologie bietet. Die digitale Datenverwaltung und Verbesserungen bei einer Reihe von Softwaremerkmalen verstärken die Vorteile des Agilent 2100 Bioanalyzer für die Analyse von RNA-Proben weiter.

Agilent Technologies Deutschland GmbH
Hewlett-Packard-Str. 8,76337 Waldbronn

Flexibler Prozess-GC



Der neue Prozess-Gas-Chromatograph Maxum edition 11 von Siemens Automation and Drives kombiniert unterschiedlichste Detektoren mit einer flexiblen Ofenlösung. Die Neuentwicklung löst weltweit erstmalig Gas-Chromatographie-Messaufgaben in der chemischen Industrie, Petrochemie und Raffinerie mit nur einem Gerät. Der Chromatograph ist für vielfältige Messaufgaben einsetzbar, da er mit Flammenionisationsdetektor (FID), Wärmeleitfähigkeitsdetektor (WLD), Flammenphotometerdetektor (FPD), Elektroneneinfangdetektor (ECD), Heliumionisationsdetektor (HID), elektrolytischem Leitfähigkeitsdetektor (ELCD) sowie mehreren Multidetektoren kombiniert werden kann. Die flexible Ofenlösung ermöglicht den Betrieb mit Energie sparendem Airless- oder mit Airbath-Ofen. Beide Varianten werden auch als Doppelofen angeboten, um zum Beispiel zwei Analysen in nur einem Chromatographen durchführen zu können. Das Verfahren der parallelen Chromatographie, das eine komplexe Applikation in mehrere einfache Teilmessungen aufspaltet, bewirkt zusätzlich kurze Zykluszeiten. Die Live-Dosierung dosiert die Proben exakt und ist genau auf die Bedürfnisse der Trennsäulen abgestimmt. Die ventillose Live-Säulenschaltung wird präzise über elektronische Druckregler gesteuert und verhindert eine Verfälschung der Messergebnisse, die beim Kontakt von kritischen Proben mit den Ventilen entstehen können. Per Ethernet und TCP/IP-Protokoll kommuniziert der Chromatograph mit einem PC, anderen Chromatographen oder einem Prozessleitsystem.

Siemens Automation and Drives
PF 3240, 9150 Erlangen
Tel.: 0 91 31/7-2 66 73, Fax: 0 91 31/7-2 04 15

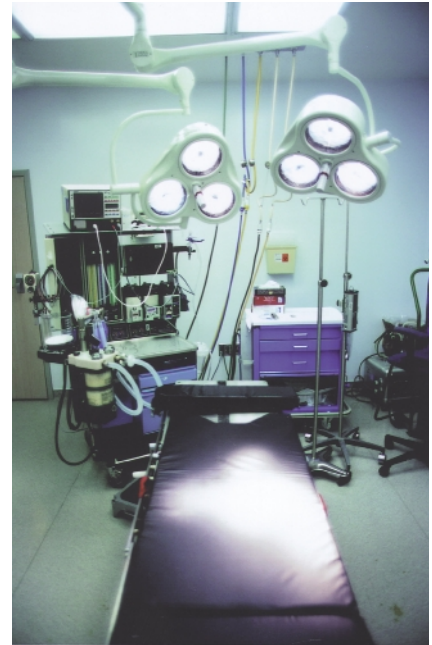
TMT 15 gibt den Schwermetallen keine Chance

Weniger Schwermetalle in Abwässern von Verbrennungsanlagen ist das Ziel einer neuen EU-Richtlinie, die zur Zeit europaweit in Landesrecht umgesetzt wird. Die neuen Grenzwerte lassen sich mithilfe des Degussa-Produktes TMT 15 umweltfreundlich und sicher einhalten. Nach der EU-Richtlinie RL 2000/76/EG dürfen maximal 0,03 mg/l Quecksilber und maximal 0,05 mg/l Cadmium im Abwasser von Verbrennungsanlagen enthalten sein. Der Geschäftsbereich Bleich- und Wasserchemie der Degussa AG, Düsseldorf, bietet mit dem neuen Produkt Lösungspakete einschließlich anwendungstechnischer Beratung an. Mit deren Hilfe kann es gelingen, um ein Vielfaches niedrigere Grenzwerte einzuhalten. Bis Ende 2002 müssen neue Verbrennungsanlagen für Haus- oder Sondermüll sowie Kohlekraftwerke die verschärften Grenzwerte im Abwasser erreichen. Bis Ende 2005 fordert die EU-Richtlinie die Einhaltung der Grenzwerte auch für Altanlagen. Das geruchlose TMT 15 wird dem Abwasserstrom zugegeben und reagiert mit den Schwermetallen zu Feststoff, der dann abgetrennt und z. B. deponiert werden kann. TMT 15 riecht nicht, hat günstige ökologische Eigenschaften, ist nicht toxisch und nicht als Gefahrgut eingestuft. In Verbrennungsanlagen kann es übrigens auch ohne aufwendige Umrüstung zur Entfernung von Quecksilber aus den Rauchgasen eingesetzt werden.

Degussa AG
Weißfrauenstr. 9, 60287 Frankfurt am Main
Tel.: 0 69/2 18-01, Fax: 0 69/2 18-32 18

Kontinuierliche und periodische Onlinekontrolle

Michell's neueste Generation der Keramik-Taupunktsensoren ist das Resultat langjähriger Erfahrungen bei Spurenfeuchtesensoren (Foto: Feuchtegehalt in Gasen bei medizinischen Anwendungen). Der Cermet II hat einen Messbereich von -100°C bis $+20^{\circ}\text{C}$ Taupunkt unter einem Umgebungsdruck bis zu 300 bar und bietet eine Genauigkeit von $\pm 1^{\circ}\text{C}$ Taupunkt (bzw. $\pm 2^{\circ}\text{C}$ Taupunkt unter -60°). Jeder Cermet-II-Sensor wird an



13 Punkten über den Gesamtmessbereich gegen ein NAMAS (UKAS) rückführbares Tauspiegel-Hygrometer kalibriert. Die Kalibrierdaten sind im Sensor in einem EEPROM gespeichert und ermöglichen so ein Austauschen der Anzeigeinheit. Der Cermet-II-Monitor ist ein leistungsfähiges Display-System im 1/8-DIN-Einbaugeschäuse. Er zeigt die gemessenen Feuchteparameter ($^{\circ}\text{C}$ oder $^{\circ}\text{F}$ Taupunkt, ppmV, lbmmscf oder gm^{-3}) direkt an. Druckkompensation (falls erforderlich), 4–20 mA Stromausgang (isoliert) und RS232 oder RS485-Schnittstellen sowie zwei 10-A-Alarmrelais sind bereits in der Grundkonfiguration enthalten.

Michell Instruments Ltd
Industriest. 27, 61381 Friedrichsdorf
Tel.: 0 61 72/59 17-0, Fax: 0 61 72/59 17-99

Hochgenaue elektronische Füllstandssensoren

Honeywell hat einen neuen elektronischen Füllstandssensor auf den Markt gebracht, der eine Lücke auf dem Gebiet der Pegelüberwachung schließt. Die LLE-Serie zeichnet sich durch hohe Messgenauigkeit, eine Digitalausgabefunktion und kompakte Bauweise aus. Auch dort, wo nur wenig Platz vorhanden ist, lässt sich der Sensor aufgrund seiner geringen Abmessungen problemlos installieren. Typische Anwendungsbereiche sind Haushaltsgeräte, medizinische Geräte,



Verkaufsautomaten und Messgeräte. Der Sensor ist eine Weiterentwicklung der LL-Serie und verfügt über ein vollkommen neues Sensorelement und modernste Steuerelektronik. Diese Lösung besticht durch ihre Zuverlässigkeit und gewährleistet einen exakten wiederholbaren Schalterpunkt zur Feststellung des Füllstandes. Der elektronisch robuste LLE-Sensor bietet Schutz gegen Verpolung, Überspannung, Kurzschluss und Netzspitzen. Der Digitalausgang ermöglicht die Verwendung in Verbindung mit Mikroprozessoren. Die Wirkungsweise der LLE-Serie beruht auf dem Prinzip der internen Totalreflexion. In einer Kunststoffkappe an der Spitze des Gerätes sind eine LED und ein Fototransistor untergebracht. Die Ausgabefunktion richtet sich danach, ob sich Flüssigkeit an der Oberfläche der Kappe befindet.

Honeywell AG
Kaiserleistr 39, 63067 Offenbach
Tel.: 0 69/80 64-3 27, Fax: 0 69/80 64-9 73 27

Limited Edition für Labor-All-Tag



Eppendorf hat seit über einem Jahr die Zentrifugenfamilie MiniSpin erfolgreich etabliert, die für den Einsatz am persönlichen Arbeitsplatz außerirdisch klein, leise und effektiv konstruiert wurde. Nun präsentiert Eppendorf mit der MiniSpin plus SPACE eine Limited Edition, mit der sogar die langweiligste Laborroutine bunter wird. Man sollte sich die Sterne allerdings vom Himmel holen, bevor es andere tun. Dabei kann das MiniSpin-Spiel (www.minispin.de) die Wartezeit verkürzen. Diese einfach zu bedienende Hochleistungszentrifuge ist mit einem hochwertigen 12-Platz-Aluminiumrotor für 1,5/2 ml Eppendorf Tubes, ausgestattet. Der blaue Planet auf dem Zentrifugendecke lässt zusätzlich zur maximalen Beschleunigung von 14 000 x g sogar ein weiteres „g“ wirken.

Eppendorf AG
22331 Hamburg
Tel.: 0 40/5 38 01-0, Fax: 0 40/5 38 01- 5 56

Reinigung von PCR-Produkten in Hochgeschwindigkeit

Mit der schnellen Trennung von PCR-Produkten von anderen Reaktionskomponenten, wie Nucleotiden, Salzen, Primern und Proteinen, ist das 96 Well PCR Clean-Up Kit von Whatman von großem Wert für jedes Labor, das PCR durchführt. Die Aufreinigung von PCR-Produkten von 100 bp bis zu langen PCR-Amplikonen von ca. 10 Kb kann in weniger als 10 Minuten erfolgen – ohne dass dazu eine zeitaufwendige Präzipitation und/oder arbeitsaufwendige Aufreinigungen mit Harz notwendig sind. Probenvolumen von 5–200 ml können mit einer über 85%-igen Rückgewinnungsrate und einer Rate von mehr als 99 % für das Herausfiltern von Proteinen vorbereitet werden. Die daraus resultierende DNA kann in Applikationen wie Fluoreszenzsequenzierung, Restriktionsdigestionen, Ligationen und Mikroarrayanalysen direkt eingesetzt werden. Das Kit ist sofort einsatzbereit und enthält eine Benutzeranweisung sowie die optimierten DNA-Bindungsmikrotiterplatten, Sammelplatten und Puffer, die für die Durchführung der Aufreinigung erforderlich sind. Geeignet für Labors mit hoher Durchsatzleistung, wurde



dieses Kit für die Anwendung mit Vakuumfiltration, Zentrifugen und automatisierten Pipettiersystemen entwickelt.

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

Neue Dosieranlage für zwei Komponenten

Die neue Anlage von LEWA dosiert vollautomatisch und mengenproportional zwei Komponenten mit einem Druck von über 200 bar in eine Spraydüse. Die beiden Komponenten werden direkt auf dem Werkstück zusammengebracht. Das Aufbringen, z.B. bei Zwei-Komponenten-Klebern, übernimmt ein frei programmierbarer Roboter. Die Vorteile liegen in der – im Vergleich zu bisherigen Lösungen – wesentlich erhöhten Verfügbarkeit des Hochdruck-Dosiersystems und in der deutlichen Reduzierung der Verbrauchsmengen. Herzstück der Anlage ist jeweils eine Dreifach-Membran-Dosierpumpe, die eine sehr drucksteife Kennlinie aufweist.

LEWA Herbert Ott GmbH + Co
PF 15 63, 71226 Leonberg
Tel.: 0 71 52/14-15 15, Fax: 0 71 52/14-12 99



BEZUGSQUELLENVERZEICHNIS

Analysen

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

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

Aräometer

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



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

Arbeitsschutzartikel



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

Bimssteingranulate und -mehle



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

BSB-Bestimmung

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

Chemikalien



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

Chemiesoftware für Personal Computer

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

Deuteriumlampen



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

Dewar-Gefäße aus Glas und Metall



Karlsruher Glastechnisches Werk
Gablonzerstraße 6, 76185 Karlsruhe
Tel. (07 21) 958 97-0, Fax 958 97-77

Dichtungsscheiben aus Gummi mit aufvulkanisierter PTFE-Folie

GUMMI-WÖHLEKE GmbH
Siemensstr. 25, 31135 Hildesheim
Teletex: 5 121 845 GUMWOE
Tel. (05 121) 78 25-0

Dilutoren/Dispensoren

Zinsser Analytic GmbH
60489 Frankfurt, Eschborner Landstr. 135

Dosierpumpen

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

Extruder für Labor und Produktion

LIHOTZKY

Emil Lihotzky Maschinenfabrik
GmbH & Co KG
(Pressen - Walzen - Trockner)
POB 1165 D-94441 Plattling,
Tel. (09931) 2951, Fax 1271
http://www.lihotzky.de

Flüssigkeits- chromatographie/HPLC

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

FTIR-Spektrometer- Zubehör



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

Gefahrgutberatung

Dr. Reinschmidt-Gefahrgutberatung
Sachkundelehrgänge nach § 5 ChemVerbotsV
Tel.: 07244/706439, Fax: 706440
http://www.online.de/home/reinschmidt

Gefriertrockner

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

Gefriertrocknungsanlagen



Martin Christ GmbH
Postfach 17 13
37507 Osterode/Harz
Tel. (05522) 5007-0
Telefax (05522) 5007 12



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

Hochdruckautoklaven

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

Hochdruck- Extraktionsanlagen

Müller Extract Company GmbH
Postfach 25 44, 96414 Coburg
Tel. (09561) 62905
Fax (09561) 53393

Hohlkathodenlampen



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

HPLC-Lösungsmittel

Zinsser Analytic GmbH
60489 Frankfurt, Eschborner Landstr. 135

Klimakammern

-thermotest-
Telefon 0221/508667
Fax 0221/505834

Kühlgeräte

MTW, 97078 Würzburg, (0931) 29903-47

Kühl- + Tiefkühlgeräte



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

Küvetten

HELLMA GMBH & CO. KG
Postfach 11 63
79371 Müllheim
Tel. (07631) 182-0
Fax (07631) 13546
www.hellma-worldwide.com
aus Glas, Spezialgläser, Quarzgläser

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

Laboratoriumsmühlen

Pallmann Maschinenfabrik
Postfach 16 52, 66466 Zweibrücken
Tel. (06332) 802-0
Fax (06332) 802-106

Laborchemikalien



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

Laboreinrichtungen

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

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

WALDNER Laboreinrichtungen
GmbH & Co.
Postfach 13 62, 88229 Wangen,
Tel. (07522) 986-0, Fax 986-418
www.waldner.de
labor@waldner.de

Wesemann GmbH & Co.
Postfach 1461, D-28848 Syke
Tel.: (04242) 549-0, Fax: 594-39
http://www.wesemann.com

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

Laborhilfsmittel



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

Laboröfen

Nabertherm, Bahnhofstraße 20
28865 Lilienthal/Bremen
Tel. (04298) 922-0, Fax (04298) 922-129

LABOR-Schläuche und -Stopfen aus Gummi

GUMMI-WÖHLEKE GmbH
Postfach 100541, 31105 Hildesheim
Teletex: 5 121 845 GUMWOE
Tel. (051 21) 5 6046

Laborzentrifugen, Kühlzentrifugen



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



Sigma Laborzentrifugen GmbH
Postfach 17 13
37507 Osterode/Harz
Tel. (055 22) 5007-0
Fax (055 22) 5007 12

Leitfähigkeits-Messgeräte



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

Knick, 14163 Berlin
Tel. (030) 8001-0, FS 18 45 29

Leitfähigkeitsmessung

WTW, Weilheim
Tel. (0881) 1 83-0, Fax 6 25 39

Mahlanlagen

Pallmann Maschinenfabrik
Postfach 1652, 66466 Zweibrücken
Tel. (063 32) 8 02-0
Fax (063 32) 8 02-106

Mikrofotographie

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

Mikroskope



Labor- und Routine- Mikroskope Stereolupen und Stereomikroskope

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

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

Osmometer

GONOTEC GMBH
Eisenacher Str. 56, 10823 Berlin
Tel. (030) 7846027, Fax (030) 788 1201
contact@gonotec.com / www.gonotec.com

Partikelanalyse

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



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

pH/Redox-ISE-Messung

WTW, Weilheim
Tel. (0881) 1 83-0, Fax 6 25 39

pH-Messgeräte



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

Photometer

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

Photometr. Wasseranalyse Geräte und Testsätze

WTW, Weilheim
Tel. (0881) 1 83-0, Fax 6 25 39

Polarimeter

Leo Kübler GmbH
Stephanienstr. 42/44, 76133 Karlsruhe
Tel. (07 21) 224 91, Fax (07 21) 279 03



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



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

Probenfläschchen aus Glas und Kunststoff

Zinsser Analytic GmbH
60489 Frankfurt, Eschborner Landstr. 135

Reagenzien

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

Reflektometrie

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

Refraktometer

Leo Kübler GmbH
Stephanienstr. 42/44, 76133 Karlsruhe
Tel. (07 21) 224 91, Fax (07 21) 279 03



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

Reinigungsmittel für Laborglas



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

Sauerstoff-Messgeräte



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

WTW, Weilheim
Tel. (0881) 1 83-0, Fax 6 25 39

Spektralphotometer, UV-VIS



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

Sterilisatoren

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

Scintillatoren

Zinsser Analytic GmbH
60489 Frankfurt, Eschborner Landstr. 135

Temperatur-Messgeräte

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



Knick, 14163 Berlin
Tel. (030) 8001-0, FS 18 45 29



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

WTW, Weilheim
Tel. (0881) 1 83-0, Fax 6 25 39

Thermometer

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



Tiefsttemperaturmessung

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

Trifluoressigsäure und Derivate

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

Umweltanalytik/Wasser

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

Vakuumkonzentratoren



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

Zirbus technology
37539 Bad Grund
Telefon (053 27) 83 80-0, Fax -80
Internet: http://www.zirbus.de

Wasserdestillierapparate



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

Zentrifugen

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



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

Hinweise für die
Formatierung
elektronischer Daten.

Lieferung von Texten

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

Lieferung von
Abbildungen

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

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

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

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

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

Jetzt im Netz:
www.clb.de

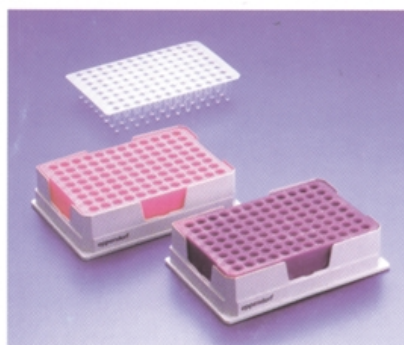


Heiß oder kalt – geschüttelt, nicht gerührt!

Eppendorf Thermomixer

Zwei „Missionen“ zur gleichen Zeit, mit nur einem System. Das klingt einfach und ist einfach logisch. Mit der aktiven Gegenkühlung des **Thermomixer comfort** und zwei frei wählbaren Programmabläufen mit Temperier-, Misch- und Ruhephasen und anschließender Abkühlung auf Raumtemperatur.

Dazu eine Auswahl aus vier verschiedenen Wechselblöcken für je 24 Reaktionsgefäße 0,5 ml, 1,5 ml oder 2,0 ml oder Mikrotiterplatten aller Wellformen. Ein komfortables Stück individueller Freiheit.



- **NEU! Eppendorf PCR-Cooler** hält in einem kleinen Kühlblock im MTP-Format 0,2/0,5 ml Gefäße und Platten für 1 Stunde und länger auf 0 °C und wechselt die Farbe nach Verlassen des Temperatur-Plateaus – einfach einmalig!
- **Linke Abb.:** Wechselblöcke für unterschiedliche Gefäße

Besuchen Sie uns auf der
MEDICA 2001 in Düsseldorf
Halle 3, Stand B48

eppendorf
In touch with life

Eppendorf AG · D-22331 Hamburg · Tel. (040) 53801-0 · Fax (040) 53801-556
e-mail: eppendorf@eppendorf.com · Internet: www.eppendorf.com