

# CLB

**CHEMIE IN LABOR UND BIOTECHNIK**

**2**  
**2002**



**Resistente Pflanzen**

**Pflanzeninhaltsstoffe**

**LA-ICP-MS**

**Kalibration**

**Goldener Schnitt**

**Hochbegabtenförderung**

# 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](http://www.rubikon.de)



Wir helfen  
bei Ihrer  
Kommunikations-  
aufgabe



## Preisausschreiben Ausschnitt aus??

Liebe Leser,

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



Auf

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

Einsendungen mit der richtigen Antwort und einem Hinweis auf die interessanteste Information aus dieser CLB nehmen an der Verlosung des Rubicon-Weines (siehe untenstehendes Bild) teil, wenn sie bis zum Freitag, den **15. März 2002** die Redaktion erreichen (Brief, Fax oder e-Mail; siehe Impressum). Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.

**Die Lösung des Preisausschreibens** aus der Januar-Ausgabe der CLB war: Seite 14.

Die Gewinner sind:  
Gudrun Mertl, Glinde;  
Dr. Wilhelm Striepe, Rehau.  
Herzlichen Glückwunsch!

Besonders sachlich, informativ und verständlich fanden die meisten Leser den Artikel über Gemälderestaurierung, aber auch die Artikel über Gassensoren und über Xenö-Östrogene. Als interessanteste Artikel der Ausgabe Dezember 2001 nannten die Leser „Ionische Flüssigkeiten“, „Entstehung der Elemente in Sternen“ sowie „Wer-



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

um Zusammenhänge zu erkennen – beim Untersuchen von Problemen – gilt es, sich Übersichten zu verschaffen. In dieser Ausgabe der CLB können Sie lesen, wie Pflanzen einerseits für die Gesundheit Beiträge leisten können; Resistenz gegen Heuschreckenbefall gab erste Hinweise auf die interessanten Inhaltsstoffe des Niembaums (Seite 55). Andererseits bemühen sich die Biotechniker, Nutzpflanzen wie Getreide besonders resistent gegen Pilze und Viren sowie widerstandsfähig etwa gegen Trockenheit oder Kälte zu machen (Seite 61). Die Molekularbiologie erweitert in beiden Fällen den Nutzen für die Menschen.

Wie sehr es für die Gesellschaft notwendig ist, Probleme im Zusammenhang zu sehen, zeigt aber auch die Untersuchung der Position von Frauen in wissenschaftlichen Berufen. Wir haben dieses Thema in der Ausgabe vom Dezember 2001 behandelt, das EMBO gibt jetzt einen Anstoss zur Verbesserung (Seite 68). „Wissenschaftler sind sich selbst ausbeutende Kleinunternehmer“, beschrieb auf der zu diesem Anlass angesetzten Pressekonferenz Prof. Dr. Christiane Nüsslein-Volhard, Nobelpreisträgerin von 1995, das Berufsfeld. Daraus entstünden Probleme, mit denen sich Frauen in der Wissenschaft konfrontiert sehen können. Ihre Begründung: Wissenschaftler lieben ihren Beruf, genießen die Darstellung eigener Gedanken, andererseits verbringen sie Nächte und Sonntage im Labor, fern vom sprichwörtlichen Reichtum. Die Rahmenbedingungen für einen derartigen Beruf seien für Frauen schwer einzuhalten. Ich freue mich, dass das vergleichbare Umfeld einer kleinen, aber feinen Zeitschrift jetzt eine neue Mitarbeiterin hat, die aus Interesse – die Liebe stellt sich hoffentlich noch ein – ihre Berufsausrichtung ändert: Frau Dr. Maren Bulmahn wird Redakteurin der CLB. Bereitschaft zum Wandel hat die „kühle Norddeutsche“ schon bewiesen. Zunächst wählte sie den Beruf einer chemisch-technischen Assistentin mit Anstellung in der Großchemie, kennt also eine wichtige Zielgruppe unserer Zeitschrift aus eigener Erfahrung. Dann studierte sie Chemie, promovierte über „...Plausibilitätsprüfung bei Karl-Fischer-Titrationen ... mit neuronalen Netzen“ – einem fachübergreifenden Thema zwischen Analytik und künstlicher Intelligenz, und war zuletzt Leiterin der Analytik in einem mittelständischen Unternehmen. In dieser Ausgabe kann sie sich in einem Artikel über modernste Informatik-Entwicklungen bei wahrnehmungsorientierten Informationsmedien in der Anwendung als Chemie-Museumsführer (Seite 66) auf mehrere persönliche Erfahrungsbereichen stützen. Ich hoffe, diese Ausgabe trägt wieder dazu bei, Ihnen Übersichten in Analytik und Biotechnik zu liefern, auch mit „trockenen Themen“ wie der Kalibrierung (Seite 44), über deren komplexe Fragen Dr. Volkmar Neitzel weiter informiert.



Ihre Berufsausrichtung ändert: Frau Dr. Maren Bulmahn wird Redakteurin der CLB. Bereitschaft zum Wandel hat die „kühle Norddeutsche“ schon bewiesen. Zunächst wählte sie den Beruf einer chemisch-technischen Assistentin mit Anstellung in der Großchemie, kennt also eine wichtige Zielgruppe unserer Zeitschrift aus eigener Erfahrung. Dann studierte sie Chemie, promovierte über „...Plausibilitätsprüfung bei Karl-Fischer-Titrationen ... mit neuronalen Netzen“ – einem fachübergreifenden Thema zwischen Analytik und künstlicher Intelligenz, und war zuletzt Leiterin der Analytik in einem mittelständischen Unternehmen. In dieser Ausgabe kann sie sich in einem Artikel über modernste Informatik-Entwicklungen bei wahrnehmungsorientierten Informationsmedien in der Anwendung als Chemie-Museumsführer (Seite 66) auf mehrere persönliche Erfahrungsbereichen stützen. Ich hoffe, diese Ausgabe trägt wieder dazu bei, Ihnen Übersichten in Analytik und Biotechnik zu liefern, auch mit „trockenen Themen“ wie der Kalibrierung (Seite 44), über deren komplexe Fragen Dr. Volkmar Neitzel weiter informiert.

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 · Priv. Doz. Dr. H.-M. Kuß, Duisburg ·  
Prof. Dr. Georg Schwedt, Clausthal-Zellerfeld · Prof. Dr. G. Weichbrodt, Aalen · Prof. Dr. G. Werner, Leipzig.

### Redaktion:

Rolf Kickuth (verantwortlich; E-Mail: kickuth@clb.de),  
Dr. Maren Bulmahn (bulmahn@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 (08 33 8) 96 48 50

### Anzeigenberatung: Lutz Krampitz

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

### Abonnentenbetreuung: Natalia Khilian

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

### Layout und Satz: Agentur & Verlag Rubikon

### Druck: Printec Offset, Ochshäuser Straße 45, 34123 Kassel

CLB erscheint monatlich.

### Bezugspreise:

CLB Chemie in Labor und Biotechnik mit der Beilage „CLB-MEMORY“. Einzelheft – außerhalb des Abonnements – 6,90 €, im Abonnement jährlich 70,50 € zuzüglich Versandkosten; ermäßigter Preis für Schüler, Studenten und Auszubildende (nur gegen Vorlage der Bescheinigung) jährlich 57,00 € 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 erhalten CLB zu Sonderkonditionen.

### Anzeigenpreisliste:

Nr. 42 vom 1.1.2002. Bei Nichterscheinen infolge Streiks oder Störung durch höhere Gewalt besteht kein Anspruch auf Lieferung.

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

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

ISSN 0943-6677



## EDITORIAL

## AUFSÄTZE

Seite  
44

### Die Kalibration von Analysenverfahren (Teil 2) Nicht lineare Kalibrationsfunktionen

*Dr. Volkmar Neitzel*

*Ruhrverband, Leiter Zentrale Aufgaben, Essen*

Von fotometrischen Messverfahren ist bekannt, dass das Gesetz von Lambert und Beer, d. h. die lineare Beziehung zwischen der Extinktion und Konzentration, nur in einem begrenzten Bereich gilt. Aufgrund von Sättigungseffekten nimmt die Steilheit der zunächst linearen Beziehung zwischen beiden Größen oberhalb eines bestimmten Gehalts ab. Im Extremfall bleibt die Extinktion auch bei steigendem Gehalt nahezu konstant. Für derartige Fälle ist die lineare Regression, die in Teil 1 [CLB 01/2002] behandelt wurde, nur bedingt geeignet.

Seite  
48

### Laserinduzierte Elementmuster zur Zertifizierung der Fundorte wertvoller Saphire Fast zerstörungsfreie Analyse

*Dr. Barbara Brauckmann*

*Department Chemie der ETH Zürich*

Saphire gehören zu den kostbaren Edelsteinen, die auf dem Markt je nach Größe, Gewicht, Klarheit, Farbe, Schliiff und Einschlüssen grosse Preisunterschiede erzielen. Ebenso massgebend für ihren Wert sind die Fundorte der Steine, die nicht nur Auskunft über die Qualität, sondern auch über ihre Seltenheit geben. Da für Nachweise in diesem Zusammenhang Röntgenfluoreszenzspektrometrie und Mikroskopie bisher keine zufriedenstellenden Analyseergebnisse lieferten, wurde am Laboratorium für Anorganische Chemie der ETH Zürich nach aussagekräftigeren und trotzdem möglichst „zerstörungsfreien“ Methoden gesucht. Mit Hilfe der Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma Mass-Spectrometry (LA ICP MS) gelang es, die Elementzusammensetzung von Edelsteinen aus fünf Schürfmünnen eindeutig und materialschonend zu analysieren.

Seite  
52

### Der Goldene Schnitt (2) Maritime Harmonie

*Prof. Dr. Wolfgang Hasenpusch, Hanau*

Seit Jahrtausenden streben die Menschen in Architektur und Kunst harmonische Verhältnisse in ihren Proportionen an. Der Mathematiker Heron aus Alexandrien zeigte bereits ein Jahrhundert vor Christi Geburt, daß diese harmonischen Verhältnisse, die im Goldenen Schnitt ihre Perfektion finden, auch einfachen mathematischen Formeln folgen.

**Seite 55** **Der Niembaum in Pflanzenschutz und Medizin  
Ein Baum hilft heilen**

*Dr. Röbbbe Wünschiers, Köln*

Ende der fünfziger Jahre wurde der Sudan von einer Heuschreckenplage unvorstellbaren Ausmaßes heimgesucht. Wie ein fliegender Teppich bedeckten die gefräßigen Wüstenheuschrecken die Landschaft und fraßen dabei alles pflanzliche restlos weg. Felder wurden zu Wüsten, aus grün wurde gelb. Nur ein Baum trotzte der Plage: Azadirachta indica, der Niembaum. Professor Heinrich Schmutterer von der Universität Gießen wurde seinerzeit Augenzeuge der Heuschreckenplage und erkannte sofort den Nutzen des Niembaums. Damit begannen die wissenschaftlichen Untersuchungen zu den wirkenden Inhaltsstoffen des Niembaums.

**Seite 59** **Naturwissenschaftliche Bildung fördern  
Kulturwissenschaft Chemie – ein Kurs für  
hochbegabte Schüler**

*Prof. Dr. Volker Wiskamp, Fachhochschule Darmstadt*

Die Darmstädter Hochschulen betreuen seit vier Jahren ein Studienprojekt für besonders begabte Jugendliche. Dies sind sowohl solche Kinder, die durch sehr gute schulische Leistungen auffallen und/oder Klassen übersprungen haben, als auch sog. Underachiever (Minderleister), die wegen einer (von einem Psychologen festgestellten) Hochbegabung in der Schule soweit unterfordert sind, dass sie im Unterricht abschalten, deshalb Vieles verpassen, schlechte Arbeiten schreiben und oft auch ein negatives Sozialverhalten zeigen. An 9-10 Freitagen pro Semester, - vom regulären Schulunterricht befreit, aber mit der Auflage, den verpassten Stoff nachzuholen -, besuchen die Mädchen und Jungen spezielle Veranstaltungen in Chemie, Physik, Umwelttechnik, EDV, Mathematik, Volkswirtschaftslehre, Philosophie, Literatur, Rhetorik, Spanisch oder Japanisch.

**Titelbild**

Das Titelbild symbolisiert mit einem metallisierten Ficus benjamini mit Tablettenfrüchten die Artikel „Resistente Pflanzen“ (S. 61 ff.) sowie „Pflanzeninhaltsstoffe“ (S. 55 ff.) in dieser Ausgabe (Grafik: RK).

**UMSCHAU**

- 61 Pflanzenbiotechnologie:  
Weniger Stress für Pflanzen
- 64 Studie über HPLC-Säulen:  
Qual der Wahl vermindert
- 66 Chemiemuseum mit interaktiver Führungstechnik:  
„Beacon“ bei Carl Bosch
- 68 EMBO ergreift Initiative für Wissenschaftskarrieren  
Erziehender: Stipendium für den Wiedereinstieg

**RUBRIKEN**

- 42 **IMPRESSUM**
- 69 **LITERATUR**
- 70 **SOFTWARE**
- 71 **WIRTSCHAFT**
- 74 **FORSCHUNG UND TECHNIK**
- 75 **TERMINE**
- 76 **NEUE PRODUKTE**
- 80 **BEZUGSQUELLEN-VERZEICHNIS**

**CLB-MEMORY**

- Die EN-Werte und ihre Historie, Teil 13 .....M 9
- Mikrobiologie: Kultur aerober Bakterien, Teil 2 ..... M 11
- Beliebte Berufe ..... M 13
- Dreidimensionale Filtration und Extraktion ..... M 14
- Labortipps (14)..... M 15
- Bio-Sektor programmiert geprüft.....M 16

# Nicht lineare Kalibrationsfunktionen

Dr. Volkmar Neitzel, Ruhrverband, Leiter Zentrale Aufgaben, Essen

Von fotometrischen Messverfahren ist bekannt, dass das Gesetz von Lambert und Beer, d. h. die lineare Beziehung zwischen der Extinktion und Konzentration, nur in einem begrenzten Bereich gilt. Aufgrund von Sättigungseffekten nimmt die Steilheit der zunächst linearen Beziehung zwischen beiden Größen oberhalb eines bestimmten Gehalts ab. Im Extremfall bleibt die Extinktion auch bei steigendem Gehalt nahezu konstant. Für derartige Fälle ist die lineare Regression, die in Teil 1 [1] behandelt wurde, nur bedingt geeignet.



Eine Reihe von Messverfahren zeigt einen grundsätzlich nicht linearen Zusammenhang zwischen Messwerten und Analyseergebnissen. Selbst dann, wenn der Arbeitsbereich eingeengt wird, ist die lineare Regression ungeeignet. Die DIN ISO 8466-2 [2] behandelt derartige Fälle durch Anpassung eines Polynoms 2. Grades an die Kalibrationsdaten.

## Theorie nicht linearer Kalibrationsfunktionen

Die Kalibration für nicht lineare Fälle setzt – wie auch die lineare Regression – gleiche Varianzen (Streuungen der Messwerte) am oberen und unteren Ende des Arbeitsbereichs voraus. Die untere Arbeitsbereichsgrenze sollte größer als die oder gleich der Bestimmungsgrenze sein, wobei die DIN ISO 8466-2 keine Angaben darüber macht, wie die Bestimmungsgrenze zu ermitteln ist.

Wie schon für den linearen Fall angesprochen, wird die Varianzenhomogenität mit Hilfe des F-Tests überprüft. Der vorgesehene Arbeitsbereich muss dann, wenn keine Varianzenhomogenität vorliegt, entsprechend verkleinert werden. Für die Kalibration sind mindestens fünf, besser zehn Kalibrationspunkte, die gleichweit auseinander lie-

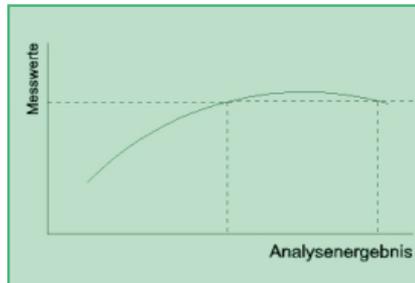


Abb. 1: Kalibrationsfunktion mit Maximum und nicht eindeutiger Zuordnung von Analyseergebnissen zu Messwerten

gen, zu vermessen und an sie ein Polynom 2. Grades nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate anzupassen. In der Norm sind die entsprechenden Formalismen zur Berechnung aufgeführt. Weiterhin gibt sie an, wie die

- Reststandardabweichung,
- Empfindlichkeit,
- Verfahrensstandardabweichung und
- relative Verfahrensstandardabweichung zu bestimmen sind.

Bei gebogenen Funktionen ist es prinzipiell möglich, dass sie ein Minimum oder Maximum aufweisen. In einem solchen Fall ist die Kalibrations-

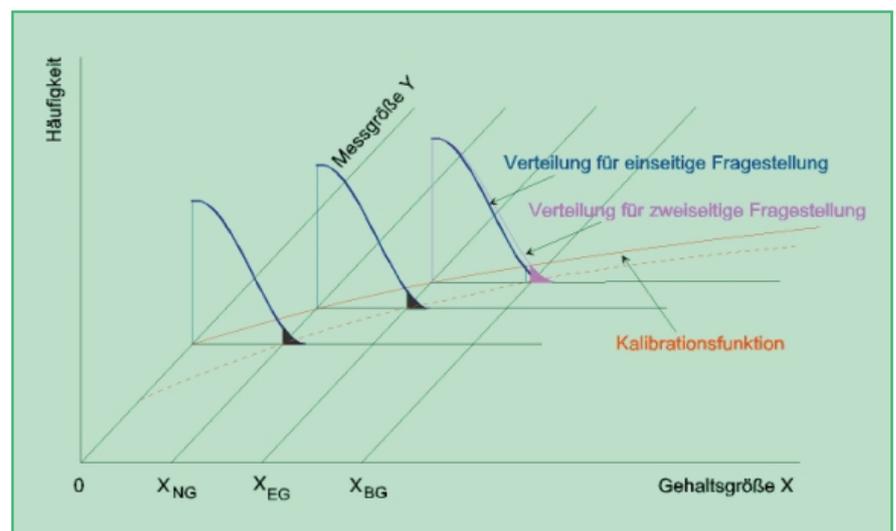
funktion nicht eindeutig (es gibt zwei Analyseergebnisse zu einem Messwert) und darf demzufolge nicht verwendet werden (Abb. 1).

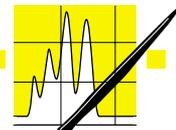
So, wie die lineare Kalibrationsfunktion ein Prognoseintervall aufweist, ist dies auch bei einem Polynom 2. Grades der Fall. Die Funktionsgleichung hat allerdings einen höheren Komplexitätsgrad, was aber bei rechnergestützter Bearbeitung belanglos ist.

## Die Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze

Im Gegensatz zur linearen Kalibrationsfunktion gibt es für den nicht linearen Fall keine Norm hinsichtlich der Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze. Nachfolgend wird eine praktikable Vorgehensweise vorgestellt, die an die DIN 32645 angelehnt ist, aber dem Anwender weniger Wahlmöglichkeiten lässt. Die Grundidee ist in Abb. 2 dargestellt. Es handelt sich um eine Näherung, die aber nach Meinung des Autors für die Praxis ausreicht.

Abb. 2: Vorgehensweise zur näherungsweise Berechnung der Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze





Die Berechnung des Prognoseintervalls erfolgt über eine Wurzelfunktion [3]. Die Intervallbreite hängt in komplexer Weise vom aktuellen Gehalt ab. Wenn beispielsweise die Nachweisgrenze berechnet werden soll, handelt es sich um den Gehalt, bei dem die linke Seite des Prognoseintervalls bei Null endet. Eine derartige Lösung ist nur näherungsweise mit entsprechendem Aufwand möglich. Die Alternative besteht darin, an der Stelle  $X=0$  die halbe Breite des Prognoseintervalls zu berechnen. Sie ist geringfügig größer, als an der Stelle der Nachweisgrenze, für den praktischen Zweck werden sie als annähernd gleich angenommen.

Die Nachweisgrenze erhält man vom Gehalt  $X=0$  ausgehend, indem die halbe Breite des Prognoseintervalls (für  $X=0$ ) hinzuaddiert wird. Der Tabellenwert der  $t$ -Verteilung gilt (wie im linearen Fall) für die einseitige Fragestellung. In gleicher Weise wird zur Berechnung der Erfassungsgrenze vorgegangen. Für den Gehalt der Nachweisgrenze ist die halbe Breite des Prognoseintervalls zu bestimmen und zur Nachweisgrenze hinzuaddieren. Auf diese Weise erhält man die Erfassungsgrenze, die ebenfalls auf der  $t$ -Verteilung für eine einseitige Fragestellung beruht.

Die Bestimmungsgrenze wird aus Gründen der Praktikabilität in ähnlicher Weise berechnet, wie die beiden oben angesprochenen Größen. In die Formel zur Berechnung des Prognoseintervalls geht als Gehaltsgröße die Erfassungsgrenze ein, sowie der Wert der  $t$ -Verteilung, jetzt aber für die zweiseitige Fragestellung. Er ist etwas größer als der für die einseitige Fragestellung. Insgesamt werden bei der vorgeschlagenen Vorgehensweise geringfügig höhere Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenzen erhalten, als bei der exakteren Berechnung. Für die Bestimmungsgrenze ist nicht vorgesehen, diese über einen Faktor variabel zu gestalten, wie es die DIN 32645 zulässt.

Wenn ein Programm oder eine Auswerterroutine sowohl die Kalibrationsgrößen als auch die Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze berechnet, gibt es die Werte mit einer in der Regel größeren Anzahl an Stellen aus, als es der Realität entspricht. Diese

sind für den praktischen Gebrauch zu runden. Die Rundung gleicht im gegebenen Fall die Unterschiede zwischen der vorgeschlagenen und exakten Berechnung aus.

### ■ Praxisbeispiel zur nicht linearen Kalibration

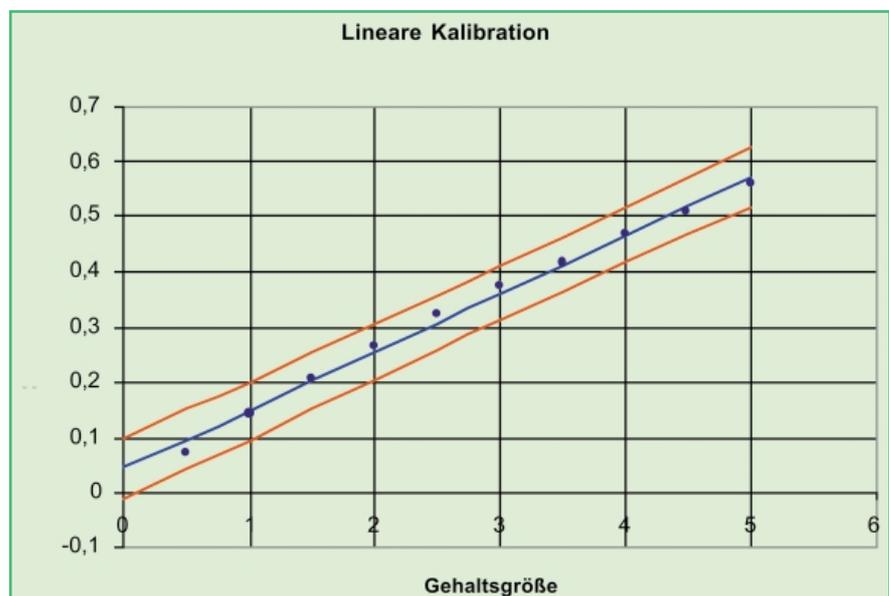
Im aufgeführten Beispiel wurden zehn Kalibrationspunkte eines atomabsorptionsspektrometrischen Verfahrens vermessen und jeweils zehn Wiederholmessungen beim niedrigsten und höchsten Kalibrationspunkt durchgeführt. Der  $F$ -Test ergab Varianzhomogenität am oberen und unteren Ende des vorläufigen Arbeitsbereichs, so dass eine Kalibration nach den Normen DIN 38402 Teil 51 und DIN ISO 8466-2 prinzipiell möglich ist.

Abb. 3 zeigt die Kalibrationspunkte mit linearer Ausgleichsfunktion und dem Prognoseintervall. Dieses ist verhältnismäßig weit und man kann bereits mit dem Auge erkennen, dass der Zusammenhang zwischen Messwerten und Gehaltsgrößen nach rechts gekrümmt verläuft. Eine genaue Rechnung und der Test nach Mandel ergeben den vermuteten nicht linearen Verlauf. Dieser ist in Abb. 4 dargestellt. Im relevanten Arbeitsbereich liegt kein Maximum oder Minimum vor.

Es fällt auf, dass bei der nicht linearen Kalibrationsfunktion das Prognose-

intervall deutlich enger verläuft, als bei der linearen. Der Grund hierfür ist die gute Anpassung an die Messwerte, d. h. die geringe Abweichung zwischen Kalibrationspunkten und Ausgleichsfunktion. Man kann daher eine geringere Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze erwarten, als bei der linearen Funktion. Genau dies bestätigt die Rechnung. Bei der linearen Regression erhält man eine Bestimmungsgrenze von 1,4 mg/l, wohingegen der nicht lineare Fall einen Wert von 0,4 mg/l ergibt. Letzterer Wert liegt unter dem niedrigsten Kalibrationspunkt, so dass die Kalibration zulässig ist. Abgesehen von dem nicht linearen Zusammenhang wäre eine lineare Kalibration mit höheren Werten zu wiederholen, da die Bestimmungsgrenze sogar den zweitniedrigsten Kalibrationspunkt übersteigt. Die Rechengrößen der linearen und nicht linearen Kalibration einschließlich der Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenzen sind in Tab. 1 zusammengestellt.

Abb. 3:  
Lineare Kalibrationsfunktion mit Prognoseintervall für 99 % Signifikanz



Tab. 1: Roh- und Kennwerte zum Kalibrationsbeispiel

Verfahrenskenngrößen der Kalibration bei 10 Messpunkten						
Arbeitsgruppe:	Gr 1			Kalib.-Datum:	20.02.2002	
BearbeiterIn:	Autor					
				QS:		
Analysenverfahren:	fiktiv			Einheit der Messwerte:	Ext.	
Kenngröße:	Test			Einheit der Gehaltsgröße:	mg/l	
<b>Urdaten</b>						
				Mehrfachbestimmung	Mehrfachbestimmung	
Gehaltsgröße	Messwerte		Leerwerte	unten	oben	
0,5	0,073		0,005	0,073	0,557	
1	0,143		0,007	0,07	0,56	
1,5	0,209		0,006	0,071	0,559	
2	0,267		0,009	0,077	0,557	
2,5	0,323		0,007	0,075	0,552	
3	0,375		0,008	0,075	0,55	
3,5	0,417		0,003	0,072	0,56	
4	0,467		0,001	0,076	0,556	
4,5	0,51		0,008	0,076	0,559	
5	0,557		0,007	0,073	0,558	
Signifikanzniveau in %:	99					
<b>Verfahrenskenngrößen</b>						
	Gerade				Polynom	
Ordinatenabschnitt:	0,0435	Ext.		Ordinatenabschnitt:	0,0074	Ext.
Steigung:	0,1057	Ext./ (mg/l)		Steigung X:	0,1418	Ext./ (mg/l)
Korrelationskoeffizient:	0,9967			Steigung X <sup>2</sup> :	-0,0066	Ext./ (mg/l) <sup>2</sup>
Bestimmtheitsmaß:	0,9934			Reststandardabweichung:	0,0040	Ext.
Reststandardabweichung:	0,0139	Ext.		Verfahrensstandardabw.:	0,0380	mg/l
Verfahrensstandardabw.:	0,1313	mg/l		relative Verfahrensstand.:	1,3833	%
relative Verfahrensstand.:	4,7750	%		Nachweisgrenze:	0,1313	mg/l
Nachweisgrenze:	0,4612	mg/l		Erfassungsgrenze:	0,2568	mg/l
Erfassungsgrenze:	0,9224	mg/l		Bestimmungsgrenze:	0,3978	mg/l
Bestimmungsgrenze:	1,4442	mg/l				
				Leerwert-Nachweisgrenze:	0,0691	mg/l
Varianzenhomogenität:	<b>Ja</b>			Leerw.-Erfassungsgrenze:	0,1383	mg/l
Linearität:	<b>Nein</b>			Leer.-Bestimmungsgrenze:	0,2074	mg/l
				Varianzenhomogenität		
				Leerwerte:	<b>Ja</b>	
Die Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenzen wurden für obiges Signifikanzniveau ermittelt.						
Bei Unterschieden in der Leerwert- und Kalibrationsmethode hat die Leerwertmethode Vorrang, sofern die						
Leerwerte symmetrisch streuen (weit genug von Null entfernt sind).						

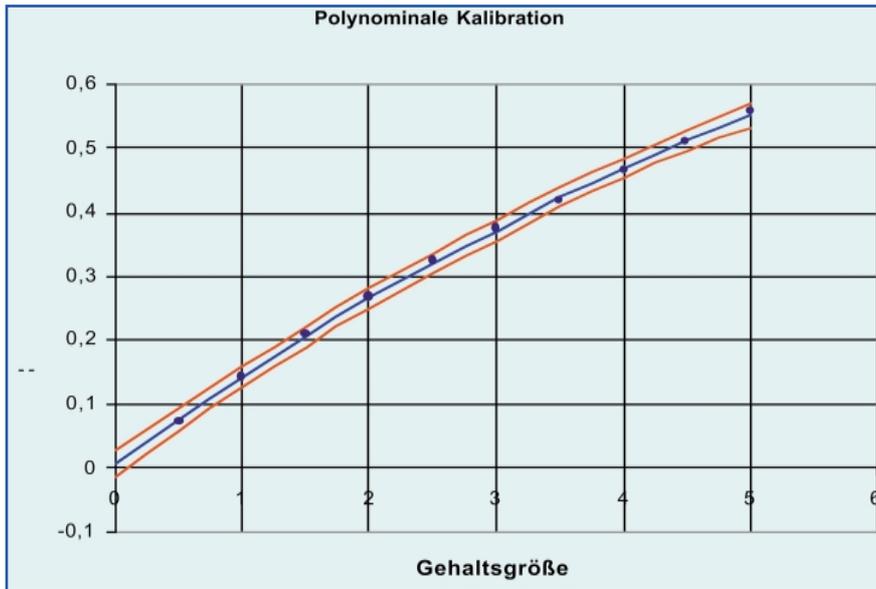
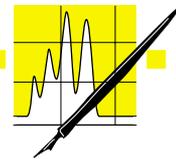


Abb. 4:  
Nicht lineare Kalibrationsfunktion mit Prognoseintervall für 99 % Signifikanz

Die Ausgleichsfunktion gehorcht der Gleichung:

$$\text{Extinktion} = 0,0074 + 0,1418 \cdot \text{Konzentration} - 0,0066 \cdot \text{Konzentration}^2$$

Im Gegensatz zum linearen Fall ist die Erfassungsgrenze weniger als doppelt so groß wie die Nachweisgrenze. Dies liegt an dem sich verschmälernden Prognoseintervall zu höheren Gehalten hin. Bei der Bestimmungsgrenze fällt dieser Effekt weniger stark aus, da der in die Rechnung eingehende Wert der t-Verteilung für die zweiseitige Fragestellung gilt und größer ist, als im Fall der Nachweis- und Erfassungsgrenze.

**Literatur**

- [1] Neitzel, V.: Die Kalibration von Analyseverfahren, Teil 1: Lineare Kalibrationsfunktionen. CLB 1 / 2002
- [2] DIN ISO 8466-2: Kalibrierung und Auswertung analytischer Verfahren und Beurteilung von Verfahrenskennwerten, September 2000
- [3] Funk, W., Dammann, V. und Donnevert, G.: Qualitätssicherung in der Analytischen Chemie. Weinheim: VCH 1992

**Kontakt:**

Dr. Volkmar Neitzel  
Ruhrverband  
Kronprinzenstr. 37, 45128 Essen  
Tel.: 0201/1782753  
E-Mail: vne@ruhrverband.de

**WIRTSCHAFTLICH sind:**

- Platzbedarf
- Installationsanforderungen
- Betriebskosten
- Aufwand bei Inbetriebnahme und Kalibrierung

**HERVORRAGEND sind:**

- Höchste Empfindlichkeit
- Höchste Analysengeschwindigkeit
- Höchste Genauigkeit
- Niedrigste Nachweisgrenzen

**Bruker AXS GmbH:**

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



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

**DAS  
NEUE  
4kW**

**MIT DEM NEUE  
4kW S4 PIONEER**

**find out  
what's inside**



# Fast zerstörungsfreie Analyse

Dr. Barbara Brauckmann, Department Chemie der ETH Zürich

Saphire gehören zu den kostbaren Edelsteinen, die auf dem Markt je nach Grösse, Gewicht, Klarheit, Farbe, Schliff und Einschlüssen grosse Preisunterschiede erzielen. Ebenso massgebend für ihren Wert sind die Fundorte der Steine, die nicht nur Auskunft über die Qualität, sondern auch über ihre Seltenheit geben. Da für Nachweise in diesem Zusammenhang Röntgenfluoreszenzspektrometrie und Mikroskopie bisher keine zufriedenstellenden Analysenergebnisse lieferten, wurde am Laboratorium für Anorganische Chemie der ETH Zürich nach aussagekräftigeren und trotzdem möglichst „zerstörungsfreien“ Methoden gesucht. Mit Hilfe der Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma Mass-Spectrometry (LA ICP MS) gelang es, die Elementzusammensetzung von Edelsteinen aus fünf Schürfmindern eindeutig und materialschonend zu analysieren. Schon 100 Nanogramm Material reichten aus, um sogenannte „Fingerprints“ für diese Saphirgruppen anzufertigen, die sich zum Eingrenzen verschiedener Abbauregionen als „Indikatormerkmale“ heranziehen lassen.



Auch heute noch gilt der Saphir als Stein der Herrscher und Könige. Die alten Griechen und Römer sahen in ihm den Stein der Weisheit und Erkenntnis. Hildegard von Bingen beschreibt ihn als Heilstein gegen Augenerkrankungen, Gicht und Schmerzen. Und der Doge von Venedig trug beispielsweise stets einen Saphir als Zeichen seiner Treue und Vermählung mit dem Meer bei sich.

Da das Ausgangsmaterial, der Korund (Aluminiumoxid  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), farblos ist, und erst zusätzliche Spurenelemente eine Färbung bewirken, finden sich bei diesem Mineral Farbtö-



Links: So wird ein roher Saphir in Schürfgeländen gefunden. Rechts: So sieht ein geschliffener Saphir aus, wie er als Schmuckstein verwendet wird. (Fotos: Beat Aeschlimann)

nungen von farblos über gelb, grün, violett, rosa bis zum klassischen Blau. Die Fachwelt hat sich darauf geeinigt, alle nicht rubinroten Korunde Saphir (saphirus: griech. = blau) zu nennen.

Steine von Spitzenqualität, die 1880 nach einem Bergsturz in 5000 Meter Höhe im Süden von Kaschmir gefunden und etwa acht Jahre intensiv abgebaut wurden, wiesen ein lebhaftes, gesättigtes Kornblumenblau auf. Ein Stern-Saphir entsteht übrigens durch Einlagerung feinsten Rutilnadeln in 60 Grad-Winkeln.

In natürlichen Saphiren lassen sich neben dem Hauptbestandteil Aluminiumoxid in Spuren auch die Elemente Beryllium, Silizium, Titan, Gallium, Vanadium, Chrom, Eisen, Kupfer und Zink nachweisen. Beispielsweise kommen in den nahezu farblosen Saphiren aus Montana ausser Si, Ti, Cr, Fe und Ga noch die Elemente Natrium, Magnesium, Kalium, Kalzium vor.

Edelsteine wie die Saphire lassen sich mit der Lupe, physikalischen Methoden und über die Härte näher charakterisieren.

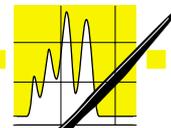
## ■ Schönheit durch regelmäßige Kristallgitter

Edelsteine werden seit Urzeiten von den Menschen wegen ihrer Schönheit geschätzt. Mit Ausnahme

der Steine aus organischen Verbindungen wie Korallen oder Perlen bestehen sie meist aus in der Erdkruste gebildeten Mineralien. Sie setzen sich aus chemischen Stoffen zusammen, deren Atome in Kristallgittern angeordnet sind.

Wenn Minerale ungehindert wachsen können, sind sie von ebenen Kristallflächen begrenzt. Die regelmässige äussere Form eines Kristalls ist Ausdruck einer gesetzmässigen Anordnung seiner Atome. Der Winkel zwischen zwei entsprechenden Flächen verschiedener Kristalle der gleichen Substanz ist konstant, weil die Atome, die den Kristall aufbauen, in definierter Weise angeordnet sind. Seit Beginn des 20. Jahrhunderts kann die innere Struktur eines Kristalls mit Hilfe der Röntgenstrukturanalyse exakt bestimmt werden.

Zwischen dem atomaren Bau eines Minerals und dessen physikalischen Eigenschaften besteht in vielen Fällen ein enger Zusammenhang. Daher können diese ebenfalls als Hilfsmittel zur Erkennung dienen. Die Dichte als Masse je Volumeneinheit hängt u. a. von der Art der Atome im Kristall und ihrer Packungsdichte ab. Je schwerer und dichter die Atome gepackt sind, desto höher ist die Dichte auch bei Edelsteinen.



Die Art, in der das Licht im Kristall reflektiert und gebrochen wird, bedingt Farbe und Feuer eines Edelsteines. Dies bringen Schleifer und Polierer zum Vorschein, wenn sie die als rauhe Rollsteine oder verunreinigte Kristalle gefundenen Steine bearbeiten.

Die optischen Eigenschaften des Kristalls sind durch die Wechselwirkung des Lichtes mit dem Kristallgitter bedingt. Der Glanz ist vor allem eine Eigenschaft der Oberfläche und unabhängig von der Farbe. Letztere entsteht durch die teilweise Absorption des weissen Lichts.

Manche Minerale reagieren magnetisch, elektrisch oder radioaktiv. Ausser der Härte sind Bruch und Spaltbarkeit weitere Eigenschaften. Imitationen von Edelsteinen aus Glas lassen sich meist an ihrem muscheligen Bruch erkennen.

Um aber die Zusammensetzung von Edelsteinproben ohne Zerstörung des Materials genauer zu ermitteln, wurde bis vor wenigen Jahren vorrangig die Röntgenfluoreszenz eingesetzt. Aufgrund der beschränkten Nachweisgrenze für die ohnehin meist nur in geringen Spuren auftretenden „leichten“ Elementen beispielsweise Lithium, Beryllium oder Bor lassen sich die Ergebnisse dieser Methode

jedoch nur eingeschränkt verwenden.

Daher wurde allmählich auch auf „materialverbrauchende“ („zerstörende“) Analysenmethoden zurückgegriffen und schliesslich auf die LA-ICP-MS (Laser Ablation -Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) ausgewichen. Diese wird mit wachsendem Erfolg zur Bestimmung von Spurenelement-Konzentrationen in Festkörpern wie Quarz, Gläsern, Metallen und anderen Materialien verwendet. Mittlerweile dient sie auch zur Untersuchung an Edelsteinen.

### ■ Im Zentrum der Messungen steht der Laserstrahl

Laser produzieren kontinuierliches oder gepulstes monochromatisches und kohärentes Licht (Lichtbündel gleicher Wellenlänge und Schwingungsart). Die ausgesandte Wellenlänge ist dabei charakteristisch für das verwendete Lasermedium, und reicht vom infraroten des elektromagnetischen Spektrums durch den gesamten sichtbaren bis in den ultravioletten Bereich.

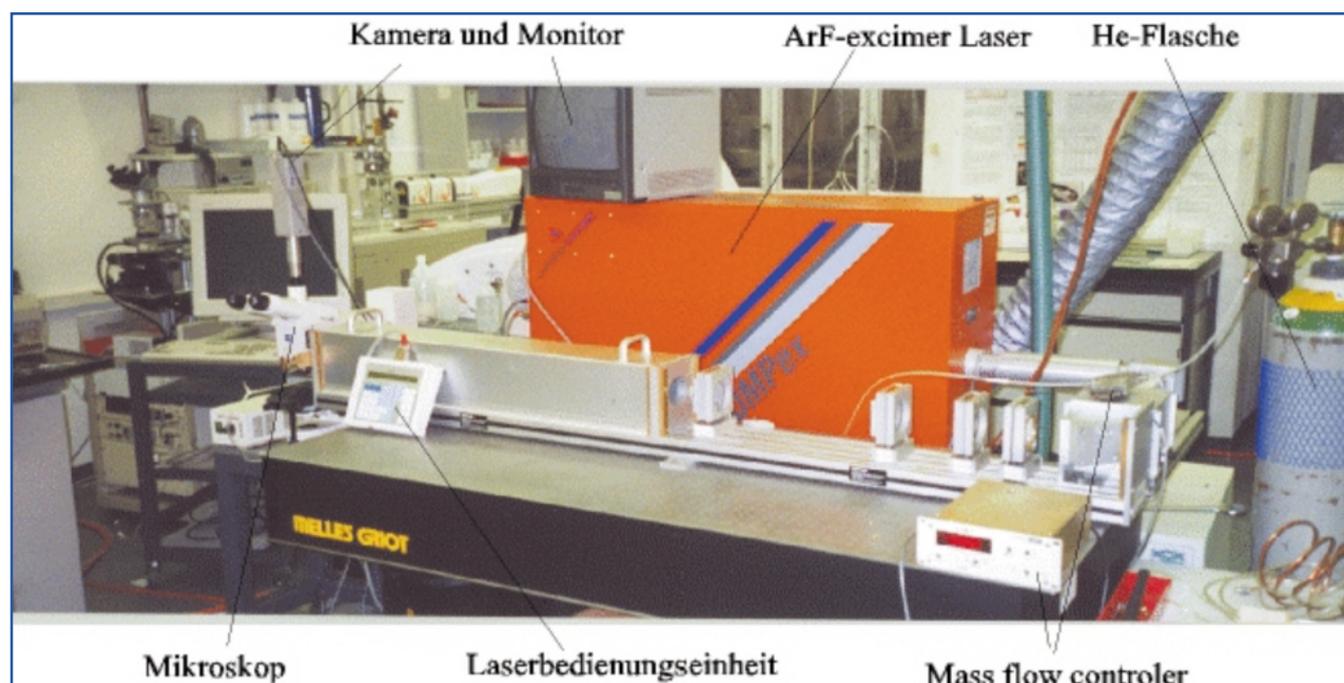
Als etwa 1960 über den Bau eines ersten Rubinlasers berichtet wurde, fehlte es noch an spektakulären Anwendungsideen für die teure Apparatur. Lange blieb es daher beim Schneiden, Bohren und Schweiessen. Das än-

derte sich 1965 mit der Demonstration einer „Farbenlöschung“, bei der der Laserstrahl Tinte von einem beschriebenen Papier entfernte. In den späten 80ziger Jahren kamen Laser-Ablationsmethoden in der Augenheilkunde, zur Entfernung von Muttermalen oder Tattoos und in der Operation von Blutgefässen zum Einsatz.

Nachdem erkannt wurde, dass die aus der Oberfläche von Festkörpern angeregten Elemente zur Emission führen, wurde 1978 ein erstes Laser-Massen-Spektrometer zur Elementanalyse gebaut.

Durch die gute Fokussierbarkeit und die kurzen Pulse des Laserlichtes wird eine hohe Energiedichte erreicht. Tritt der Strahl mit der Oberfläche eines Materials in Wechselwirkung, findet je nach Materialeigenschaft, Wellenlänge und Pulsgrösse eine Materialentfernung statt, die sogenannte Laser-Ablation (ablatio, latein.: Ab/wegtragen).

Mit diesem Laserablations-System wurden verschiedenartige Festkörper analysiert und die Bestimmung der Spurenelementkonzentrationen in Saphiren durchgeführt. (Bild: Marcel Guillong)



Wegen der Ablösung des Materials blieben jedoch vielfach sichtbare Krater mit einem Durchmesser von 50 bis 300 Mikrometern und einer Tiefe von mehreren Mikrometern in den Edelsteinen zurück.

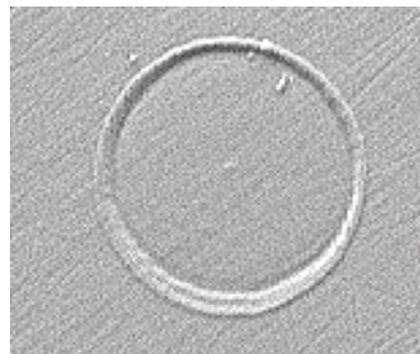
Durch Einsatz von Gaslasern (Excimer ArF, 193 nm) und der damit verbesserten Absorption des Lasers auf der Probenoberfläche sowie durch den Einbau verschiedener optischer Hilfsmittel zur Homogenisierung der Energieverteilung konnten am Laboratorium für Anorganische Chemie der ETH Zürich Strahlenqualität und Wechselwirkung zwischen Laserstrahl und Proben derart optimiert werden, dass von nun an ein „quasi“-zerstörungsfreier Probenabtrag möglich ist.

### ■ Optimierung der LA-ICP-MS-Methode

Die LA-ICP-MS (Laser ablation - inductively coupled plasma - mass spectrometry) gehört zu den Tandemtechniken, bei denen die Laserablation als Probenahmeinheit, das ICP als Anregungsquelle und das Massenspektrometer als Analysator fungiert. Das induktiv gekoppelte Plasma beim

ICP wird mittels Induktionsspule mit Hochfrequenz versorgt, wobei eine elektrodlose Entladung das Argongas ionisiert und ein Plasma erzeugt. Über das Trägergas im Zentrum wird die Probe (meist in zerstäubter Form) dem Plasma zugeführt, atomisiert und ionisiert. Die Ionen werden nach Masse/Ladungsverhältnis im elektromagnetischen Schwingungen aussendenden Quadrupol aufgetrennt und mit Hilfe eines Sekundärelektronenvervielfachers nachgewiesen.

Der energiereiche Laserstrahl wird auf der Oberfläche der in der Ablationskammer befindlichen Probe abgebildet. Dabei wird das Probenmaterial verdampft und als Aerosol über ein Trägergas wie Argon oder Helium in das ICP (induktiv gekoppeltes Plasma) transportiert. Dort wird die meist in Partikelform transportierte Probe angeregt, atomisiert und ionisiert. Die Ionen werden in ein Vakuumssystem eingesaugt, mit einem Ionenliniensystem fokussiert und dann mittels eines Quadrupolmassenfilters aufgrund unterschiedlicher Masse pro Ladung auf einem Sekundärelektronenvervielfacher detektiert. Die wichtigen Parameter wie Empfindlichkeit, Reprodu-



Elektronenmikroskopische Aufnahme eines Kraters im Saphir. Dieser entstand durch drei Laserimpulse und weist einen Durchmesser von 60 µm und eine Tiefe von weniger als 0,2 µm auf. (Bild: Eric Reusser)

zierbarkeit, Richtigkeit und die Nachweisgrenzen sind maßgeblich verknüpft mit der abgetragenen und ins Plasma eingebrachten Probenmenge.

Bisher wurden Edelstein-Proben durch den Laser wesentlich zerstört. Das lag einerseits an den verwendeten, zu unempfindlichen Detektionssystemen, andererseits an Probenverlusten der Ablationskammer und an der schlechten Fokussierbarkeit der eingesetzten Laser. An der ETHZ konnte mit Helium als Trägergas die

## Edle Steine laden zur Fälschung ein

Korund selbst kommt recht häufig vor, seine Existenz als Stein mit Edelsteinqualität ist allerdings eher selten. Damit ein solcher entsteht, reicht es jedoch nicht aus, dass Aluminium und Sauerstoff zusammentreffen. Weitere physikalische Faktoren wie Druck, Temperatur und die farbgebenden Elemente am Entstehungsort spielen eine Rolle. Der am stärksten hemmende Faktor ist das in der Erdkruste überall anwesende Silizium, welches meist als Quarz oder Aluminiumsilikat vorliegt. Wo sowohl Aluminium als auch Silizium zusammentreffen, wird sich kein reiner Korund bilden, sondern eines von zahlreichen Al-Si-Mineralien wie beispielsweise Schmirgel.

Daher wurde schon immer versucht, möglichst gute Fälschungen in Umlauf zu bringen:

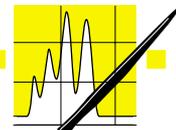
Saphire sind oft nur teilweise farbig, ein Teil möglicherweise blau, der andere farblos. Manche Edelsteinschleifer bearbeiten Steine so, dass der transparente Teil oben, der blaue eher unten liegt. Auf diese Weise sieht es von oben aus, als sei der gesamte Stein blau gefärbt.

Vielfach wird Korund mit Hilfe von Spinell, Granat und Glas gefälscht. Beispielsweise wird der Saphir durch eine Dublette aus einem blauen Glasunterteil mit Granatauflage nachgeahmt.

Zur Erzielung einer intensiveren Farbe und damit eines höheren Preises werden Saphire auch durch Hitze oder Element-Eindiffusion behandelt.

1902 gelang es erstmals, synthetische Steine im Labor zu produzieren. Die Herstellungsverfahren wurden seitdem kontinuierlich verfeinert. Heute sind die meisten synthetisch hergestellten Edelsteine künstliche Korunde (Rubine und Saphire). Dazu werden vereinfacht dargestellt, sehr reine Tonerde-Pulver der gleichen chemischen Zusammensetzung wie ihre natürlichen Vorbilder mit entsprechenden Farbzusätzen unter Sauerstoffzufuhr auf Temperaturen bis zu 2000° C erhitzt. Das Pulver gleitet in einem hitzebeständigen Ofen nach unten und schmilzt, sobald es dort bei einer Elektrode ankommt. An dieser bildet es eine langsam wachsende birnenförmige kristalline Masse, die nach Abkühlung geschliffen werden kann.

Die typischen Merkmale des synthetischen Korunds werden unter dem Mikroskop sichtbar. Er unterscheidet sich vom natürlichen beispielsweise dadurch, dass er gekrümmte statt gerader Wachstumslinien sowie Einschlüsse kleiner Bläschen hat.



Ausbeute an ablatiertem Material, das ins ICP-MS transportiert wird, um einen Faktor 2-3 gesteigert werden. Durch Einsatz von UV-Lasern und der damit verbesserten Absorption des Lasers auf der Probenoberfläche bei Wellenlängen von 266 nm und 193 nm sowie den Einbau verschiedener optischer Hilfsmittel (Spiegel, Prismen, Linsen und Blenden) zur Homogenisierung der Energieverteilung liessen sich innerhalb des Laserstrahlprofils Strahlenqualität und Wechselwirkung zwischen Laserstrahl und Proben zu einem homogenen Probenabtrag optimieren. Mit der LA ICP MS gelang auf diese Weise ein „quasi“-zerstörungsfreier Probenabtrag von etwa 60 nm/Laserpuls.

### ■ „Fingerabdrücke“ weisen Echtheit nach

Da sich Korunde relativ einfach synthetisch herstellen lassen, spielt auch der eindeutige Nachweis der Herkunft eine grosse Rolle. (s. Kästen)

Die ältesten Saphir-Vorkommen werden aus Sri-Lanka berichtet, wo schon im Altertum nach Edelsteinen gegraben wurde. Vor allem im Südwesten im Gebiet um Ratnapura wird nach wie vor Abbau betrieben. Saphir findet sich zudem in Kambodscha, Myanmar und vor allem in Thailand als Ablagerung ehemaliger Flüsse und Bäche. Ebenso zählt Australien zu den Produzenten, aber auch die afrikanischen Länder Tansania und Malawi.

Mit Untersuchungen an 25 Saphiren, über deren unterschiedliche Lagerstätten hier nicht berichtet wird, konnte am Laboratorium für Anorganische Chemie der ETHZ gezeigt werden, dass mit der LA-ICP-MS eine Klassifikation und eindeutige Zuordnung der einzelnen Saphire in Herkunftsgruppen möglich ist. Auf diese Weise lässt sich nachweisen, welche Elemente in Saphiren als Verunreinigungen oder Spurenelemente vorkommen und welche massgeblich zur Unterscheidbarkeit der Saphir-Gruppen beitragen. Ausserdem steht nun fest, welche Probemenge zur Analyse von Haupt-, Neben- und Spurenelementen benötigt wird.

Als weitere Möglichkeit zur Charakterisierung der Saphire dienen Ele-

mentkorrelationen, die als „Dreiecksdiagramme“ dargestellt werden können. Sie sind ein wichtiges Hilfsmittel zur Beschreibung mehrdimensionaler Zusammenhänge der relativen prozentualen Anteile von drei Komponenten (X,Y,Z). Dabei werden die verschiedenen Elemente als Streuungen in einem Bereich wiedergegeben. Je kompakter dieser gefundene Bereich ist, desto eindeutiger ist die Korrelation der betrachteten Parameter. Weitere Analysen unbekannter Proben können dann anhand ihrer Elementmuster und ihrer Einordnung in einem solchen Dreiecksdiagramm entsprechenden Fundorten zugeordnet werden.

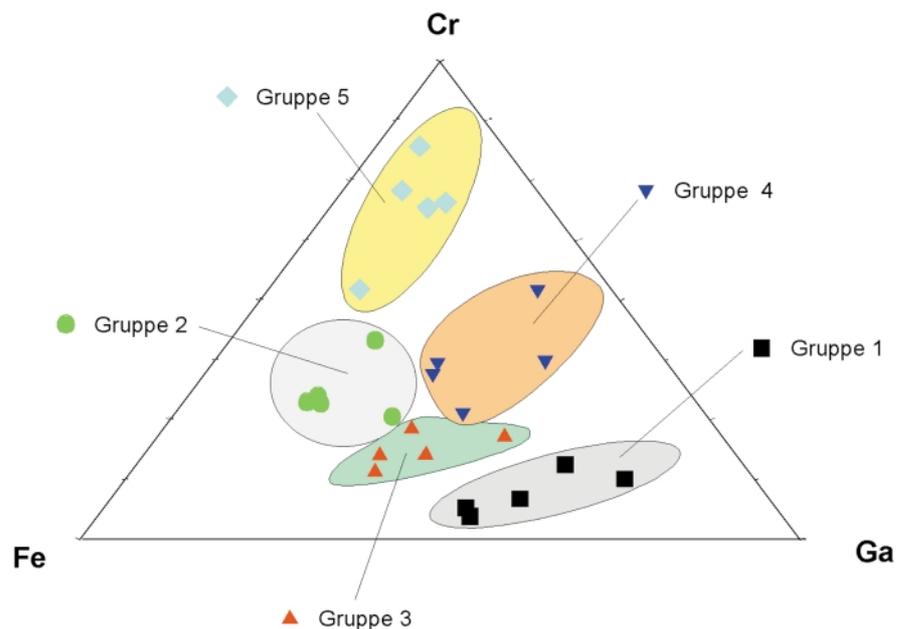
#### Literatur:

- [1] Marcel Guillong: „Die Herkunftsbestimmung von Saphiren durch Messung von Spurenelementkonzentrationen mittels Laser Ablation-ICP-Massenspektrometrie“, Diplomarbeit, ETH Zürich, 2000
- [2] Marcel Guillong, Detlef Günther: „Quasi 'non-destructive' laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry (LA-ICP-MS) fingerprinting of sapphires“, Spectrochimica Acta Part B, 56, 2001, 1219-1231
- [3] D. Günther, C.A. Heinrich: „Comparison of the ablation behavior of 266 nm Nd: YAG and 193 nm ArF excimer lasers for LA-ICP-MS analysis“, Journal of Analytical Atomic Spectrometry, 1999, Vol 14, S.1369-1374

#### Kontakt:

Marcel Guillong und Prof. Detlef Günther  
Laboratorium für Anorganische Chemie  
Department Chemie ETH Zürich  
ETH Hönggerberg, CH-8093 Zürich  
E-Mail: guillong@inorg.chem.ethz.ch  
guenther@inorg.chem.ethz.ch  
Tel.: +41-1632/4687; Fax: +41-1632/1090

Beispiel eines Dreiecksdiagramms mit den Komponenten Eisen, Gallium und Chrom. Jeder Punkt entspricht einer einzelnen Gesteinsprobe, jede Farbe einem Abbaugebiet. (Abb.: Marcel Guillong)



# Maritime Harmonie

Prof. Dr. Wolfgang Hasenpusch, Hanau

Seit Jahrtausenden streben die Menschen in Architektur und Kunst harmonische Verhältnisse in ihren Proportionen an. Der Mathematiker Heron aus Alexandrien zeigte bereits ein Jahrhundert vor Christi Geburt, daß diese harmonischen Verhältnisse, die im Goldenen Schnitt ihre Perfektion finden, auch einfachen mathematischen Formeln folgen.



Die Natur, die seit Millionen von Jahren in ihrer Evolution den Weg der optimierenden Anpassung verfolgt, hat auch die Harmonie der Formen optimiert. Und nirgends öfters als in den Weltmeeren, dort wo der Auftrieb die Schwerkraft der Erde kompensiert, sind die Proportionen des Goldenen Schnitts bei den Lebewesen anzutreffen. Seesterne, Seeigel, Muscheln und Nautilus (Perlboot) sind nur wenige Beispiele aus der unendlichen Fülle der Unterwasserwelt.

## Der Goldene Schnitt

Über die Konstruktion des Goldenen Schnitts wurde bereits vor kurzem berichtet [1].

Eine der gebräuchlichsten Konstruktionen geht von dem einbeschriebenen rechtwinkligen Dreieck in die Hälfte eines Quadrates aus: Nach Abtrag der halben Quadratseite auf der Dreieckshypotenuse und gezirkelter Rückprojektion auf die Dreiecksbasis, erhalten wir eine Aufteilung nach dem Verhältnis des Goldenen Schnitts (Abb.1):

$$\begin{aligned} a/b &= 1,618 \text{ oder} \\ b/a &= 0,618 \text{ oder} \\ (a+b)/a &= 0,618 \end{aligned}$$

Mathematisch ist der Goldene Schnitt mit der sehr einfachen Gleichung  $a^2 + a = 1$  gegeben, wobei  $a = 0,618$  oder ganz exakt:  $a = 1/2 (\sqrt{5} - 1)$  ist.

Weitere Konstruktionsmöglichkeiten für das Goldene Verhältnis zwi-



Abb 1: Bekannteste Konstruktion des Goldenen Schnitts

schen  $a$  und  $b$  werden über ein Dreieck beschrieben, das in ein Quadrat eingepaßt ist. Wird diesem Dreieck wiederum ein Kreis mit dem Radius  $r$  einbeschrieben, so teilt er die Dreieckshöhe, deren Länge mit der Quadratseite identisch ist, in die Relation des Goldenen Schnitts (Abb. 2):

$$2r / (a + b) = 0,618$$

Schließlich sei noch auf die Herzmethode hingewiesen, mit der das Goldene Verhältnis der allgemein anerkannten maximalen Harmonie zugänglich ist. Bei der symmetrischen Konstruktion aus zwei Kreisen und zwei Tangenten

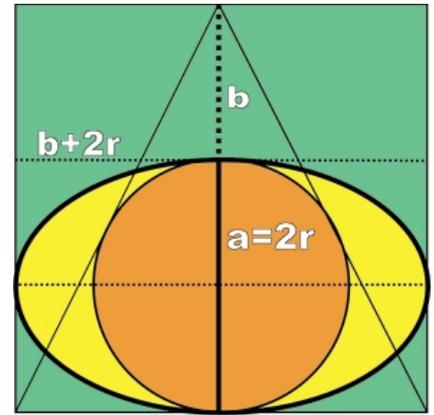


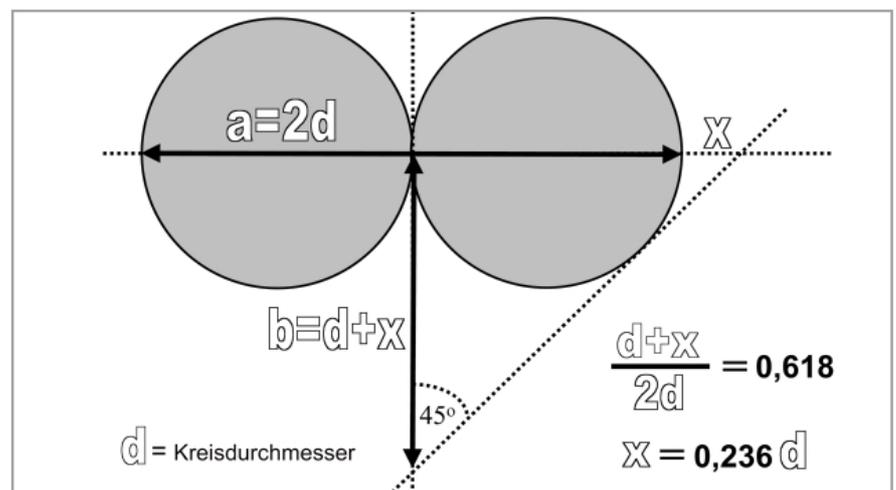
Abb 2: Ellipse im Durchmesser-Verhältnis des Goldenen Schnitts nach Heron (100 v. Chr.)

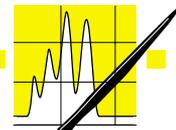
entsteht die Form eines Herzens. Dem Autor kam die Idee für diese konstruktive Herleitung des Goldenen Schnitts, als er beim Halt an der Ampel auf der Heckscheibe des vorderen Fahrzeugs einen Aufkleber „Ein Herz für Kinder“ sah (Abb. 3):

Wird an die Gerade, die durch einen Kreismittelpunkt verläuft, im Winkel von 45 Grad eine Tangente an den Kreis gelegt, entspricht das Verhältnis aus dem so um  $x$  verlängerten Kreisdurchmesser  $d$  und dem doppelten Durchmesser der Relation des Goldenen Schnitts:

$$(d + x) / 2d = 0,618$$

Abb 3: Herzmethode zum Goldenen Schnitt





In idealer Weise verkörpert sich der Goldene Schnitt im regulären Fünfeck: Die Diagonalen schneiden sich in diesen harmonischen Verhältnissen.

Bereits Euklid beschäftigte sich 300 v. Chr. sehr intensiv mit der Geometrie des Pentagramms [2]. Dieser fünfzähligen Symmetrie folgen beispielsweise auch die Seesterne.

### ■ Der Goldene Schnitt bei den Seesternen

Seesterne zählen zur Klasse der Stachelhäuter. Sie besitzen einen zentralen Körper mit meist fünf Armen. Nur wenige Arten haben mehr. Die Länge der fünf Arme entspricht in vielen Fällen der längeren Seite des Goldenen Schnitts bezogen auf den Radius des Zentralkörpers (Abb. 4).

Beim Kissenseestern, analog dem Sanddollar, liegt eine reguläre fünf-eckige Körperform vor. Dagegen befinden sich beim Sonnenstern deutlich mehr als fünf Arme am Zentralkörper. An der Relation ändert sich in der Regel aber nichts: Auch bei den Sonnensternen verhalten sich die Ausmaße der Zentralkörper im Verhältnis zu den Armlängen wie  $0,618 : 1$  bzw.  $1 : 1,618$ .

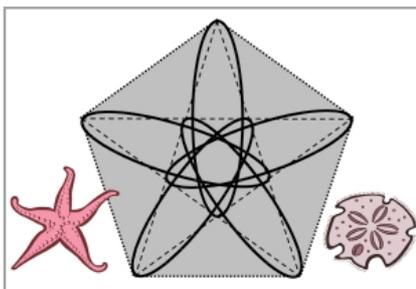


Abb 4: Seestern aus dem Pentagramm

### ■ Goldene Proportionen am Seeigel

Seeigel sind als klassische Vertreter der Stachelhäuter enge Verwandte der Seesterne. Besonders an der Kalkschale ihrer Körper und ihrer Färbung ist die fünfzählige Symmetrie erkennbar. Beim Anblick des lebenden Tieres bleibt sie uns verborgen. Der Kauapparat, die sogenannte „Lanterne des Aristoteles“ ist ebenfalls in fünfzähliger Symmetrie aufgebaut. Am lebenden Tier ist diese Symmetrie auf der Unterseite an den Zähnen erkennbar.

Beim Vermessen der Kalkschalenkörper von Seeigeln der verschiedensten Art ist im Höhen-Seiten-Verhältnis eine weitgehende Übereinstimmung mit dem Goldenen Schnitt noch nicht erkennbar. Vielmehr stellt sich ein Verhältnis von etwa  $1 : 2$  heraus. Beschreibt man jedoch drei Kreise, einen größeren und zwei kleinere, in das Profil einer Seeigelschale, so weisen die Radien in guter Übereinstimmung die Relationen des Goldenen Schnitts auf (Abb. 5).

Auf der Unterseite von Seeigelschalen bildet die Öffnung ein reguläres Fünfeck. Wie beim Seestern verhält sich das Ausmaß, die Breite dieser Öffnung zur Abmessung des Lochrandes bis zur Außenwand wieder passend zu dem Verhältnis  $b : a$  des Goldenen Schnitts.

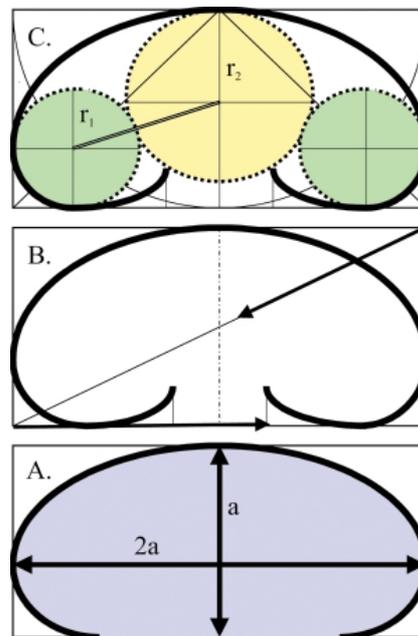


Abb 5: Profil des Seeigels:  
A. Höhen-Breiten-Verhältnis von 1:2  
B. Anwendung der Goldenen-Schnitt-Konstruktion nach Heron  
C. Kreise mit „Goldenem Radien-Verhältnis“

### ■ Goldene Proportionen an Meeresschnecken

Schnecken haben, ebenso wie die Muscheln, die unterschiedlichsten Formen und Farben. Muscheln wachsen aber bis auf wenige Ausnahmen nicht frei im Wasser, sondern auf nahezu allen festen Untergütern: auf Holz, Stahl, Granit, Kalk, ...

Schnecken, wie das Tritonshorn und die Rosenmundschnecke zählen zu den Bauchfüßlern, eine Klasse der Weichtiere. Zur Fortbewegung dient ein Kriechfuß, der nur nachts die Sicherheit der festen Behausung verläßt. Ihr Eingeweidesack ist mit einem Mantel versehen, der das meist spiralförmige Kalkgehäuse abschließt. In dieser Spiralstruktur sind, sicherlich auch aus Stabilitätsgründen, wieder die Proportionen des Goldenen Schnitts zu entdecken.

Schnecken, wie die Porzellanschnecken, die ihren Mantel um das Schneckengehäuse ausbreiten, passen sich annähernd in das Oval, das sich aus dem Verhältnis des Goldenen Schnitts bildet:  $0,618 : 1$ . Beispiele

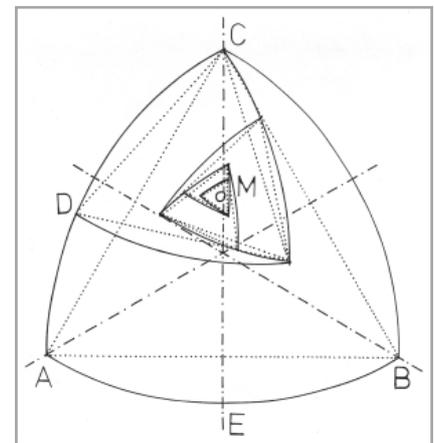


Abb 6: „Goldene Schnecken-Konstruktion“ an einer Rosenmundschnecke

dafür sind die Kauri-Schnecken und die Flamingozungen.

Besonders interessant ist das Auffinden der Goldenen Proportion an der gewendelten Seite einer großen Rosenmundschnecke. Sie hat etwa die ausgebauchte Dreiecksform eines Kreiskolbens vom Wankelmotor. Die Schneckenform an der Oberseite des Kalkkörpers verläuft äußerst regelmäßig. An einer Graphik ist das Struktur-Prinzip besser zu verdeutlichen als auf einer Fotografie (Abb. 6).

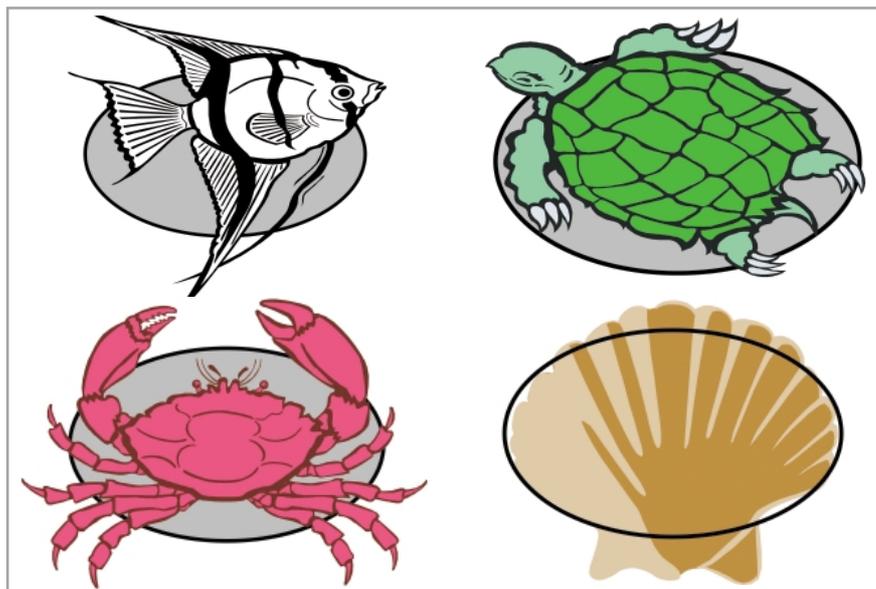
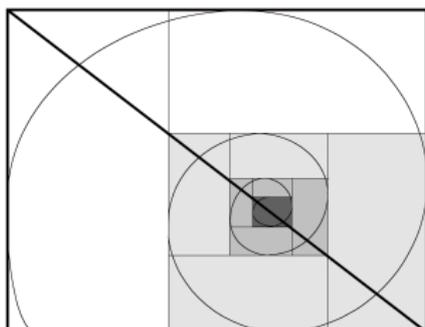
Die gleichseitigen, konvex gerundeten Dreiecke werden zum Zentrum hin mit Kantenlängen, die jeweils den Goldenen-Schnitt-Proportionen entsprechen, stetig kleiner. Die Strecken CD und CA stehen in dem harmonischen Verhältnis von  $0,618 : 1$  bzw.  $1 : 1,618$ . Dabei schmiegt sich nächstkleinere Dreieck immer im Uhrzeigersinn an die nächstfolgende Ecke: das erste Dreieck in C, das zweite in B, das dritte in A, usw. Das Wachstum erfolgt natürlich in umgekehrter Weise entgegen dem Uhrzeigersinn. Das Zentrum der Schnecke liegt auch nicht im Mittelpunkt der Dreiecksobenseite. Das Schneckenzentrum teilt die Dreieckshöhe CE der gesamten Oberseite im Verhältnis  $0,618 : 1$ .

### Der Goldene Schnitt und die Nautilus

Die Nautilus zählt mit Krake, Kalamar und Sepia zu den vier Weichtierarten der Kopffüßer. Sie ist ausschließlich im Bereich der mikronesischen Palau-Inseln beheimatet. Im Gegensatz zu ihren Artgenossen schützt sich die Nautilus, auch Perlboot genannt, mit einem gewendelten Perlmutter-Gehäuse. Der Körper sitzt in der fordersten Kammer. Die folgenden Kammern sind von einem Hautrohr-Diaphragma (Sipho) durchzogen, durch das Wasser in die Luftkammern zwecks Tarierung gelangt. Der Nautilus ist der einzige noch lebende Vertreter einer vorzeitlichen Gruppe der Kopffüßer, der Ammoniten.

Die Nautilus-Gehäuseschnecke baut sich, wie man seit längerem weiß, nach dem Verhältnis des Goldenen Schnitts auf: Die Grundform stellt bei dem Nautilus das Rechteck dar. Es hat beispielsweise, wie vermessen, das Seitenverhältnis  $0,778 : 1$ .

**Abb 7:**  
Konstruktion einer Nautilus-Schnecke nach dem Goldenen Schnitt



**Abb 8:**  
Weitere Beispiele „Goldener Ellipsen-Körper“: Fische, Wasserschildkröte, Krebs und Muschel

Teilt man jedoch die längere Rechteckseite im Verhältnis des Goldenen Schnitts und zeichnet in diesem Punkt die Senkrechte, erhält man die Basis für eine erneute harmonische Teilung. Fortgesetzt führt das zu kleiner werdenden, wendeltreppenartig angeordneten harmonischen Rechtecken, in die sich die Nautilusschnecke einbeschreiben lässt (Abb. 7).

Betrachtet man auch noch die Diagonale des seitlichen Rechtecks, in das der gesamte Nautilus-Schalenkörper paßt, so teilt das „Auge“, das Zentrum der Schnecke, diese nach dem Goldenen Schnitt.

### Weitere Beispiele

Die Formenvielfalt im Meer läßt nicht immer direkt die Goldenen Relationen an den Körpern der Tiere erkennen. Allein die Seitenprofile der Fische lassen mannigfaltige Länge-Breite-Relationen erkennen. An einigen Meeresbewohnern wird aber deutlich, daß das Goldene Oval im Durchmesser-Verhältnis von  $1 : 1,618$  Pate gestanden hat. Dazu zählen auch Wimpelfische, Kaiserfische, einige Barscharten, Falter- und Lippfische, Doktorfische und Drücker, Koffer- und Kugelfische u. a.

Aber auch die Panzer der Suppen- und Karettschildkröten passen sich gut in dieses Oval des Goldenen Schnitts, wie die gepanzerten Körper der Krebse, oder auch eine Vielzahl von Muschelschalenkörpern.

### Schlussfolgerung

Der Goldene Schnitt spielt bei der Optimierung konstruktiver Merkmale in der Natur eine bedeutende Rolle. In der unendlichen Vielfalt der Meereslebewesen ist eine Fülle passender Beispiele für das harmonische Verhältnis zu finden. Nicht die Harmonie der Form aus ästhetischer Sicht allein kann die dirigierende Kraft für die Wahl der Goldenen Proportion sein. Thermodynamische Grundsätze und das in der Naturwissenschaft allgemeingültige Prinzip des kleinsten Zwanges werden auch hier aus der Vielzahl der gleichzeitig einwirkenden Kraft- und -Stoffvariablen den optimal funktionalen Parameter-Mix auswählen.

„Die Gestalt eines Lebewesens hat ihren Ursprung im Wechselspiel von Gesetz und Zufall.“ Schreibt der Göttinger Nobelpreisträger Prof. Manfred Eigen [3]. Für Molekularbiologen stellen sich heute zielgerichtete Reproduktionen als ein größeres Wunder dar als gelegentliche Fehler beim Ablesen des genetischen Codes. Die „Göttliche Proportion“ im Körperbau vieler Lebewesen spricht für das Prinzip der Ordnung in der Natur und eine mehr oder weniger zielgerichtete Evolution.

### Literatur:

- [1] Hasenpusch, W., „Der Goldene Schnitt – Bionikformel der Harmonie“, CLB 10 (2001) 369
- [2] Hagenmaier, O., „Der Goldene Schnitt“, Augustus, Augsburg (1990)
- [3] Eigen, M. und R. Winkler, „Das Spiel – Naturgesetze steuern den Zufall“, Piper, München (1975)

# Ein Baum hilft heilen

Dr. Röbbé Wünschiers

Ende der fünfziger Jahre wurde der Sudan von einer Heuschreckenplage unvorstellbaren Ausmaßes heimgesucht. Wie ein fliegender Teppich bedeckten die gefräßigen Wüstenheuschrecken die Landschaft und fraßen dabei alles pflanzliche restlos weg. Felder wurden zu Wüsten, aus grün wurde gelb. Nur ein Baum trotzte der Plage: *Azadirachta indica*, der Niembaum. Professor Heinrich Schmutterer von der Universität Gießen wurde seinerzeit Augenzeuge der Heuschreckenplage und erkannte sofort den Nutzen des Niembaums. Damit begannen die wissenschaftlichen Untersuchungen zu den wirkenden Inhaltsstoffen des Niembaums, die ihn vor Heuschrecken schützen. Den Einheimischen ist der Baum schon lange heilig und er wird in Indien bereits seit Jahrtausenden zur Schädlingsbekämpfung und als Medizin eingesetzt.

Die ersten Hinweise auf die Verwendung des Niembaums (*Azadirachta indica*) reichen 4.500 Jahre zurück [1]. Bei Ausgrabungen in Harappa und Mohenjo-Daro, zwei heiligen Orten im Nordwesten und Westen Indiens, fand man zahlreiche medizinische Utensilien. Darunter befanden sich auch Niemblätter, die in speziellen Gefäßen aufbewahrt wurden und offensichtlich bei verschiedenen Heilverfahren Verwendung fanden.

Die ältesten schriftlichen Überlieferungen wurden in den indischen Büchern Charaka-Samhita (etwa 500 v. Chr.) und Sursuta Samhita (etwa 300 n. Chr.) gefunden [1]. Diese Dokumente bilden die Wiege des indischen Naturheilverfahrens, des Ayurveda. In über 100 Einträgen wird die Verwendung von Niem gegen eine Reihe von Erkrankungen beschrieben. Außerdem finden sich hier die ersten Hinweise

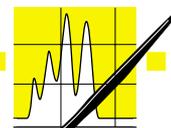


Abb. 1:  
Ein Niembaum (*Azadirachta indica*) in Indien

darauf, dass zu Bohnen und anderen Lebensmitteln beigemengte Niemblätter oder Niemöl deren Anfälligkeit gegenüber Insektenbefall reduzieren. Auf seine medizinische Verwendung geht auch der Name des Niembaums zurück. Im Sanskrit, dem Ursprung aller indoeuropäischen Sprachen, bedeutet das Wort Niem übersetzt „der Heilspender und Krankheitserleichter“.

## Der Niembaum

Der Ursprungsort des Niembaums ist Indien und Burma [2]. Er ist ein tropischer immergrüner Baum, wird in wenigen Jahren bis zu 30 Meter hoch und entwickelt eine bis zu 20 Meter ausladende Krone (Abb. 1). Zudem ist der Niembaum recht anspruchslos und widerstandsfähig und kann ein Alter von bis zu 200 Jahren erreichen. Er übersteht ohne Probleme Temperaturen von 50°C, wächst bis in einer Höhe von 1000 Metern und gedeiht auch auf kargen, sandigen Böden. Mit seinen Pfahlwurzeln dringt er tief in den Boden ein



AUFSÄTZE



Abb. 2:  
Blätter, Blüten und junge Früchte des Niembaums

und gelangt so bis zum Grundwasser. Die Früchte des Niembaums sind grünlich-gelb und gleichen in ihrer Form und Größe Oliven (Abb. 2). Außer durch seine Samen, die nur etwa 14 Tage keimfähig sind, vermehrt sich der Baum durch Wurzelschösslinge.

Es gibt weltweit eine Reihe genetisch verschiedener Varietäten des Niembaums [3]. Äußerlich nicht voneinander zu unterscheiden, schlägt sich der genetische Unterschied dafür umso stärker in der Zusammensetzung der Inhaltsstoffe nieder. Infolgedessen eignen sich einige Varietäten besser für medizinische Anwendungen, andere hingegen sind aufgrund ihrer Wirkstoffzusammensetzung besser für den Pflanzenschutz geeignet.

## Historischer Rückblick

Bis Mitte des vorigen Jahrhunderts wurden in Europa und Amerika fast ausschließlich einheimische Pflanzen für die Zubereitung von gebräuchlichen Medikamenten und Pflanzenschutzmitteln verwendet [4]. Obwohl, besonders nach der Entdeckung des Seeweges nach Ostindien durch Vasco da Gama im Jahre 1497, ein reger Handel mit dem indischen Kontinent herrschte, kam es zu dieser Zeit zu keinem nennenswerten „wissenschaftlichen“ Aus-

tausch. Mit den Fortschritten der organischen Chemie in der Mitte des 19. Jahrhunderts rückte die Extraktion von Pflanzeninhaltsstoffen für medizinische und agrarische Zwecke immer mehr in den Vordergrund. Dieser Trend änderte sich erst in der Mitte unseres Jahrhunderts wieder [4]. Die Chemie war an ihre Grenzen gelangt, viele Errungenschaften gegen Krankheiten und Schädlinge gerieten in Verruf, dem Menschen mehr zu schaden als zu helfen. Aus dieser Stimmung heraus erwachte die Naturstoffchemie zu neuem Leben. Die Wissenschaft erkannte, dass in der Natur für viele Übel ein Kraut wächst und begann, die Wirkmechanismen aufzuklären [5].

So gelangte auch das Wissen um den indischen Niembaum in den 20iger Jahren in den Westen und somit in amerikanische und europäische Labore. Zunächst war es die universitäre Grundlagenforschung, die sich den verschiedenen Wirkungen des Niems annahm. Einen bedeutenden Aufschwung erlebte die Niemforschung durch die Entdeckung der Heuschreckenresistenz des Niembaums durch den Gießener Entomologen Heinrich Schmutterer im Jahre 1959 [6]. Dies spiegelt sich auch in der Anzahl veröffentlichter wissenschaftlicher Abhandlungen zum Thema Niem wieder (Abb. 3)

### Die Wirkstoffe des Niembaums

Die Inhaltsstoffe sind den für biologische Systeme typischen Schwankungen unterworfen. Über 100 verschiedene Verbindungen konnten bisher aus verschiedenen Pflanzenteilen des Niem-

baums isoliert und charakterisiert werden [2]. Alle Substanzen, die für die typischen Einsatzgebiete in Pflanzenschutz und Medizin relevant sind gehören zu den Isoprenoiden, genauer zu den Limonoiden aus der Gruppe der Monoterpene und zu den Triterpenen [3, 7]. Isoprenoide werden ausschließlich von Pflanzen und einigen Mikroorganismen synthetisiert und leiten sich aus der Aneinanderkettung von C5-Körpern ab (Isoprene). Trotz dieser relativ einfachen Grundstruktur unter Beteiligung der Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zeichnet sich diese Stoffgruppe durch eine außergewöhnliche Vielfalt aus. Je nach Anzahl der C5-Körper unterscheidet man Monoterpene (C10), Sesquiterpene (C15), Diterpene (C20), Triterpene (C30), Tetraterpene (C40) und Polyterpene (C5n). Die bedeutsamsten biologisch aktiven Substanzen sind das Azadirachtin, benannt nach dem wissenschaftlichen Namen des Niembaums (*Azadirachta indica*), sowie Nimbin, Nimbidiol, Nimbidin, Salannin und Meliantriopropin (Abb. 4) [3, 8].

Obwohl diese Wirkstoffe in allen Pflanzenteilen enthalten sind, erfolgt deren Extraktion zumeist aus den Samen. Ein ausgewachsener Niembaum produziert durchschnittlich etwa 5 bis 10 kg Samen pro Jahr; jeder Samen enthält etwa 45% Öl. Durch kaltes Pressen wird dieses Öl gewonnen, welches die Wirkstoffe in hoher Dosis enthält. Das zuvor entfernte Fruchtfleisch kann in Fermentern zur Biogasgewinnung verwendet oder Tierfutter beigemischt werden. Nach dem Pressen bleibt der Niempreskuchen übrig. Dieser ist ein wertvoller pflanzlicher Düngemittelzusatz.

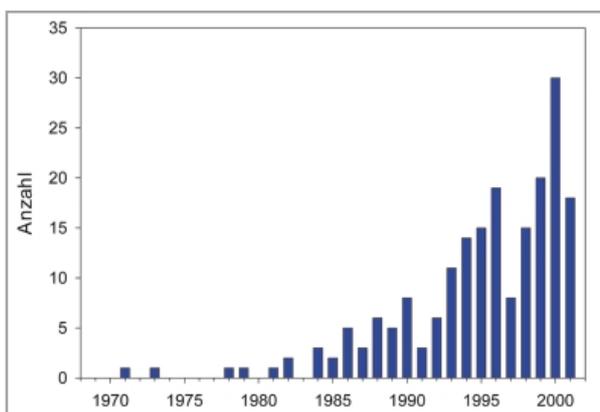
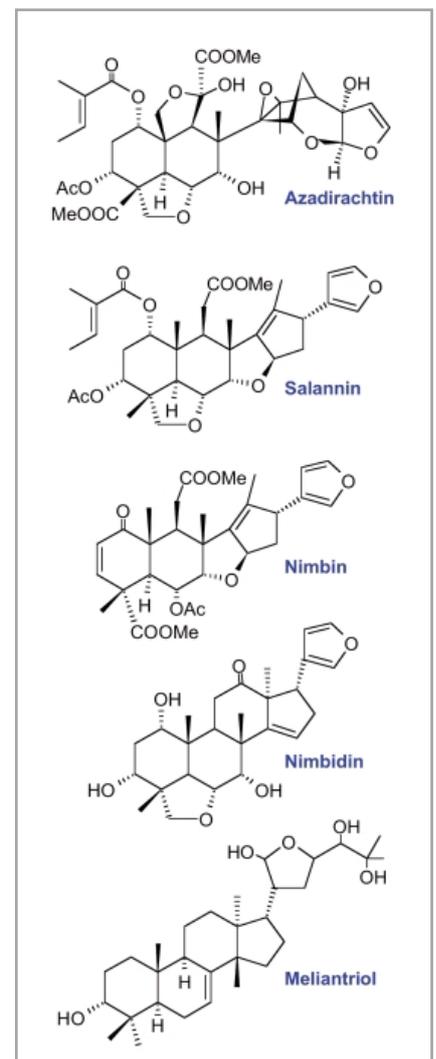


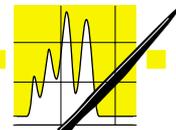
Abb 3: Anzahl der wissenschaftlichen Publikationen zum Stichwort "neem" in der Literaturdatenbank PubMed der US-amerikanischen National Institutes of Health (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/PubMed/>)

### Die Verwendung von Niem in der Agrarwirtschaft

Die Bekämpfung von Pflanzenschädlingen wird heute überwiegend mit synthetischen Pflanzenschutzmitteln durchgeführt. Vor allem in Ländern der dritten Welt führt dies zu zahlreichen Komplikationen. Zunächst sind diese Länder in vollem Umfang auf die Industrienationen angewiesen, da nur sie das technische Know-how und die finanziellen Mittel besitzen, neue Pflanzenschutzmittel zu produzieren. Die Entwicklung eines neuen Insektizids kostet rund 200 Millionen Euro [9]. Aufgrund der zunehmenden Resistenz von Schadinsekten gegenüber diesen Wirkstoffen, ist die Entwicklung neuer wirkender Substanzen ein Kampf gegen die Zeit. Bereits heute weiß man von über 500 Insektenarten, die resistent gegenüber

Abb. 4: Chemische Struktur der Wirkstoffe im Niemextrakt. Die biologisch aktivste Substanz ist das Azadirachtin.





**Abb.5:**  
Applikation der Niemwirkstoffe durch Spritzen. Wegen der Ungefährlichkeit für den Menschen ist kein Atemschutz notwendig.

dem gegen sie produzierten Insektizid geworden sind – und die Zahl wächst ständig.

Ein anderes, nicht gering einzustufendes Problem liegt in der fachgerechten Anwendung der Pflanzenschutzmittel. Meist handelt es sich um hoch toxische Substanzen, die bei falscher Anwendung auch für den Menschen extrem gefährlich sind. Die Weltgesundheitsorganisation hat recherchiert, dass weltweit rund 1 Millionen Menschen Vergiftungssymptome durch die unsachgemäße Anwendung der Präparate erleiden, etwa 20.000 Fälle enden tödlich [10].

### ■ Die Wirkung von Niem auf Insekten

Im Niemöl befinden sich über 40 verschiedene Stoffe, deren chemische Strukturen mittlerweile weitgehend aufgeklärt sind [3, 8]. Die wichtigsten biologisch hoch aktiven Wirkstoffe sind das Azadirachtin, Nimbin, Nimbidiol, Nimbidin, Salannin und das Meliantropin. Zusammen mit den anderen, weniger bedeutsamen Verbindungen im Niemöl kombinieren sich die Wirkstoffe zu einem äußerst aktiven Gemisch gegenüber Schadinsekten. Seit dem Beginn der Forschung in den 60iger Jahren wurde das Niemöl bereits gegen rund 500 Insektenarten erfolgreich angewendet [6]. Außerdem beeinträchtigt das Wirkstoffgemisch einige Milben, Fadenwürmer, Pilze, Bakterien und sogar Viren. Die wirksamen Konzentrationen sind äußerst gering. Oft reicht schon

eine 0,01%ige Verdünnung aus, um die Pflanzschädlinge erfolgreich zu bekämpfen. Da die Wirkung sehr spezifisch auf die Insektenphysiologie beschränkt ist, bleiben andere Tiere, wie auch Menschen und Pflanzen bei den verwendeten Konzentrationen unbeeinträchtigt.

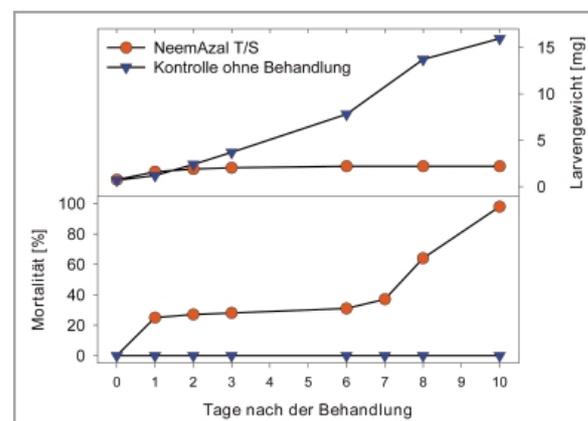
Die Applikation des verdünnten Niemöls erfolgt durch das Bespritzen der Pflanzen (Abb. 5). Die meisten Schadinsekten nehmen die Wirkstoffe auf den Blättern wahr und vermeiden den Kontakt mit der behandelten Pflanze. Sollten die Insekten jedoch mit Niemöl behandelte Pflanzenteile aufnehmen, so kommen die Wirkstoffe voll zur Wirkung. Dabei greifen die Substanzen vorwiegend in den Hormonhaushalt der Insekten ein, der die Entwicklung und Fortpflanzung der Insekten steuert. Mit dem Ausschlüpfen aus dem Ei beginnt die mit mehreren Häutungen verbundene Wachstums- und Entwicklungsphase der Insektenlarven, die unter anderem durch das Häutungshormon Ecdyson gesteuert wird. Die im Niem enthaltenden bioaktiven Substanzen ähneln in ihrer Struktur stark dem Ecdyson, haben jedoch nicht seine Wirkung [11]. Durch die Anreicherung des inaktiven „Niem-Ecdysons“ wird dem Insekt vorgetäuscht, ausreichende Mengen dieses Hormons produziert zu haben, was die Produktion des echten Ecdysons und damit die Insektenentwicklung hemmt. Die Folge ist, dass sich die Larven nicht zum geschlechtsreifen Adult entwickeln können. Die Schadinsektenpopulation stirbt infolgedessen aus. Im Gegensatz zu vielen anderen Pflanzenschutzmitteln wirkt Niem nicht sofort, sondern erst nach ei-

nigen Tagen, abhängig von der Zeit, welche die jeweiligen Insekten zur Entwicklung benötigen (Abb. 6). Im oberen Teil der Abbildung 6 wird deutlich dass die Larven mit Niem nach 1 d keine Gewichtszunahme mehr haben, d.h. keine Pflanzenschädigung da keine Blattaufnahme stattfindet. Der untere Teil der Abbildung 6 zeigt, dass die Mortalität nach 7 d bis 10 d eintritt.

### ■ Resistenzbildung unwahrscheinlich

Eines der Kernprobleme beim Einsatz herkömmlicher Pflanzenschutzmittel ist die Ausbildung von Resistenzen bei den Zielorganismen [5, 9]. Oftmals reichen schon wenige Jahre, bis die Organismen gegenüber dem Pflanzenschutzmittel unempfindlich sind. Dies beruht zumeist darauf, dass herkömmliche Pflanzenschutzmittel nur eine wirksame Substanz enthalten. Durch die genetische Variabilität besteht so für die Zielorganismen die Möglichkeit, metabolische Abwehrmechanismen gegen den Wirkstoff zu entwickeln. Ein klassisches Beispiel ist die Malaria übertragende Anopheles-Stechmücke, die binnen weniger Jahre resistent gegenüber dem Insektizid DDT wurde [9].

Die komplexe Mischung von mehreren wirksamen Substanzen im Niem wirkt an vielen Stellen auf den Stoff-



**Abb. 6:**  
Die Wirkung von NeemAzal-T/S auf Blattwespenlarven. 0 Tage entspricht dem Zeitpunkt der Behandlung.

wechsel der Insekten. Dies hält die Wahrscheinlichkeit der Resistenzbildung hinreichend gering. Laborversuche ergaben z.B. bei der Kohlmotte, dass sie auch nach 35 Generationen genauso empfindlich gegenüber Niem reagierte wie die erste Generation [6].

### ■ Die Wirkung von Niem auf Nützlinge

Im biologischen Pflanzenschutz werden vielfach Organismen eingesetzt, für die die Schadinsekten eine Nahrungsquelle darstellen. Herkömmliche Pflanzenschutzmittel unterscheiden in der Regel nicht zwischen Schädling und Nützlich. Alle Insekten werden gleichermaßen getötet. Anders beim Niem: Werden von räuberischen Nützlingen Schädlinge aufgenommen die zuvor mit Niem behandelte Pflanzen gefressen haben, so bleiben die Nützlinge meist unbeschadet. Dies liegt daran, dass die Konzentrationen im Schädling so gering sind, dass sie auf den Nützlich ohne Wirkung bleiben. Auf höher organisierte Organismen wie Echsen und Vögel bleibt Niem ohnehin vollkommen ohne Wirkung. Wie weiter unten noch dargestellt wird, hat Niem für viele Tiere und den Menschen sogar vielfache positive Eigenschaften. Somit stellt Niem ein Ökosystem schonendes Insektizid dar.

### ■ Niempresskuchen als Dünger und Viehfutter

Wie bereits angesprochen, bleibt bei der Herstellung von Niemöl aus Samen der Niempresskuchen übrig. In ihm befinden sich noch in geringerer Dosis die bioaktiven Wirkstoffe, vor allem aber Nährstoffe und Mineralien, die sich hervorragend für die Pflanzendüngung eignen. Durch die verbliebenen Wirkstoffe hat der Niempresskuchen darüber hinaus noch vielfältige positive Eigenschaften. So werden an den Wurzeln fressende Fadenwürmer und Insektenlarven, aber auch Termiten abgehalten. Als Zusatz zu herkömmlichem Harnstoffdünger steigert der Niempresskuchen die Stickstoffaufnahme der Pflanzen [8]. Diese Wirkung ist wiederum in den verbliebenen Substanzen begründet. Im Boden lebende Bakterien stehen mit den Pflanzen in Konkurrenz. Sie verwandeln die einzige für die Pflanze zugängliche Stickstoffform des Düngers, das Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) in Stickstoffgas

( $\text{N}_2$ ), das die Pflanzen nicht verwerten können. Dieser Stoffwechselprozess der Bakterien wird als Denitrifikation bezeichnet. Die Inhaltsstoffe des Niempresskuchens hemmen die Aktivität dieser denitrifizierenden Bakterien und steigern so die Nutzung des Stickstoffdüngers durch die Pflanzen.

Auch als Beimengung zu Viehfutter lässt sich der Niempresskuchen verwenden [8]. Trotz seines bitteren Geschmacks werden 0,1 bis 1%ige Beimischungen vom Vieh ohne weiteres akzeptiert. Interessanter Weise hat der Niempresskuchen auch bei dieser Anwendung überaus positive Eigenschaften. Es wurde nachgewiesen, dass die Wirkstoffe bei der Darmpassage nichts von ihrer Wirkung einbüßen. Aus diesem Grunde verhindern sie die Entwicklung von Insektenlarven im Tierkot und wirken so zahlreichen Krankheitsüberträgern entgegen.

### ■ Die Verwendung von Niem in der Medizin

Erst seit wenigen Jahren findet Niem auch im Westen als Medizin und Kosmetikum Anwendung. Das Hauptanwendungsgebiet sind Hauterkrankungen. Beispielsweise werden am Evangelischen Krankenhaus Bethanien in Iserlohn seit 1994 Patienten mit Krätze (Befall mit Krätzmilben) erfolgreich mit einer Niemsalbe der deutschen Firma Trifolio-M behandelt [12]. Die Applikation erfolgt auf die Haut in Form von Niemöl oder aus den Niemblättern gewonnenen Extrakten. Es sind in erster Linie Bakterizide, Fungizide und entzündungshemmende Wirkstoffe des Niems, die hierbei ihre Wirkung entfalten. Es wird vermutet, dass das Azadirachtin der Hauptwirkstoff ist, jedoch ist die Wirkungsweise im Einzelnen noch nicht untersucht. Sicherlich ist es die Gesamtheit der in den Niemextrakten enthaltenen Verbindungen, die ihre Wirkung entfalten und sich wechselseitig (wie bei der Anwendung als Insektizid) synergistisch beeinflussen.

Auch durch Viren ausgelöste Krankheiten wie Pocken, Windpocken, Warzen und Herpes werden durch Behandlung der Haut gemildert und sogar geheilt [8]. Darüber hinaus wird die stimulierende Wirkung von Niem auf die Immunabwehr des Menschen von verschiedenen Wissenschaftlern diskutiert.

### ■ Hessisches Unternehmen widmet sich dem Niem

Gemeinsam mit seiner Frau Jenny Kleeberg gründete Dr. Hubertus Kleeberg 1985 die Firma Trifolio-M GmbH in Lahnau in Mittelhessen. Im Vordergrund stand von Anfang an die Extraktion von Pflanzeninhaltsstoffen, wie zum Beispiel dem Blattgrün Chlorophyll. Seit 1988 beschäftigt sich die Trifolio-M GmbH auch mit der Extraktion und Charakterisierung der Wirkstoffe des Niembaums. Mittlerweile sind zwei Extraktionsverfahren patentiert und es sind eine Reihe unterschiedlicher, auf Niem basierender Produkte entstanden.

Neben Niemsalbe, Niemshampoo und reinen Nieminhaltsstoffen vertreibt die Firma ein Pflanzenschutzmittel namens NeemAzal-T/S. Seit einigen Jahren arbeitet das Unternehmen mit einer indischen Firma zusammen. Die Isolierung der technischen Wirkstoffe und die Herstellung der Produkte wird ausschließlich in Indien durchgeführt. Das hessische Unternehmen versorgt dagegen den europäischen Markt mit den Erzeugnissen.

#### Danksagung

Für die Überlassung der Photos und Daten für die Abbildung 6 dankt der Autor Dr. Hubertus Kleeberg von der Trifolio-M GmbH.

#### Literatur

- [1] Thompson, M. (1997) Whole Foods Magazine 8: 12-15
- [2] Franke, W. (1989) Nutzpflanzenkunde, 4. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart
- [3] Simpson, B.B. & Ogorzaly, M.C. (1995) Economic Botany, 2. Auflage, MacGraw-Hill Verlag, New York
- [4] Zebitz, C.P.W. (1998) In: Biologische Pflanzenschutzverfahren im Erwerbsobstbau, Hrsg.: Kienzle, J. und Zebitz, C.P.W., Deutsche Bundesstiftung Umwelt
- [5] Wünschiers, R. (2001) Gentechnik im Pflanzenschutz: Ist die Chemie am Ende? CLB 52: 48-56
- [6] Schmutterer, H. (Hrsg.) (1995) The neem tree, VCH-Verlag, Weinheim
- [7] Wünschiers, R. & Borzner, S. (1997) Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe und ihre Bedeutung für Pflanze und Mensch. CLB 48: 466-471
- [8] Norten, E. (1997) Wunderbaum Niem, Verlagsgesellschaft, Köln
- [9] Heitfuß, R. (1987) Pflanzenschutz, 2. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart
- [10] WHO/UNEP Report (1989)
- [11] Schlee, D. (1992) Ökologische Biochemie, 2. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Jena
- [12] Knust, F.J. (1998) In: Neem Ingredients and Pheromones, Hrsg.: Kleeberg, H., Trifolio-M GmbH, Lahnau

# Kulturwissenschaft Chemie – ein Kurs für hochbegabte Schüler

Prof. Dr. Volker Wiskamp, Fachhochschule Darmstadt

**Die Darmstädter Hochschulen betreiben seit vier Jahren ein Studienprojekt für besonders begabte Jugendliche. Dies sind sowohl solche Kinder, die durch sehr gute schulische Leistungen auffallen und/oder Klassen überspringen haben, als auch sog. Underachiever (Minderleister), die wegen einer (von einem Psychologen festgestellten) Hochbegabung in der Schule soweit unterfordert sind, dass sie im Unterricht abschalten, deshalb Vieles verpassen, schlechte Arbeiten schreiben und oft auch ein negatives Sozialverhalten zeigen. An 9-10 Freitagen pro Semester, - vom regulären Schulunterricht befreit, aber mit der Auflage, den verpassten Stoff nachzuholen -, besuchen die Mädchen und Jungen spezielle Veranstaltungen in Chemie, Physik, Umwelttechnik, EDV, Mathematik, Volkswirtschaftslehre, Philosophie, Literatur, Rhetorik, Spanisch oder Japanisch.**



Die Chemiekurse – über zwei wurde bereits berichtet [1, 2] – sprechen vor allem Schüler der Klassen 5-8 an, die in der Schule noch keinen Chemieunterricht haben bzw. gerade den Anfangsunterricht erleben. Es wird deshalb kein Fachwissen vorausgesetzt. Die Kurse sollen möglichst wenig schulischen Lernstoff vorweg nehmen, um zu vermeiden, dass sich die Kinder später in der Schule noch mehr langweilen. Vielmehr sollen Aspekte der Chemie, die in der Schule üblicherweise zu kurz kommen, beleuchtet und dadurch Interesse für das Fach geweckt werden. Durch umfangreiche Hausaufgaben soll insbes. den Underachievern vermittelt werden, dass ihre Hochbegabung nicht allein für eine Hochleistung im Leben ausreicht, sondern das dazu auch harte Arbeit und Fleiß gehören. Mindestens die Hälfte der Kurszeit umfasst experimentelle Ar-

beiten, so dass psychomotorische Fähigkeiten der Jugendlichen gefördert werden, was im Schulunterricht nur selten der Fall ist. Großer Wert wird darauf gelegt, dass die Teilnehmer den Verlauf und die Intention der Kurse vor Freunden, Eltern und Lehrern in einer Abschlusspräsentation souverän vorstellen können.

Der Chemiekurs im Herbst 2001 (5x180 Minuten) stand unter dem Motto „Kulturwissenschaft Chemie“. Die zehn Teilnehmer sollten erfahren, wie die Chemie die Kulturgeschichte der Menschheit geprägt hat und immer noch prägt.

## ■ Experimente

Jeder der im Stationsbetrieb durchgeführten Versuche (s. Kasten) hat kulturhistorische Bedeutung. Einige Beispiele: Der Umgang mit Gips und Kalk erlaubte es den Menschen, aus Holzhütten in feste Häuser zu ziehen. Die relativ leichte Herstellbarkeit von Kupfer hat die Bronzezeit ermöglicht. Mit Hilfe der Tinte (Berliner Blau) konnten das Wissen und die Werke der Menschen zu Papier gebracht und überliefert werden. Das Färben von Glas und Porzellan (mit Rinmanns Grün) ist im Kunsthandwerk unverzichtbar. Dünger haben erheblich zum Anstieg der Weltbevölkerung beigetragen, und ohne Dünger ist die Ernährung der gesamten Menschheit unmöglich. Aspirin ist mehr als ein Synonym für weniger Schmerz; die Herstellung von Arzneimitteln ist eine der großen ethischen Verpflichtungen der Chemiker zum Wohle der Menschheit. Dies wurde im praktikumbegleitenden Seminar erläutert und diskutiert.

## ■ Referate und Aufsätze

Jeder Schüler hielt ein Kurzreferat, das auf Texten aus der chemiehistorischen Literatur [3-7] bzw. alternativen Lehrbüchern (Auweia Chemie! [8], Im Reich der Elemente [9]) basierte.



Der erste Vortrag befasste sich mit den Intentionen, Denk- und Arbeitsweisen der Alchemisten. Besonders faszinierend war es für die Schüler, wie die Alchemisten versuchten, die Phänomene des Makrokosmos im Mikrokosmos, – in der Retorte –, wiederzufinden und z.B. die aufsteigenden Dämpfe bei einer Destillation mit den Bewegungen der Himmelskörper verglichen und wie und warum die Alchemisten – wie Goethes Faust – wissen wollten, was die Welt im Innersten zusammen hält [3].

Im zweiten Referat wurde das Leben und Werk des Paracelsus vorgestellt, der es nicht für wichtig hielt, Gold und Silber herzustellen, sondern vielmehr Arzneimittel gewinnen wollte, um sie gegen die Krankheiten der Menschen zu richten, der also die Brücke zwischen Alchemie und Medizin baute [4].

Es folgte eine Ausführung über die Anfänge und Prinzipien der Chemotherapie, wobei die Pionierarbeiten von Pasteur, Ehrlich, Fleming, Koch und Domagk im Zentrum standen [5].

In den Referaten über Sprengstoffe und Dünger [6] wurde die Janusköpfigkeit der Chemie besonders deutlich. Sprengstoffe - die Chemie befasst sich definitionsgemäß mit Stoffen – sind zur Arbeitserleichterung in der Bauindustrie nicht mehr wegzudenken, sie können aber auch missbraucht werden und todbringend sein. Zum Thema Dünger gehörten u.a. auch die Arbeiten von Haber [7]. Dessen wissenschaftliche Leistung zur Fixierung von Stickstoff aus der Luft wurde von den Schülern in höchsten Tönen gelobt, sein persönliches Verhalten bei der Verwendung seiner Erfindung für Kriegszwecke stieß auf Unverständnis und zu Recht auf Missbilligung.

Die Vorträge über Kunst- [8] und Farbstoffe [6] wurden durch Aufsätze „Kunststoffe in meinem Leben“ bzw. „Farben in meinem Leben“ ergänzt, die

## Versuche in dem Praktikum

### 1 Bau- und Werkstoffe

- 1.1 Gips
- 1.2 „Kalkbrennen“ und „Kalklöschen“
- 1.3 Gefärbtes Boratglas
- 1.4 Nylon
- 1.5 Polyurethan-Schaum
- 1.6 Kupfer-Zementation

### 2 Farben

- 2.1 Rinmanns Grün
- 2.2 Berliner Blau
- 2.3 Küpenfärbung mit Indigo
- 2.4 Beizenfärbung mit Alizarin sowie Aluminium- und Eisensalzen

### 3 Energie und Umwelt

- 3.1 Bestimmung der Kennzahl von Otto-Kraftstoff

### 3.2 Abwasserreinigung

- 3.2.1 Neutralisation
- 3.2.2 Entgiftung eines starken Oxidationsmittels durch Reduktion
- 3.2.3 Entfernung von Schwermetallen
- 3.2.4 Entfernung von Farbstoffen
- 3.3 Luftreinhaltung durch Gasadsorption

### 4 Ernährung, Hygiene und Gesundheit

- 4.1 Dünger
  - 4.1.1 Diammoniumhydrogenphosphat
  - 4.1.2 Calciumdihydrogenphosphat
  - 4.1.3 Calciumnitrat
- 4.2 Waschmittel-Zeolith A
- 4.3 Aspirin

die Schüler zuhause schreiben und in denen sie ihren persönlichen Bezug zu den Praktikumversuchen herstellen sollten. Ein Schüler schilderte, wo ihm überall Kunststoffe begegnet und schloss seinen Text: „Überall bin ich von Kunststoffen umgeben. Wie war eigentlich das Leben, bevor es diese Materialien gab?“ Deutlicher kann es wohl kaum ausgedrückt werden, wie Kunststoffe das menschliche Leben bestimmen. Ein anderer Schüler beendete seinen Aufsatz über Farben ganz einfach: „Ich mag Farben.“ Zuvor hatte er sehr emotional geschildert, welche Farben welche Gefühle bei ihm hervor rufen. Sich über die sinnliche Stoff erfahrung dem Fach Chemie zu nähern, passt in das oben erläuterte Konzept des Kurses, der die Chemie anders vermitteln will als in der Schule (vgl. [10]).

Zwei weitere Aufsätze hatten die Überschriften „Bin ich ein Umweltschützer oder Umweltsünder?“ und

„Wie erhalte ich meine Gesundheit?“. Der erste Aufsatz knüpfte an die Experimente zur Wasser- und Luftreinhaltung an. Sein Fazit: Sicherlich hat die Chemie viele Umweltprobleme geschaffen. Aber genauso wahr ist es, dass Umweltschutz ohne Chemie nicht möglich ist, denn alle Verfahren zur Reinhaltung von Wasser, Luft und Boden basieren auf chemischen Prinzipien. Interessant war es für die Jugendlichen, Analogien zwischen Umweltschutz und Schulmedizin zu erkennen. So wie ein starkes Oxidationsmittel im Wasser reduktiv entgiftet wird, wird eine Entzündung im menschlichen Körper mit einem Entzündungshemmer bekämpft. Allgemein: Gegen eine Krankheit – der Umwelt oder des Menschen – wird ein geeignetes Gegenmittel eingesetzt. In Hinblick auf ihren Gesundheitsschutz haben die Schüler in ihren Texten aber klar betont, dass medizinische Hilfe

dazu nicht ausreicht, sondern dass gesunde Ernährung, ausreichende Bewegung und stressfreies Leben ebenfalls wichtig sind.

Das letzte Einzelthema war der Entstehung des Universums [9, 11] gewidmet. Die Jugendlichen wurden davon überzeugt, dass die Chemie auch zur Klärung der uralten Frage der Menschen „Was war am Anfang?“ einiges beitragen kann.

## Evaluation

Schriftlich befragt, äußerten sich die Teilnehmer mit den Inhalten und dem Ablauf des Kurses sehr zufrieden. Die experimentelle Arbeit und das Sprechen über die Bedeutung der Chemie fanden sie besonders gut. Alle Schüler fühlten sich angemessen gefordert.

### Begleitmaterial

Ein 16seitiges Begleitmaterial (Organisatorisches, detaillierte Versuchsvorschriften mit weiterführenden Fragen, kurze Sicherheitsbelehrung, einige von den Jugendlichen verfasste Texte, Fragebogen zur Evaluation des Kurses) kann beim Autor angefordert werden.

### Literatur

- [1] V. Wiskamp, Gründung einer virtuellen Chemiefirma - ein Projekt hochbegabter Jugendlicher, Chemie & Schule 16 (2001), Heft 2, S. 11-14.
- [2] V. Wiskamp, Industrielle Chemie - Wissenschaft, Anwendung und Kommunikation; eine Arbeitsgemeinschaft hochbegabter Schüler, CLB 52 (2001), Heft 8, S. 304.
- [3] R. Sachtleben, A. Hermann, Diese Vollendung heisset Alchimia. In: Große Chemiker, Battenberg Verlag, Stuttgart 1960, S. 10-13.
- [4] F. Strunz, Theophrastus Paracelsus. In: G. Bugge (Hrsg.), Das Buch der großen Chemiker, Band I, VCH, Weinheim 1979, S. 85-98.
- [5] R. Sachtleben, A. Hermann, Chemotherapie. In: Große Chemiker. Battenberg Verlag, Stuttgart 1960, S. 144-147.
- [6] W. Strube, Explosivstoffe - Düngemittel - Farbstoffsynthesen. In: Der historische Weg der Chemie, Band II, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 2. Aufl., Leipzig 1986, S. 146-161.
- [7] D. Stoltzenberg, Fritz Haber, VCH, Weinheim 1994.
- [8] E. Unger, Die hohe Kunst der Kunststoffe. In: Auweia Chemie!, Wiley-VCH, Weinheim 1998, S. 119-130.
- [9] P. W. Atkins, Die Entstehung der Regionen. In: Im Reich der Elemente, Spektrum Verlag, Heidelberg und Berlin 2000, S. 79-92.
- [10] J. Soentgen, Die sinnliche Stoff erfahrung und ihre Bedeutung für den Chemieunterricht, Staatsexamenarbeit, Universität Frankfurt am Main 1993.
- [11] R. E. Dickerson, I. Geis, Die Entstehung des Universums. In: Chemie - eine lebendige und anschauliche Einführung, VCH, Weinheim 1990, S. 160-166.

### Kontakt

Prof. Dr. Volker Wiskamp, Fachhochschule Darmstadt, Fachbereich Chemie- und Biotechnologie, Hochschulstraße 2, D-64289 Darmstadt  
E-Mail: wiskamp@fh-darmstadt.de

**Rubikon**  
Agentur & Verlag  
für Wissenschaft  
und Technik  
Lutz Krampitz  
Anzeigen CLB  
Bammentaler Str. 6-8  
69251 Gaiberg  
www.rubikon.de  
Zeitschriften - Broschüren - Korrespondenzen  
in Eigenproduktion und Auftragsarbeit  
Verständliche Technik im Umfeld Ökonomie & Gesellschaft



Hier könnte Ihre Visitenkarte stehen  
- als wirksamer, direkter Kontakt  
unserer Leser zum Vertrieb.  
Und das für nur 190 €!

# CLB-MEMORY

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

Februar 2002

## Die EN-Werte und ihre Historie

### Teil 13: Besondere Geschenke von Pauling für Lehrer und Schüler: Probleme für den hinterfragenden Chemieunterricht

Fragt man Chemiebeflissene (gleichgültig auf welchem Niveau sie mit Chemie befasst sind) nach Paulings EN-Skala, so wird von den meisten Lernenden und Lehrenden u. a. geantwortet: „Auf Paulings EN-Skala hat das Fluoratom den Wert 4. Das wurde von Pauling willkürlich so festgelegt.“ Dieses Wissen zählt heutzutage zur „Allgemeinbildung“; es wird in den allermeisten Lehrbüchern der Chemie unter der Rubrik „Chemische Bindung“ an der Stelle vermittelt, wo der Text von der Atombindung zur Ionenbeziehung überleitet. Genaue und insgesamt schlüssige Informationen, warum Pauling dem Fluoratom gerade den EN-Wert 4 zuordnete, findet man in keinem Lehrbuch, aber auch in keiner Fachzeitschrift, obwohl Paulings EN-Skala von sehr vielen Autoren beschrieben und diskutiert wurde.

Das muß verwundern, da doch heute eine solide Kenntnis naturwissenschaftlicher Zusammenhänge bei vielen Berufen vorausgesetzt wird. So kann man beispielsweise im Vorwort eines Chemie-Lehrbuches für Studierende der Humanmedizin lesen: „Ärztliches Handeln erfordert neben einer fundierten Ausbildung in den medizinischen Teildisziplinen auch eine solide Kenntnis naturwissenschaftlicher Zusammenhänge.“ (Michael Rasig: Chemie, ISBN 3-7945-1883-7). Dieses Buch „versucht durch eine bewußte Auswahl medizinisch relevanter Sachzusammenhänge das Interesse für Chemie beim Studenten zu

wecken. Es orientiert sich dabei am derzeit gültigen Gegenstandskatalog für die medizinische Ausbildung in Deutschland, der die Lehrinhalte verbindlich vorschreibt.“ Wie zu erwarten, findet man in diesem Buch auch Informationen über den Begriff „Elektronegativität“ und Paulings EN-Skala. Auf Seite 17 kann man beispielsweise lesen:

„Der Begriff Elektronegativität (EN) wurde eingeführt, um das Maß für die Elektronenanziehung eines Atoms in einer Bindung quantifizieren zu können. Es handelt sich dabei um eine relative Größe mit Werten zwischen 0 und 4,00. Die höchste Elektronegativität erhält das Element Fluor, willkürlich mit dem Wert 4,0. Das bedeutet, daß das Fluoratom unter allen Elementen des Periodensystems die höchste Tendenz hat, Elektronen anzuziehen. [...].“

Die Elektronegativität wurde von Pauling aus den Bindungsdissoziationsenergien berechnet:

$$EN = \frac{1}{2} (D_{AA} + D_{BB})$$

Zwischen Elementen mit stark unterschiedlicher Elektronegativität bilden sich bevorzugt Ionenbindungen aus.“

Kann es sein, daß jemand bei ernsthaften Bemühungen, solide Kenntnisse über naturwissenschaftliche Zusammenhänge zu erwerben, das Dargebotene nicht hinterfragt und die gegebene Formel hinnimmt?

Paulings EN-Konzept (wie es bisher in der Literatur dargelegt wurde) ist die Herausforderung, den genialen Gedankensprüngen seines Urhebers und den oft weniger genialen Gedankensprüngen derer, die es in Lehrbüchern und Fach-

aufsätzen kommentierten, mit kleinen Schritten bedächtig nachzugehen.

Paulings 100. Geburtstag war für mich der Anlaß, Lernende und Lehrende der Chemie einzuladen, sich etwas genauer mit dem EN-Konzept zu befassen. Die CLB-Beilage für Ausbildung in Chemie erscheint mir geeignet, den gewünschten Leserkreis zu erreichen. Ich danke Herrn Reinhold Ellmer, dem Redakteur des CLB-Memorys, daß er mir bei der Realisierung meines Vorhabens mit Freundlichkeit und großer Erfahrung behilflich war.

Wer sich ernsthaft mit den EN-Werten und ihrer Historie befaßt, muß einsehen, daß die EN-Werte nicht als wohlgeordneter Lehrgegenstand verfügbar sind. Auch den Lehrern der Chemie gibt Paulings Tun und Entdecken Rätsel auf. Jedenfalls sollte jeder, der sich ernsthaft mit dem EN-Konzept befaßt, neben den Tatsachen auch die ungelösten Probleme sehen.

Besonders die Lehrbücher, die durch eine bewußte Auswahl relevanter Sachzusammenhänge das Interesse für Chemie beim Studenten wecken wollen, sollten wenigstens auf die Probleme des EN-Konzeptes hinweisen. Besser ist es freilich, wenn Lehrende und Lernende die Chance nutzen, durch gründliche Bearbeitung des EN-Konzeptes miteinander zu erleben, wie aus Beobachtungen (der Ionizität chemischer Moleküle) nach und nach eine physikalische Größe wird (oder, wie es bei der Elektronegativität ja wirklich ist: erst noch werden soll!).

Das EN-Konzept ist ein zentrales Thema der Chemie, auf das in keiner Niveauebene des Chemieunterrichts verzichtet werden kann. Es eignet sich besonders für Lehrer höherer Lehranstal-

ten, das exemplarische Lehren nach Martin Wagenschein bzw. das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren nach Heinz Schmidkuz gemeinsam mit den Schülern zu genießen. Für den Hochschulbereich ist das EN-Konzept eine Herausforderung, tätig zu sein: hält es doch viele Aufgaben für Seminar- und Diplomarbeiten bereit.

(Hochschul-)Lehrer, die sich für das EN-Konzept interessieren (und es genügend kennen), sollten die ungelösten Probleme als Denkanstöße verwenden und (gemeinsam mit den Lernenden) als mögliche Tätigkeitsfelder definieren. Im Idealfall sollten diese Tätigkeitsfelder bearbeitet werden: „Anstatt in Eile alle Einzelheiten eines viel zu ausgedehnten

Pensums durchzunehmen, sollte sich der Lehrer auf ein paar Aufgaben von wirklich wesentlicher Bedeutung konzentrieren und diese mit Muße und Gründlichkeit behandeln. Die Schüler sollten alle Aspekte der Aufgabe, die ihnen auf ihrer Stufe zugänglich sind, untersuchen; sie sollten die Lösung selbst entdecken, sie sollten, unter Führung des Lehrers, Konsequenzen der Lösung voraussehen. Auf diese Art kann eine Aufgabe zu einer repräsentativen Aufgabe werden, zu einer Aufgabe, die für ein ganzes Kapitel der Wissenschaft exemplarisch ist. [...] Ich betone noch einmal, daß die passende Behandlung einer einzigen Aufgabe der Zugang zu, oder das exemplarische Beispiel für einen ganzen Zweig der Wissen-

schaft werden kann. Im Hinblick auf diese und ähnliche Erwägungen habe ich mir erlaubt, in § 14.2 zu sagen, daß sich Denken, wenigstens in erster Annäherung mit dem Lösen von Aufgaben identifizieren läßt.“ (Georg Pólya: Vom Lösen mathematischer Aufgaben [Einsicht und Entdeckung, Lernen und Lehren] Basel 1967, Band 2, Seite 186).

Wann könnte das exemplarische Lehren nach Martin Wagenschein bzw. das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren nach Heinz Schmidkuz besser gelingen, als wenn die Lehrer gemeinsam mit den Schülern nach unbekanntem Lösungen suchen? – Lehrer und Schüler verdanken Pauling ganz besondere Geschenke.

### Tätigkeitsfelder, deren erfolgreiche Bearbeitung einige Probleme des EN-Konzeptes lösen würde

1. Es ist zu untersuchen, welche Wahrheit hinter der Tatsache steht, daß zwei gleichwertige Definitionsgleichungen für Paulings EN-Werte existieren. Mit anderen Worten: Man leite Konsequenzen aus beiden Definitionsgleichungen ab.
2. Es ist darzulegen, daß Mullikens Berechnungsvorschläge zu Werten führen, die nur grob mit Paulings EN-Werten korrelieren, wenn alle Hauptgruppenelemente in die Regressionsanalysen einbezogen werden.
3. Die Plausibilität des von Pauling festgelegten Fixpunktes  $X_H = 2,05$  ist unter Berücksichtigung der in Tätigkeitsfeld 2 erarbeiteten Ergebnisse kritisch zu diskutieren.
4. Ein im physikalischen Sinne besonders plausibler Fixpunkt für Paulings EN-Skala ist zu suchen. Mit anderen Worten: Paulings Intervallskala sollte endlich in eine sinnvolle Verhältnisskala umgewandelt werden.
5. Die Relevanz der in Tätigkeitsfeld 4 erarbeiteten Verhältnisskala muß kritisch diskutiert werden (beispielsweise unter Einbeziehung der von Gordy gegebenen Formel zur Berechnung der Kraftkonstanten chemischer Bindungen).
6. Es ist zu klären, ob eine der „modernen“ „EN-Skalen“ ursächlich mit Paulings EN-Skala zusammenhängt. Mit anderen Worten: Man sollte versuchen, ob eine der neuen EN-Skalen demonstrativ (d. h. algebraisch!) mit Paulings EN-Skala verknüpft werden kann. Wenn es gelänge, diese Arbeit erfolgreich durchzuführen, dann wäre das Ursprüngliche so in das Neue eingebettet, daß man weiterhin von der EN-Skala sprechen könnte.
7. Eine vergleichende Wertschätzung der verschiedenen EN-Skalen ist unerlässlich. Es muß untersucht werden, ob Paulings Wort noch gilt: **Despite the many variations on a theme, it is fairly clear that the original electronegativity scale, or one that differs only slightly from it, should be used in the discussion of the properties of substances and the nature of chemical reactions.** – Die Spreu muß vom Weizen getrennt werden, denn: „Es ist nicht alles Gold, was glänzt.“

Die Bearbeitung der aufgezeigten Tätigkeitsfelder verspricht besonderen Lohn, denn

[...] es ist ein groß Ergetzen,  
sich in den Geist der Zeiten zu versetzen;  
zu schauen, wie vor uns ein weiser Mann gedacht,  
und wie wirs dann zuletzt so herrlich weit gebracht.  
(Goethe)

**Wer sich mit den o. g. Aufgaben befaßt, ist eingeladen, seine Lösungsvorschläge mit denen des Autors zu vergleichen.**

**Der Autor freut sich auf Diskussionen über Lösungen zu den gestellten Aufgaben.**

**Anschrift des Autors: Harald Richter, Caronstraße 4, 42389 Wuppertal**

**E-Mail-Adresse: harald.e.richter@freenet.de**



keine Farbwolken mehr abgehen. Gemisch gut ablaufen lassen, dann über Spitzflasche mit aqua demin. abspülen. Gegebenenfalls Kante auf Fließpapier tupfen. Unterseite des Objektträgers mit Fließpapier reinigen. Unterlässt man das, so wird die Interpretation des Färbeergebnisses durch anhaftenden Farbstoff schwieriger.

**Kontrastfärben (10 bis 15 s)**

Objektträger waagrecht legen und 10 bis 15 s mit Karbolfuchsin-Färbelösung bedecken. Dann die Lösung abgießen. Erst danach mit aqua demin. abspritzen. Unterseite abwischen.

**Trocknen**

Ausstrich an der Luft in einem Trockengestell mit Schicht nach unten trocknen lassen. Mikroskopische Untersuchung. Siehe hierzu Artikelserie Mikroskopie.

Neben dieser Färbvorschrift sind viele Varianten in der Literatur beschrieben.

**Ergebnis:**

- Gram-positive Bakterien : blau
- Gram-negative Bakterien : rosa

In unserem Fall sollte die mikroskopische Untersuchung (10 • 100, Ölimmersionsobjektiv) folgendes Bild ergeben. 1. Gneg-Stäbchen von ca. 1,3 µm • 3 µm, Gpos-Stäbchen von ca. 0,8 µm • 2,5 µm und Gpos-Kokken von ca. 1,4 µm Durchmesser. Die Gpos-Stäbchen liegen hin und wieder in Ketten aneinandergereiht, die Kokken finden wir häufig als Tetraden (4 Zellen im Quadrat) oder in größeren Clustern (vgl. Tabelle 1). Nach der folgenden Isolierung sollten diese Formen in den Reinkulturen zu finden sein.

Um welche Bakterien es sich bei den drei Stämmen handelt, kann man aus dem Färbeergebnis nicht ablesen. Bei der Interpretation der Ergebnisse weiterer biochemischer Differenzierungen ist die Kenntnis des Gramverhaltens und der Zellform aber hilfreich. Hier sollte die

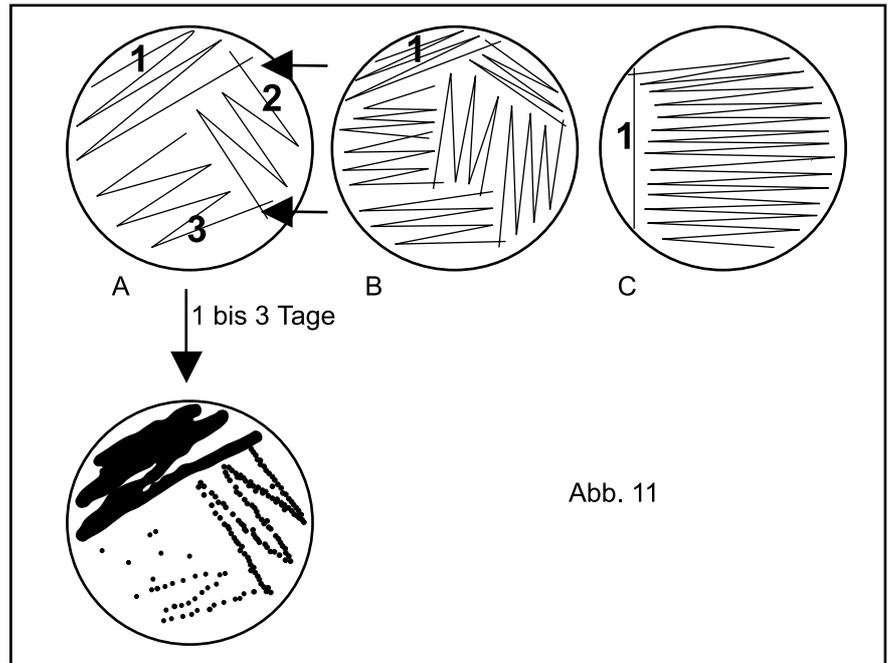


Abb. 11

Färbung lediglich zeigen, das in der Kultur verschiedene Mikroorganismen vorliegen.

**8.2 Kolonien durch fraktionierten Ausstrich gewinnen**

Das Ziel ist, von den in der Ausgangskultur vorkommenden Stämmen Kolonien zu erhalten. Dazu muss ein kleines Bouillonvolumen so auf der Agaroberfläche verteilt werden, dass einzelne Bakterienzellen ohne Kontakt zu anderen frei liegen. Aus jeder so vereinzelter Zelle wächst in wenigen Tagen eine sogenannte Kolonie von mehreren mm Durchmesser heran, die dicht gepackt mehrere Millionen Zellen enthält. Im Idealfall geht eine Kolonie wirklich auf eine Zelle zurück. Die in der Bouillon wachsenden Bakterien bleiben nach Teilungen aber oft mehr oder weniger lang aneinander hängen, weswegen man bei dem, was der Ausgang für eine Kolonie ist, auch von einer „Kolonie-Bildenden-Einheit“ (KBE) oder „colony forming unit“ (cfu) spricht. Das können durchaus mehrere Zellen sein, die aber meist einem Stamm angehören. Eine Kolonie, die auf eine oder mehrere Zellen des gleichen Stammes zurückgeht, sieht meist homogen in

Struktur und Farbe aus. Eine solche, die aus zwei direkt nebeneinanderliegenden Zellen verschiedener Stämme entstand, erscheint heterogen. Zur genaueren Betrachtung der Kolonien ist eine Lupe sinnvoll. Nur von homogenen Kolonien kann man Material für die Isolierung des Stammes entnehmen. Um einzeln liegende Kolonien zu erhalten, fertigt man einen sogenannten fraktionierten Ausstrich = „Drei-Ösen-Ausstrich“ an. Das Prinzip des Ausstreichens besteht darin, Material der Ausgangskultur durch mehrmaliges hin-und-her-Fahren mit einer kontaminierten Öse so auf einer Agarplatte auszustreichen, dass die an der Öse hängenden Bakterien auf den Agar übertragen werden (1 in Abb. 11A). Mit einer sterilen Öse wiederholt man die Prozedur und kontaminiert sie dabei, indem man durch den letzten Strich von Teil 1 fährt. Siehe Pfeil bei Abb. 11A. Die nun an der Ösen hängenden Bakterien – es sind weniger als vorher – verteilt man nach dem gleichen Prinzip auf einem Drittel der Platte. Das entspricht Teil 2 in der Abb. 11A. In entsprechender Weise streicht man nun Teil 3 aus. Ziel ist es, wenigstens in Teil 3 die Bakterien so vereinzelt zu haben, dass nach dem Inkubieren einzeln liegende Kolonien vorliegen. Wie die Abb. 11B und 11C zeigen, kann man die Art des Ausstreichens variieren. Es müssen nicht drei Fraktionen sein. Wie man den Ausstrich anlegt, das hängt auch davon ab, wie dicht die Ausgangskultur bewachsen ist. Ziel ist immer, einzeln lie-

**Tabelle 1**

Stamm	Färbeverhalten	Zell-Form	Zell-Größe (ca.)	Zellaggregate
1.	Gneg	Stäbchen	1,3 • 3,0 µm	keine oder paarweise
2.	Gpos	Stäbchen	0,8 • 2,5 µm	manchmal Ketten
3.	Gpos	Kugel	1,4 µm	Tetraden und Cluster

gende Kolonien zu erhalten. Nach dem Ausstreichen werden die Platten verschlossen und mit dem Deckel nach unten im Brutschrank bei 36 °C 1 bis 3 Tage inkubiert. Die Platten werden auf der Unterseite des Teils, der den Agar enthält, gekennzeichnet.

### 8.3 Anlegen von Schrägröhrchen zur Stammhaltung

Nach einigen Tagen sind auf dem fraktionierten Ausstrich Kolonien gewachsen. In den Fraktionen 1 und 2 werden die Zellen so dicht beieinander gelegen haben, dass die Kolonien ineinander gewachsen sind. Meist findet man aber in der dritten oder – je nach Technik – einer späteren Fraktion Einzelkolonien. Ist das nicht der Fall, so muss gegebenenfalls vor einem neuen Ausstrich die Ausgangskultur mit steriler Natriumchloridlösung [ $\beta(\text{NaCl}) = 9 \text{ g/l}$ ] oder steriler Bouillon verdünnt werden. Manche Bakterienstämme bilden keine einzelnen Kolonien sondern wachsen „schwärmend“ über die ganze Platte. Makroskopisch erkennbare Eigenschaften der Kolonien wie Farbe, Oberflächenstruktur, Größe und Form, gegebenenfalls aber auch der Geruch, können beim Versuch einer systematischen Zuordnung der Bakterien hilfreich sein. Die Abb. 12 zeigt einige typische Kolonieformen in Aufsicht und im Querschnitt.

Auf unserer Platte werden wir drei distinkte Koloniearten erkennen, vgl. Tabelle 2.

Von jeder distinkten Kolonie ist mit der Nadel eine Spur zu entnehmen und aseptisch in Schlangenlinien auf Schrägagar zu übertragen. Die Kolonie ist durch Markierung auf dem Boden der Schale eindeutig zu kennzeichnen. Das mit Zellstoffstopfen (ermöglicht die  $\text{O}_2$ -Versorgung der Kultur) verschlossene Röhrchen wird bei 36 °C 1 bis 2 Tage inkubiert. Sobald Kolonien gewachsen sind, kann das Röhrchen für Wochen bis Monate im Kühlschrank bei 4 bis 8 °C aufgehoben

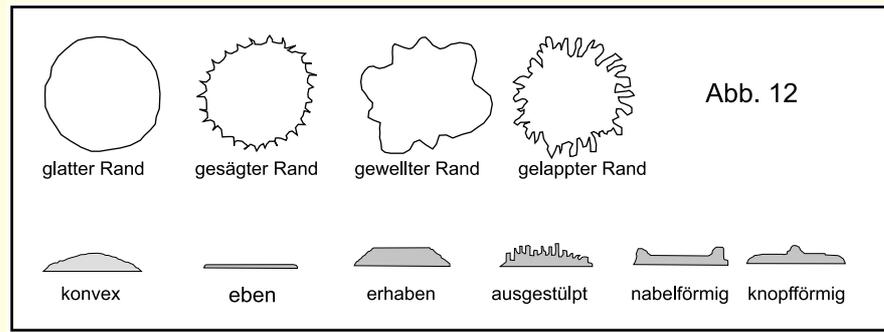


Abb. 12

werden. Zur Verzögerung des mit der Zeit fortschreitenden Trockenprozesses können wir z. B. eines der folgenden Verfahren anwenden.

1. Man taucht das Röhrchen, nachdem die Kolonien gut gewachsen sind, mit dem Zellstoffstopfen so tief kurz in heißes verflüssigtes Paraffin, dass Stopfen und ca. 1 cm Glasrand mit Paraffin überzogen sind. Das Röhrchen ist damit luftdicht verschlossen.

2. Man tauscht unter aseptischen Bedingungen den Zellstoffstopfen gegen einen sterilisierten Schraubverschluss aus, der das Röhrchen luftdicht verschließt. Will man dies tun, dann muss man allerdings schon bei der Herstellung der Schrägröhrchen die entsprechenden Schraubverschlussröhrchen verwenden.

### 8.4. Kolonien durch Gramfärbung auf Reinheit prüfen

Von jeder Kolonie, von der ein Schrägröhrchen angelegt wurde, wird ein Ausstrich hergestellt. Es muss beachtet werden, dass wirklich von der Kolonie Material genommen wird, von der auch das Schrägröhrchen angesetzt wurde. Eine ebenso aussehende Kolonie wäre nicht die optimale Lösung, da Verwechslungen bei ähnlich aussehenden Kolonien nicht auszuschließen sind. Würde man das Koloniematerial direkt auf den Objektträger schmieren, dann lägen die Bakterien so dicht beieinander, dass man sie mikroskopisch nur schlecht untersuchen könnte. Man geht daher wie folgt vor.

In die Mitte eines unsterilen, fettfreien (gekennzeichneten) Objektträgers werden nebeneinander zwei Tropfen Natriumchloridlösung [ $\beta(\text{NaCl}) = 9 \text{ g/l}$ ] gegeben.

Von einer Kolonie wird mit steriler Nadel eine Spur Material an den Rand eines der Tropfen gebracht und mit diesem zunächst am Tropfenrand und dann im gesamten Tropfen vorsichtig zu einer homogenen Suspension verrieben. Danach vermischt man diese mit dem zweiten Tropfen und verteilt das Ganze auf 2 bis 3  $\text{cm}^2$ .

Die folgende Trocknung, Fixation und Färbung wird wie beschrieben durchgeführt.

Wir sollten bei der mikroskopischen Untersuchung in den Reinkulturen die – und nur die – Zellen finden, die nach dem Ausstrich der Ausgangskultur zu erwarten waren. Gleichförmigkeit der Zellen und gleiches Gramverhalten zeigen Reinheit der Kultur an.

### Beliebte Berufe

Unter allen Ausbildungsberufen in Deutschland stand im Jahre 1999 der Kraftfahrzeugmechaniker mit 79490 Auszubildenden an der Spitze, gefolgt vom Kaufmann im Einzelhandel (78032) und dem Bürokaufmann (74035). In der Chemie steht der Chemikant/in mit 6013 Auszubildenden auf Platz Eins der Liste, gefolgt vom Chemielaboranten/in mit 5403 Auszubildenden. Beim Biologiela-boranten/in gab es 1233 Auszubildungsverhältnisse. (Quelle: Der Ausbilder in der chemischen Industrie, 26. Jahrgang, 6. 12. 2001.)

### Für Seite M16

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

Tabelle 2

Stamm	Form	Durchm.	Oberfläche	Farbe
1	kreisrund; flach bis konvex erhaben	1 - 3 mm	feucht, glatt	grau
2	rund bis gelappt	bis 6 mm	trüb bis opak nach einigen Tagen Falten	creme
3	kreisrund; konvex	1 - 3 mm	glänzend	herllgelb

## Dreidimensionale Filtration und Extraktion ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■

Dr. Werner Hennrichs, Henkel Teroson GmbH Heidelberg, Heidelberg

### 1. Einführung

In vielen Fällen der täglichen Laborpraxis müssen Trennungen durch Filtration oder Extraktion vorgenommen werden, z. B. zur Probenvorbereitung für Chromatographie oder Spektroskopie, zur quantitativen Analyse oder aus anderen Gründen.

Die sich daraus ergebenden Schwierigkeiten sind jedem Praktiker bekannt. So sind folgende Nachteile zu nennen bei der Verwendung von

#### a) Filterpapier und Trichter

- geringe Filtrationsgeschwindigkeit,
- Auswaschen des Niederschlags zeitraubend und nicht quantitativ möglich,
- kein Ausschluß von Luftfeuchtigkeit und Sauerstoff,

oder beim

#### b) Absaugen

Verdunsten von Lösemittel im Vakuum und Ausfällen mit Filter-Verstopfung

schließlich die Unzulänglichkeit der

#### c) Spritzenfilter

Wegen kleiner Filterfläche sehr schnelles Verstopfen durch unlösliche Partikel wie Ruß oder andere Füllstoffe oder auch Gele aus angequollenen Polymeren.

Die vorgenannten Verfahren sind hauptsächlich dadurch problematisch, daß die Filtration auf einer mehr oder weniger zweidimensionalen Fläche erfolgt.

Der Übergang zu einer Filtration mittels des weiter unten beschriebenen dreidimensionalen Filtrationsvolumens bringt folgende Vorteile:

- **Immobilisierung der festen Partikel** verhindert Sedimentieren und damit Verstopfen,
- **Abschluß von atmosphärischen Einflüssen**, d. h. Sauerstoff und Luftfeuchtigkeit, durch geschlossenes System,
- **Beschleunigen der Durchflußrate** durch Anwendung von Druck.

Die dreidimensionale Filtration läßt sich bequem weiter nutzen als dreidimen-

sionale quantitative mehrstufige kontinuierliche Extraktion mit wechselnden Lösemitteln, wobei jedoch spezielle Methoden zur Probenvorbereitung bei flüssigen, pastösen und festen Stoffen zur Anwendung kommen.

### 2. Versuchserfahrungen

#### 2.1 Apparatives

Für eine dreidimensionale Filtration bzw. Extraktion ist ein Filterbett aus einem geeigneten Material in einem druckfest abschließbaren Behälter nötig, der von Lösemittel durchströmt werden kann.

Als Filtermaterial hat sich Quarzmehl mit folgender Korngrößenverteilung sehr bewährt:

20 %	1,2	-	11 µm
50 %	12	-	21 µm
20 %	22	-	63 µm
10 %	64	-	200 µm

Das daraus herstellbare Filterbett immobilisiert einerseits ganz ausgezeichnet auch sehr feine Feststoffpartikel, läßt andererseits aber Lösemittel ohne großen Widerstand passieren.

Als druckfeste Behälter werden leere HPLC-Säulen verwendet, die im Handel in verschiedenen Abmessungen, aber nicht ganz billig, erhältlich sind.

Sehr brauchbar sind ausgesonderte alte GPC- oder HPLC-Säulen, die leicht zu entleeren und zu reinigen sind und die den Vorzug haben, daß sie nichts kosten.

Zur Erzeugung des Lösemittelstroms dienen gewöhnliche HPLC-Pumpen.

Am Säulenende können zur Beobachtung der Konzentration der ablaufenden Lösung RI- oder UV-Detektoren aus der Flüssigchromatographie eingesetzt werden.

Die Anlage kann somit für erste Versuche aus meist bereits vorhandenen Geräten aufgebaut werden.

#### 2.2 Erfahrungen mit Filtrationen

Sollen Lösungen, z. B. zur Vorbereitung für GPC (Trägerflüssigkeit z. B. Tetrahydrofuran), die feine Rußpartikel oder andere, durch Spritzenfilter schwer zu entfernende Füllstoffe enthalten, filtriert werden, so gelingt dies leicht durch Säulenfiltration.

Dabei wird so vorgegangen: In der unten mit einer Verschraubung und einem Stopfen verschlossenen Säule mit einer Länge von ca. 30 cm und einem Innendurchmesser von ca. 7 mm werden 2 bis 3 ml Quarzmehl vorgelegt und leicht mit einem 6-mm-Metallstab festgestampft. Nun wird die anfangs senkrecht stehende Säule schräg gestellt (ca. 30°).

Eine 10-ml-Kunststoff-Einmalspritze wird mit einem passenden Stopfen (konischer Metallstift) verschlossen und das zu lösende pastöse oder feste Material oder eine konzentrierte Lösung eingewogen. Die Substanzmenge kann bis zu 0,5 g betragen.

Nun werden ca. 6 ml Quarzmehl dazugegeben, mit Tetrahydrofuran auf ca. 8 bis 9 ml aufgefüllt, der Spritzenkolben bis zum Einrasten eingeschoben und das zu lösende Material durch gutes Schütteln aufgelöst und mit dem Quarzmehl homogenisiert.

Dieses so vorbereitete Gemisch wird unverzüglich langsam in die schräg stehende Säule injiziert.

Die Säule wird senkrecht gestellt und mehrfach leicht auf den Labortisch aufgestoßen. In die Spritze werden zur quantitativen Entleerung zweimal je 1 ml Tetrahydrofuran aufgezogen, leicht geschüttelt und auf die Säule gegeben.

Schließlich wird die Säule mit Quarzmehl unter leichtem Aufstoßen aufgefüllt, der obere Rand gut gesäubert und die Verschraubung dicht aufgeschraubt.

Nun wird die Säule an das Lösemittelfördersystem angeschlossen und mit dem Lösemittel, in diesem Falle Tetrahydrofuran, die löslichen Anteile des Materials ausgespült.

Es ist dabei je nach Einwaage mit Drucksteigerungen zu rechnen. Außerordentlich wichtig für niedrigen Druck ist vollständiges Dispergieren des Materials, da nicht dispergierte Klumpen sehr leicht den geringen Säulenquerschnitt verstopfen.

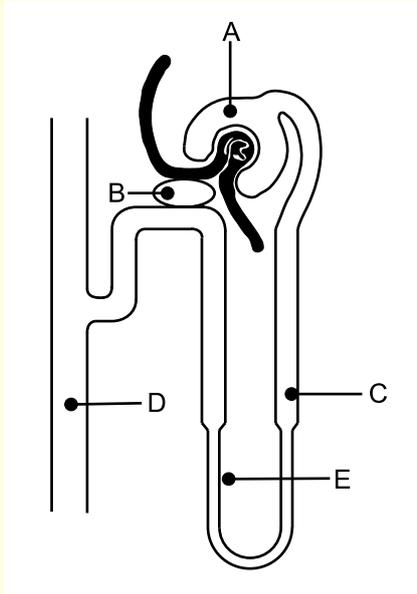
Die ablaufende Lösung ist vollkommen klar, und z. B. Ruß wird vollständig immobilisiert und bereits lange vor der unteren Quarzmehlschicht zurückgehalten.

Die Filtration ist nach einem Durchfluß von ca. 10 bis 15 ml, entsprechend 10 bis 15 Minuten, beendet; zum besseren Erkennen des Endpunktes kann der RI-Detektor benutzt werden. Die erhaltene Lösung kann leicht durch Abdampfen



**Bio-Sektor programmiert geprüft**

Es kann mehr als eine Antwort richtig sein.



1. Die Skizze zeigt schematisch ein Nephron. An welcher Stelle wirken Schleifendiuretika?
  - a an der Stelle A
  - b an der Stelle B
  - c an der Stelle C
  - d an der Stelle D
  - e an der Stelle E
2. Welche Zellen werden auch Stammzellen genannt?
  - a Basale Zellen des Plattenepithels der Haut
  - b Leydig'sche Zellen der Hodenkanälchen.
  - c Spermatozoen
  - d Pluripotente Zellen der roten Pulpa der Milz
  - e Adulte Epithelzellen, aus denen man für Klonierungsversuche DNA-Material zur Übertragung auf Vektoren entnehmen kann.
3. Welche Angaben zur biotechnologischen Herstellung von Citronensäure sind richtig?
  - a Das Produktionsverfahren kann sowohl submers wie emers betrieben werden.
  - b Sie wird aus gentechnisch veränderten Zitronen gewonnen.
  - c Sie wird von dem Pilz Aspergillus produziert.
  - d Sie wird von dem Bakterium Citrobacter produziert.

- e Bei dem heute üblichen Verfahren wird der Pilz Citromyces verwendet.
4. Welche Aussage über Myofibrillen ist richtig?
    - a Sie ermöglichen als extrazelluläre Strukturen die Gleitbewegung benachbarter Bindegewebezellen.
    - b Sie ermöglichen als Strukturen der quergestreiften Muskulatur deren Kontraktion.
    - c Es sind Bewegungsorganellen sessiler Protozoen.
    - d Es sind Bewegungsorganellen von Ciliaten.
    - e Es sind die Strukturen, die bei carnivoren Pflanzen schnelle Fangbewegungen ermöglichen.
  5. Was sind Megakaryozyten?
    - a Zerfallsprodukte von Thrombozyten
    - b Neutrophile Leukozyten mit unphysiologisch großem Kern
    - c Lymphozyten mit pathologisch verändertem Kern
    - d Großkernige Milzzellen
    - e Knochenmarksriesenzellen
  6. Welches Produkt ist ein übliches Mittel zum Aufkleben von Paraffinschnitten auf Objektträger?
    - a Polyethylenglycol
    - b Tylose
    - c Agar
    - d Glycerin-Gelatine
    - e Kanadabalsam
  7. Wozu wendet man das Verfahren der Autoradiographie an?
    - a Zu pharmakokinetischen Untersuchungen
    - b Zur Prüfung der teratogenen

**Zu den MC-Fragen**

Die programmierten Fragen auf fast immer der letzten Seite von CLB-Memory wurden in den letzten Jahren von Friedhelm Keller (Biologie und Randgebiete) sowie Reinhold Ellmer (Chemie und Randgebiete) erstellt. Beide waren Ausbildungsleiter und haben große Erfahrung im Verfassen von Multiple-Choice-Fragen. Da sie aber nicht mehr mit Auszubildenden arbeiten, konnten sie die Fragen nicht testen. Es handelt sich also durchweg um nicht erprobte Fragen. Wie Äußerungen aus der CLB-Leserschaft erkennen lassen, sind die Fragen für einen schnellen „Check“ aber trotz-

- Potenz einer Substanz
  - c Zur Prüfung der cancerogenen Potenz der Substanz
  - d Zur Untersuchung der Verteilung der Substanz im Körper nach der Applikation
  - e Zur Untersuchung der Lichtempfindlichkeit der Substanz
8. Manche Kletterpflanzen umschlingen mit ihren Ranken Wachstumsstützen. Was ist die Grundlage dieser Reaktion?
    - a Phototropismus
    - b Thigmotropismus
    - c Geotaxis
    - d Seismotropismus
    - e Phototaxis
  9. Die Weender Analyse ist ein etabliertes Verfahren zur Bestimmung der Zusammensetzung von Versuchstierfutter. Welche Futterkomponente wird dabei durch das Kjeldahl-Verfahren bestimmt?
    - a Rohasche
    - b Rohfaser
    - c Rohprotein
    - d Rohfett
    - e Stickstofffreie Extraktstoffe
  10. Einem Versuchstier von 43 kg soll eine Substanz in der Dosis 75 µmol/kg Körpermasse appliziert werden.  $M(\text{Substanz}) = 402 \text{ g/mol}$ . Der Wirkstoff liegt als suspendierbare Formulierung mit  $w(\text{Wirkstoff}) = 0,35$  vor. Das Applikationsvolumen beträgt 2,5 ml für 10 kg Tier. Berechnen Sie  $c(\text{Wirkstoff})$  und  $\beta(\text{Formulierung})$  für die Applikationslösung.

	$c(\text{Substanz})$	$\beta(\text{Formulierung})$
a	700 µmol/100 ml	802 mg/100 ml
b	30 mmol/100 ml	34,5 g/100 ml

dem gut geeignet, zumal auch Fragen mit mehreren anzukreuzenden Antworten vorkommen, bei denen aus der Fragestellung dieser Sachverhalt hervorgeht. Es ist geplant, eine Sammlung von MC-Fragen in elektronischer Form herauszubringen. Es steht schon fest, dass die Reihenfolge der Antworten wechselt; die richtige Antwort steht bei Mehrfachverwendung also nicht immer hinter demselben Buchstaben, zum Beispiel c. Wenn Sie an der Erstellung der Sammlung mitarbeiten wollen oder über den Fortgang der Arbeiten bzw. über den Erscheinungstermin informiert werden möchten, dann schicken Sie bitte eine Nachricht an [rellmer@t-online.de](mailto:rellmer@t-online.de)

# Weniger Stress für Pflanzen

In der CLB vom Januar 2002 wurde über die Erforschung der Gen-Funktionen bei Pflanzen berichtet. Ein weiteres Projekt der Pflanzenbiotechnologie bei der BASF ist eine „Effizientere Landwirtschaft“. „Wir wollen Ernteausfälle verringern und Erträge weltweit steigern“, sagt Dr. Hans Kast, Geschäftsführer der BASF Plant Science GmbH. „Dazu arbeiten wir an Pflanzen, die wir mit Hilfe der Pflanzenbiotechnologie resistent machen wollen gegen Schädlinge und Krankheiten wie Pilze oder Viren. Außerdem wollen wir die Widerstandsfähigkeit von Nutzpflanzen gegen widrige Umweltbedingungen erhöhen, etwa gegen Trockenheit, Kälte oder Salzgehalt der Böden.“

Mit der klassischen Züchtung ist es nicht zu schaffen, die steigende Nachfrage nach landwirtschaftlichen Grundprodukten zu decken. Der Genpool der Kulturpflanzen ist in weiten Teilen ausgeschöpft, so dass Experten einen Rückgang der durchschnittlichen jährlichen Ertragssteigerungen erwarten – von 1,7 Prozent pro Jahr in den letzten 25 Jahren auf nur noch 0,9 Prozent pro Jahr über die kommenden 25 Jahre. Nur eine Landwirtschaft, die auf geeigneten Standorten ertragreichere, ressourcenschonende und umweltverträgliche Anbautechnologien nutzt, kann die Ernährung der Weltbevölkerung im Hinblick auf Ertrag, Qualität und Preis langfristig sicherstellen. „Einen Weg zur Verbesserung der Produktivität von Kulturpflanzen sehen wir in der Steigerung ihrer Toleranz gegenüber Trockenheit, versalzten Böden oder Kälte“, erklärt Dr. Jürgen Schweden, Geschäftsführer BASF Plant Science North Carolina. „Moderne biotechnologische Methoden können helfen, Pflanzen mit solchen Eigenschaften bereitzustellen.“



Trockenheit, Kälte und versalzten Böden führen weltweit zu Ernteausfällen. Moderne biotechnologische Methoden können helfen, Kulturpflanzen widerstandsfähig gegen diese Stressfaktoren zu machen. Dazu identifizieren die Forscher der BASF Plant Science North Carolina die Gene von besonders robusten Pflanzen und bauen diese in Mais, Soja, Raps oder Weizen ein. Auf dem Foto untersucht eine Mitarbeiterin der BASF Plant Science, ob sich die transgenen Pflanzen, die in einer Klimakammer angezogen werden, normal entwickeln (Fotos: BASF).

Den Weg weist die Natur selbst. Im Laufe der Evolution sind unterschiedlichste Mechanismen zur Bewältigung von Stressfaktoren entstanden: Meeresalgen können mit enorm hohen Salzkonzentrationen umgehen, viele Moose sind an extrem wechselnde Umweltbedingungen angepasst, und nicht nur Kakteen sind in der Lage, in sehr heißen und trockenen Klimaten zu überleben. Was liegt also näher, als solche natürlichen Vorbilder zu nehmen, die Mechanismen dieser Pflanzen zu verstehen und sie dann auf unsere Hochleistungskulturpflanzen zu übertragen.

## ■ Strategien für die Stresstoleranz

Bei höheren Pflanzen spielen drei Strategien eine wichtige Rolle für die Stresstoleranz:

1. Die Wurzeln sind das entscheidende Organ für die Wasseraufnahme. Tiefere Wurzeln oder mehr Wurzelmasse können der Pflanze helfen,

auch bei geringen Niederschlägen immer noch ausreichend Wasser für die Erhaltung der Stoffwechselprozesse aufzunehmen.

2. Die Blätter hingegen sind der Ort des primären Wasserverlusts. Durch die Spaltöffnungen auf der Unterseite der Blätter verlieren Pflanzen mehr als 85 Prozent des aufgenommenen Wassers. Blätter, bei denen dieser Wasserverlust reduziert ist, entlasten die Pflanze bei Trockenheit.

3. Veränderungen im Stoffwechsel einer gestressten Pflanze führen letztlich zum Absterben der Pflanze. Die Pflanzen, deren Stoffwechsel auch unter Stressbedingungen einigermaßen stabil bleibt, können eine Trockenperiode besser überstehen und sich anschließend schneller erholen.

„Ziel unserer biotechnologischen Forschung ist es,“ so Schweden, „solche Mechanismen besser zu verstehen, die beteiligten Proteine und Gene zu iden-



Eine Mitarbeiterin des BASF-Jointventures metanomics umhüllt Blütenstände einer Arabidopsis-pflanze (Ackerschmalwand). Die Plexiglasröhren verhindern, dass sich die Samen der gentechnisch veränderten Pflanzen untereinander vermischen. Metanomics hat eine Kollektion von über 100 000 verschiedenen genetischen Typen von Arabidopsis produziert.

tifizieren und anschließend die leistungsfähigsten Mechanismen in Kulturpflanzen wie Mais, Soja, Raps oder Weizen einzubauen.“ Einige Beispiele sollen das verdeutlichen.

### ■ Pflanzen mit verbesserter Salztoleranz

Aus physiologischen Untersuchungen ist schon länger bekannt, dass Organismen sich vor zu hohen Salzkonzentrationen schützen, indem sie durch geeignete Ionenpumpen die Natriumionen wieder aus der Zelle entfernen. Wird die Salzkonzentration in der Zelle trotzdem zu hoch, wird das Salz in einem abgegrenzten Hohlraum – einer Vakuole – eingelagert und so unschädlich gemacht.

In Zusammenarbeit mit der Universität Freiburg wurden alle Gene des salztoleranten Mooses *Physcomitrella patens* isoliert, die Sequenz dieser Gene aufgeklärt und dann Sequenzvergleiche mit einem Hefe-Gen für die Ionenpumpe angestellt. So konnte ein Fragment des Ionenporter-Genes identifiziert werden. Um die fehlenden Stücke des Gens zu finden, durchsuchten die Wissenschaftler die Sequenzinformationen des Moos-Genoms nach Fragmenten, die mit dem bereits identifizierten Stück überlappten. Mehrmaliges Anwenden dieser Strategie lieferte schließlich alle Teile des gesuchten

Gens. Es wurde anschließend mit Hilfe gentechnischer Methoden richtig zusammengesetzt.

Doch wie sieht es mit der Wirksamkeit des Gens im Zusammenhang mit Salztoleranz aus? Dazu wurde das Gen in größerer Anzahl (überexprimiert) in die Modellpflanze *Arabidopsis thaliana* eingebracht. Während sich die Kontrollpflanzen bei erhöhter Salzkonzentration im Kultursubstrat deutlich schlechter entwickelten, zeigten die gentechnisch veränderten Pflanzen keinerlei Wachstumsreduktion. Offenbar hilft ihnen die Ionenpumpe des Mooses, das Salz im Substrat zu tolerieren. Ob das Prinzip zur Steigerung der Salztoleranz

von der Modellpflanze auf Kulturpflanzen übertragbar ist, werden demnächst Tests im Gewächshaus zeigen.

### ■ Pflanzen mit vergrößerten Wurzeln

Wurzeln als primäre Orte der Wasseraufnahme unterscheiden sich in ihrer Funktion und daher auch in ihrer Morphologie wesentlich von den anderen Organen der Pflanze. Während der oberirdische Teil der Pflanze Licht, Kohlendioxid und Sauerstoff in ausreichender Menge erhält und Energie produziert, ist die Wurzel auf die Versorgung durch den Rest der Pflanze angewiesen: Sie verbraucht Energie, und der Sauerstoff zur Aufrechterhaltung der Stoffwechselprozesse ist knapp. Unter Bedingungen von Energie- und Sauerstoffmangel kann die Wurzel auf ein anaerobes Notprogramm umschalten, bei dem – ähnlich wie bei der Vergärung von Zucker – ohne Sauerstoff Energie erzeugt werden kann.

Werden die Enzyme dieses Stoffwechselweges verstärkt gebildet, müsste das, so meinten die BASF-Forscher, die Vitalität der Wurzel verbessern. „Bestätigung lieferte uns die Analyse unserer Genomic Datenbank, die Genaktivitätsprofile für Reis und Raps enthält“, berichtet Schweden. „Wir sahen, dass das Enzym Alkoholdehydrogenase – das Schlüsselenzym des anaeroben Stoffwechsels – in einer Wurzel unter Trockenstress mehr als 30-fach aktiver ist als im Rest der Pflanze.“

Damit waren ausreichend Hinweise gesammelt, um das Gen in der Modell-

### DFG gibt 2,5 Mio. € für Resistenzaktivierung von Getreide

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) hat Anfang Februar 2002 Finanzmittel im Umfang von mehr als 2,5 Millionen Euro für die zweite Phase der Forschergruppe „Resistenzaktivierung im Getreide“ (FOR 343) der Justus-Liebig-Universität Giessen für weitere drei Jahre bewilligt. Zugleich hat die DFG damit einer Erhöhung des Gesamtetats zugestimmt. Neun statt bislang sechs Einzelprojekte können jetzt gefördert werden. Innerhalb des Verbundes wird eine DFG-Nachwuchsgruppe durch das Exzellenzprogramm zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses unterstützt. Ziel der Arbeiten ist die Aufklärung von natürlicher Resistenz von Getreidepflanzen gegenüber Pflanzenkrankheiten, die in Mitteleuropa hauptsächlich durch Viren und pilzliche Mikroorganismen hervorgerufen werden. In den Einzelprojekten untersucht man die molekularen Ursachen der Resistenz von Gerste und Weizen gegenüber wichtigen Erkrankungen wie dem Getreidemehltau und der Gelbverzwergungsvirose mit biochemischen und molekularbiologischen Methoden. Die Forscher erhoffen, so schon mittelfristig zur Reduktion von Pestizideinsätzen beitragen zu können.

PETpoint:  
Willkommen im  
PET-Universum

PETpoint

PETpoint, Essen,  
23.-27. April 2002.  
KomPETenz pur.

PETpoint 2002 ist die erste internationale Messe rund um den Werkstoff PET vom Granulat bis zur verschlossenen Flasche.

Erleben Sie auf 7500 qm die ganze Welt der PET-Verarbeitung: Material, Maschinen und Technologie, präsentiert von Ausstellern rund um den Globus.

Der erste PET-Weltkongress informiert Sie gleichzeitig über alle wichtigen Entwicklungen auf dem PET-Markt.

PETplanet PUBLISHER GmbH  
Nadlerstraße 1  
69117 Heidelberg, Germany  
Tel. +49-6221-618510  
Fax +49-6221-618511  
info@petpla.net

The 1st International Exhibition for PET bottles, closures, crates and filling equipment

www.petpla.net

pflanze Arabidopsis zu testen. Oberirdisch unterscheiden sich Kontroll- und veränderte Testpflanzen nicht. Sie entwickeln sich gleich und bilden zum gleichen Zeitpunkt Blüten. Erst wenn man die Pflanzen ausgräbt, sieht man deutliche Unterschiede. Die Wurzeln der transgenen Pflanzen sind rund 30 Prozent länger und weisen insgesamt mehr Masse auf. Beides kann die Wasseraufnahme, aber auch die Nährstoffaufnahme und damit das Wachstum allgemein verbessern. Welche Vorteile sich nun tatsächlich durch die Vergrößerung der Wurzel erzielen lassen, werden Arbeiten an Soja, Mais, Weizen und Raps zeigen.

**Zellschäden durch Wassermangel verhindern**

Der pflanzliche Stoffwechsel wird bei Stress – wie zum Beispiel Wassermangel – erheblich in Mitleidenschaft gezogen: Ionengleichgewichte verschieben sich, Membranstrukturen in der Zelle werden angegriffen, lebenswichtige Proteine beginnen zu denaturieren. Derartige Zellschäden akkumulieren sich und können zum Absterben der Zelle führen. Es gibt aber auch natürliche Gegenreaktionen. Zum Beispiel werden durch verschiedene Hauptschalter ganze Batterien von Genen an beziehungsweise abgeschaltet, um den Stoffwechsel anzupassen und die Schäden auf ein Minimum zu begrenzen.

Pflanzenmolekularbiologen gelang es 1997, einen solchen Hauptschalter zu isolieren, der für die Induktion von Genen bei Kältestress verantwortlich ist. Die mögliche Bedeutung dieses Aktivators wurde dann von einem amerikanischen Biotech-Start-up-Unternehmen weiter untersucht. Inzwischen arbeiten die Wissenschaftler der BASF mit diesen Pionieren im Arbeitsfeld Stresstoleranz zusammen. Dabei ist jetzt ein erster Durchbruch gelungen: Gemeinsam konnten sie zeigen, dass der Einbau dieses Gen-Aktivators in der Modellpflanze Arabidopsis nicht nur zu einer Verbesserung der Toleranz gegenüber Kältestress, sondern auch gegenüber Trockenstress führt.

„Mit den Fortschritten in den Bereichen Salztoleranz, Trockentoleranz, Kältetoleranz und den Möglichkeiten, die Wurzelmorphologie zu verändern, haben wir“, so Schweden, „wichtige Basiselemente für die erste Generation von Produkten im Bereich Stresstoleranz erarbeitet.“ Durch Kombination des Traits Stresstoleranz mit anderen Traits wie Pathogentoleranz, Herbizidtoleranz oder auch verbesserter Nährstoffzusammensetzung ergeben sich viele weitere Möglichkeiten, zukunftsfähige Problemlösungen für die Landwirtschaft zu entwickeln.

Bettina Furchheim



(Abb.: Wiley-VCH)

# Qual der Wahl vermindert

Eine unabhängige Studie der Nova GmbH, Frankfurt/Main, verglich jetzt 64 kommerzielle HPLC-RP Säulen (49 C18, 15 Spezialsäulen) miteinander. Mit Hilfe von mehreren, zum Teil speziell für diesen Zweck neu entwickelten Tests teilten Wissenschaftler unter Leitung von Dr. Stavros Kromidas die Säulen nach unterschiedlichen Kriterien zu Gruppen ein. Die Daten aus den Tests analysierten sie chemometrisch. Vertreter mehrerer Substanzklassen wurden unter realen Alltagsbedingungen getrennt.

Die Studie versteht sich laut Kromidas als Entscheidungshilfe u.a. bei folgenden Fragen:

- Welche Säule ist geeignet für die Trennung von...(Substanzklasse)
- Welche Säule ist ähnlich mit... bzw. diametral anders als...
- Aus welchen Säulen sollte mein „Portfolio“ bestehen bzw. mit welchen sechs Säulen sollte ich mein Säulenschaltventil bestücken?
- Welche Säule ist selektiv für „viele“ („Universalsäule“)?

An Hand ausgesuchter Beispiele werden auch Fragene diskutiert wie:

- Bleibt die Ähnlichkeit der Säulen untereinander konstant, unabhängig, ob in Methanol oder Acetonitril bzw. im Alkalischen oder im Sauren gearbeitet wird?
- Welche Eigenschaft einer Phase ist besonders wichtig bei der Trennung von ...

## Hydrophober Charakter der Phasen

Im Rahmen der Studie erlaubte die Durchführung mehrerer Tests eine Zuordnung der Phasen nach ihrem hydrophoben/polaren Charakter. Dabei wurden sowohl klassische, „milde“ Tests (z.B. Engelhardt-Test) berücksichtigt – die eher zu einer recht groben „ja/nein“ Entscheidung führen – als auch differenziertere Tests, die Unterschiede von recht ähnlichen Phasen (Symmetry Shield, ProntoSIL ACE, Nucleosil Nautilus) sichtbar machen.

Abb. 1 zeigt die Zuordnung der Phasen nach dem Trennfaktor Ethylbenzol/Fluorenol. Je größer der  $\alpha$ -Wert um so hydrophober ist die Phase. Die Ursache für einen hydrophoben Charakter kann eine Polymerschicht an der Oberfläche sein (z.B. Gromsil CP, Nucleosil AB), eine starke Belegung (z.B. Zorbax ODS, Symmetry C18) oder eine spezielle Bindung der Borste an der Oberfläche, die zu einer guten Abdeckung der Kiesegelmatrix führt (z.B. Zorbax Extend, Synergi MAX RP). Ab ca. Bondapak/Platinum C18 handelt es sich um C18/C8-Phasen mit einem recht polaren Charakter ( $\alpha = 1$ ). Bei sehr polaren Phasen (z.B. Spherisorb ODS1, Synergi POLAR RP) eluiert Fluorenol nach Ethylbenzol.

In Abb. 2 sind die Trennfaktoren  $\alpha$  Phenol/Pyridin in einem ungepufferten MeOH/H<sub>2</sub>O Eluenten für eine Reihe von Säulen abgebildet. Die auffallend

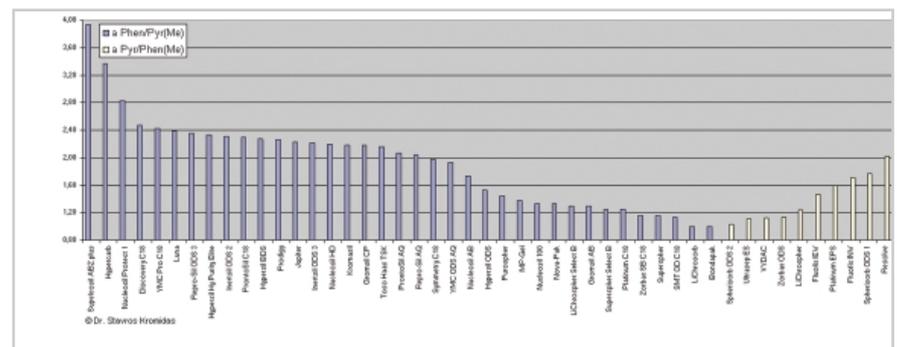
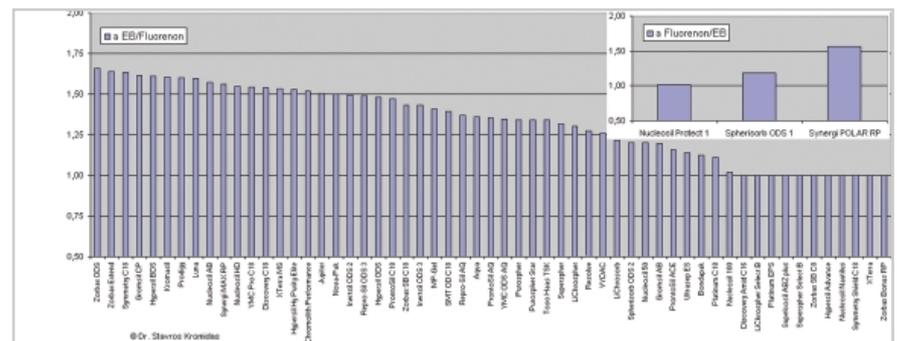
großen  $\alpha$ -Werte bei Supelcosil ABZ PLUS, Hypercarb und Nucleosil Protect 1 hängen mit einer starken Affinität des sauren Phenols mit protonierten Gruppen der Oberfläche (Supelcosil ABZ plus, Nucleosil Protect 1) bzw. mit der Struktur der Graphitoberfläche bei Hypercarb zusammen. Von Discovery C18 bis ca. TosoHaas TSK befindet sich eine Gruppe von Phasen, die als hydrophob mit gut abgedeckter Oberfläche zu bezeichnen sind. Ab ca. ProntoSIL AQ befinden sich Phasen, die aufgrund von hydrophilem Endcapping (z.B. YMC AQ), aktiven Silanolgruppen (z.B. Hypersil ODS), einer kurzen Alkylkette (z.B. Superspher Select B), geringem Bedeckungsgrad (z.B. Platinum C18) zu einer erhöhten Wechselwirkung mit Pyridin befähigt sind - was sich in den relativ kleinen  $\alpha$ -Werten Phenol/Pyridin widerspiegelt. Ab schließlich ca. Bondapak befinden sich recht silano-

oben:

Abb. 1: Die Zuordnung der Phasen nach dem Trennfaktor Ethylbenzol/Fluorenol von links nach rechts mit fallendem  $\alpha$ -Wert, d.h. sinkender Hydrophobie

unten:

Abb. 2: Die Zuordnung der Säulen nach dem Trennfaktor Phenol/Pyridin in einem ungepufferten Methanol/Wasser-Eluenten mit deutlich sichtbarer Elutionsumkehr





UMSCHAU

phile Phasen, bei denen – aufgrund der starken Wechselwirkung mit Pyridin – eine Elutionsumkehr beobachtet wird.

### ■ Selektivitäten in Acetonitril/Methanol

Abb. 3 zeigt die Trennfaktoren 3-Nitroanilin/4-Nitroanilin für eine Reihe von Säulen in Methanol und in Acetonitril. Folgende Beobachtung trifft auf viele Substanzklassen zu: Phasen mit hydrophobem Charakter zeigen eine bessere Selektivität in Methanol (hier Zorbax Extend bis Nucleosil HD), polare Phasen dagegen in Acetonitril (Platinum EPS bis Hypersil Advance). Die Konsequenz lautet: Entscheidet man sich aus bestimmten Gründen für den Einsatz einer polaren RP-Säule, so erzielt man die beste Selektivität in Acetonitril. Für eine hydrophobe Phase gilt natürlich genau das Gegenteil.

### ■ Selektivität in saurem/alkalischem Puffer

Es ist eine bekannte Tatsache, daß der pH-Wert bei der Trennung von ionisierbaren Analyten der entscheidende Faktor ist. Es hat sich hier herausgestellt, dass der pH-Wert auch die Trennung von polaren, nicht ionisierbaren

Analyten stark beeinflusst. Der Grund liegt wahrscheinlich in der negativen Ladung von Silanolgruppen im Alkalischen. Es bestätigt sich immer wieder, dass gerade polare Wechselwirkungen in RP-Systemen eine wichtige Rolle spielen.

In Abb. 4 sind Trennfaktoren für die Trennung Isobutylmethylketon / Isopropylmethylketon im alkalischen / sauren Acetonitrilpuffer wiedergeben. Hier handelt es sich um Analyten, die sich in ihrer Polarität merklich unterscheiden. Folgendes zeigt sich:

1. Die Selektivität für Analyten, die relativ große Polaritätsunterschiede aufweisen, ist im Sauren in der Regel besser. Polare Analyten dagegen lassen sich in der Regel selektiver im Alkalischen trennen.
2. Je hydrophober die Phase (z.B. Zorbax Extend, XTerra MS) um so ausgeprägter ist die Differenz der Selektivitäten zugunsten des sauren Puffers.
3. Je polarer die Phase, um so geringer fällt die Differenz aus, siehe Nucleosil Nautilus, Platinum EPS.
4. Bei dem sehr polaren Hypersil Advance schließlich ist die Selektivität im Alkalischen besser.

### ■ Eignung der Phasen für die Trennung von sauren Komponenten

In gleicher Weise können Trennfaktoren für starke und schwache Säuren mit verschiedenen Eluenten aufgetragen werden. Es zeigt sich, daß Methanol für die Trennung von sauren Komponenten generell geeigneter ist als Acetonitril. Außerdem gilt, daß diese Differenz um so gravierender ausfällt, je hydrophober die Phase ist.

Die Eignung der Säule abhängig vom Säulen- und Analyttyp wird in Abb. 5 demonstriert. Dort ist die recht schwierige Trennung von Uracil (Marker), Isohomovanilinsäure (IVS), 3,4-Dihydroxyphenylethylsäure (DOPAC), 5-Hydroxyindol-3-essigsäure (HIES) und 4-Hydroxy-3-methoxymandelsäure (HVS) an vier verschiedenen Säulentypen abgebildet. HVS/HIES ist eine „apolare“ Trennung, DOPAC/IVS eine „polare“.

Je hydrophober die Phase, um so selektiver ist sie für Säuren, die recht unterschiedlich in ihrem Charakter sind, z.B. schwache/starke Säuren. Starke Säuren ähnlicher Polarität dagegen vermag eine solche Säule nicht zu trennen. So zeigt Synergi MAX RP, eine der hydrophobesten RP-Phasen auf dem Markt, eine sehr gute Selektivität für das Analytpaar HVS/HIES, auch kleine organische Verunreinigungen werden hervorragend abgetrennt. DOPAC dagegen koeluiert mit HIES.

Auch das recht hydrophobe Zorbax Extend mit seiner Brückenbindung ist für DOPAC/HIES nicht selektiv, auch die organischen Verunreinigungen werden hier kaum abgetrennt. Bei AQUA mit dem hydrophilen Endcapping hat man die „Ahnung“ einer Trennung. Das polare Symmetry Shield („embed phase“) ermöglicht eine sehr gute Abtrennung von DOPAC bei einer akzeptablen Selektivität für HVS/HIES.

oben:

Abb. 3: Zuordnung einiger Säulen nach dem Trennfaktor 3-Nitroanilin/4-Nitroanilin in Methanol und in Acetonitril

unten:

Abb. 4: Zuordnung einiger Säulen nach dem Trennfaktor Isobutylmethylketon/Isopropylmethylketon in alkalischem bzw. saurem Acetonitrilpuffer

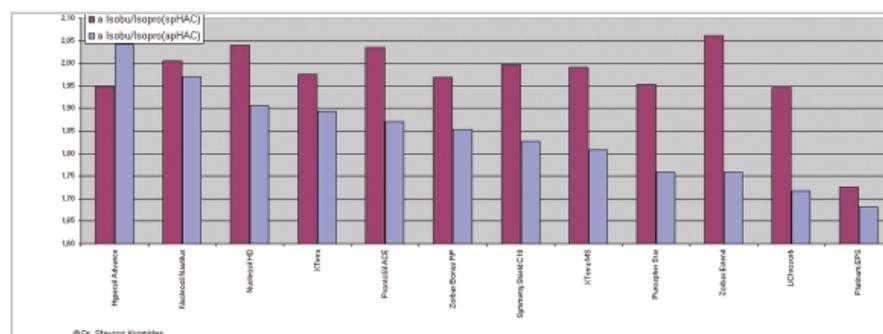
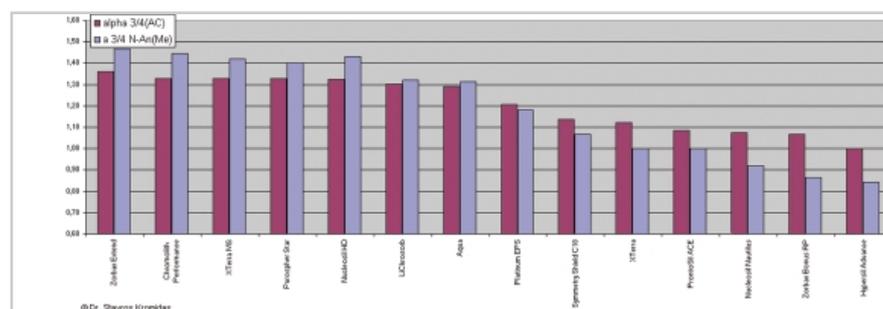




Abb. 5: Trennung von Uracil (Marker), Isohomovanilinsäure (IVS), 3,4 Dihydroxyphenyllessigsäure (DOPAC), 5-Hydroxyindol-3-essigsäure (HIES) und 4-Hydroxy-3-methoxymandelsäure (HVS) an vier verschiedenen Säulentypen

### ■ Selektivitäts-Hexagone

Selektivitäts-Hexagone sind eine interessante Darstellung, welche die Ähnlichkeit der Phasen untereinander auch rein optisch gut visualisiert. Es wurden mehrere solcher Hexagone für eine schnelle Entscheidung bezüglich Eignung einer Phase für die Trennung einer bestimmten Substanzklasse, in einem bestimmten Eluenten (Methanol/Acetonitril) oder bei einem be-

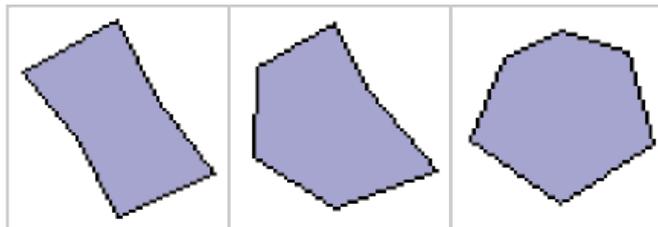


Abb.6 Selektivitätshexagone: Beispiele für einen hydrophoben Säulentyp, Phasen mit freien Silanolgruppen und embedded phases.

stimmten pH-Wert (saurer/alkalischer Phosphatpuffer) erstellt. Weiterhin kann leicht erkannt werden, welche Säule für eine bestimmte Zielsetzung unter gegebenen Bedingungen gegenüber welcher Säule ähnliche und gegenüber welcher diametral andere Eigenschaften besitzt.

Dabei stellen normierte  $\alpha$ -Werte, die bei der Trennung von bestimmten Analytpaaren ermittelt wurden, die Ecken von Hexagonen dar. Je symmetrischer das Hexagon ist, um so universell einsetzbarer ist die entsprechende Phase für die Trennung. Des weiteren kann leicht entschieden werden, welche Säule z.B. für die Trennung von starken aromatischen Säuren (Tere / Phthal), welche für schwache aromatische Säuren (3 / 4 OH-Benz) und welche für planare/nicht planare Aromaten (Triph / O-Ter) geeignet ist.

Schließlich wird durch die verdichtete Information die Ähnlichkeit von Phasen – ähnlich den Pictogrammen z.B. im Straßenverkehr – unmissverständlich erkannt, es ergeben sich charakteristische Bilder (siehe Abb. 6).

### ■ Selektivitätsplots

Zu ebenso interessanten Erkenntnissen führt das gegeneinander Plotten von Trennfaktoren ( $\alpha$ -Werte), die bei Trennungen mit vermeintlich ähnlichen Phasen ermittelt wurden. Je ähnlicher die Phasen sind, um so näher sollten sich die einzelnen Werte um die resultierende Winkelhalbierende befinden. Hier wurden 66 unterschiedliche Analytpaare unter bewußt unterschiedlichen chromatographischen Bedingungen (9 unterschiedliche Eluenten) getrennt und die ermittelten  $\alpha$ -Werte gegeneinander aufgetragen. Durch die große Anzahl der Werte und durch die unterschiedliche experimentellen Bedingungen gelangt man zu recht gesicherten Aussagen. *RK*

#### Kontakt:

Norbert Burggraf  
Novia GmbH  
Industriepark Höchst  
Gebäude B 845  
65926 Frankfurt  
Telefon: 069 / 305 43 8 43  
Fax: 069 / 309 159

## Chemiemuseum mit interaktiver Führungstechnik

### „Beacon“ bei Carl Bosch

„Gerade weil mir als Frau die Leitung eines Technik-Museums oft nicht zugetraut wird, war ich froh, mit dem Projekt „coolMuseum“ neue Wege gehen zu können.“ erklärte Frau Gerda Tschira am 20. Februar anlässlich der Präsentation einer modernen, rechnergestützten Museumsführertechnologie im Carl Bosch Museum Heidelberg.

Das Technikmuseum zeigt auf über 300 Quadratmeter und zwei Außenflächen Schlaglichter aus dem

Leben des Heidelberger Chemikers Carl Bosch (1874-1940), der vom Prokuristen zum Vorstandsvorsitzenden der BASF und zum Vorsitzenden der I.G. Farbenindustrie aufstieg. Den Nobelpreis für Chemie erhielt er 1931 zusammen mit Friedrich Bergius für die großtechnische, industrielle Umsetzung der bereits bekannten Laboranlage zur Ammoniaksynthese, für die Fritz Haber bereits 1918 die Auszeichnung erhalten hatte.

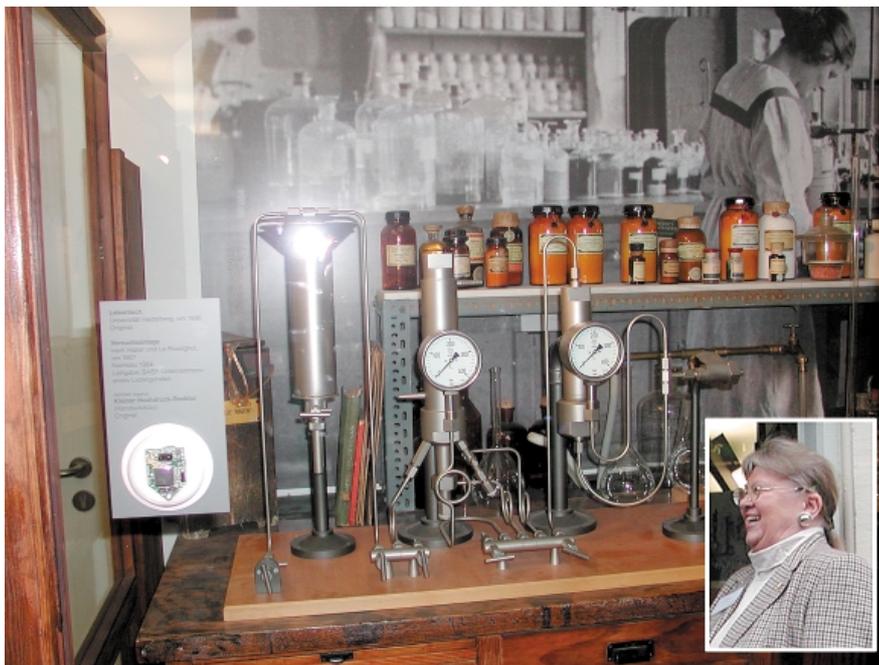
Die Themenbreite des Museums reicht von der Entwicklung der chemi-

schen Technik bis hin zur Rolle der I.G. Farbenindustrie im Nationalsozialismus. Anschaulich wird der Weg von den labortechnischen Anfängen bis zum Aufbau riesiger Industriekomplexe der Hochdrucktechnik nachvollzogen. Interaktive Präsentation und moderne AV-Medien machen das Museum zu einem neuen Erlebnis im alten Heidelberg.

Nun ist mit „coolMuseum“ eine weitere Verbesserung für den Besucher hinzugekommen. Es ist ein Multimedia-Informationssystem, das mit



UMSCHAU



Freut sich über die gelungene Vorführung von „CoolMuseum“ mit den „Beacon“-Sendern (links an dem Ausstellungsstück): Museumsgründerin und -leiterin Gerda Tschira (kleines Bild). Sehr interessiert an der Technik zeigten sich u.a. Vertreter des Deutschen Museums München, des Audi-Forums Ingolstadt sowie des Landesmuseums für Technik und Arbeit in Mannheim (Fotos: Bulmahn).

modernster Technik sowie einem Handy-großen Kleincomputer (PDA) als Steuergerät den Museumsbesuch individualisiert. Dazu wird an jedem Ausstellungsstück ein neu entwickelter Infrarotsender, genannt Beacon, angebracht, der so dem Museumsgast die gewünschten Informationen liefert.

Der Besucher kann Informationen in Bild, Video, Ton und Text empfangen, nach bestimmten Begriffen suchen, Fragen stellen und am Ende per Computerausdruck seine „persönliche Museumsbroschüre“ erstellen. Das Info-System ist nach unterschiedlichen Bedürfnissen skalierbar. Man kann beispielsweise zum gleichen Exponat alles Wissenswerte in deutsch oder einer anderen Sprache als Text lesen oder als gesprochenes Wort hören. Andererseits kann der Besucher

auch einer vom Museum zusammengestellten virtuellen Themasammlung folgen, wie zum Beispiel der Führung über die Zeit Carl Boschs bei der BASF.

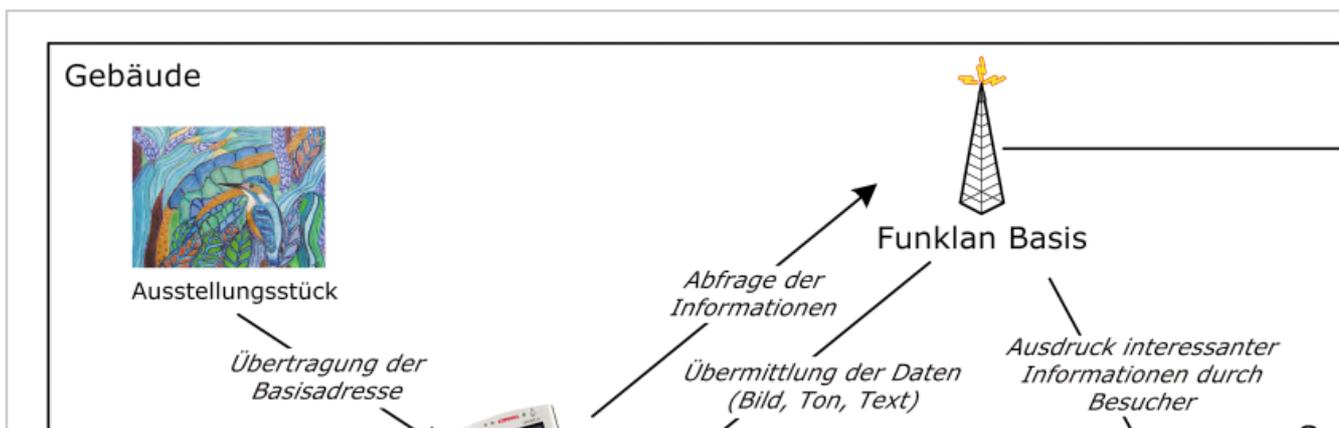
„CoolMuseum soll nicht die klassischen Führungen ersetzen,“ sagt Gerald Holnburger, Geschäftsführer der IT-Systemdesign. „Aber der einzelne Besucher kann frei im Museum umherschlendern und sich jederzeit schnell und bequem mit Informationen über das Ausstellungsstück versorgen, das ihn gerade interessiert.“ Entwickelt wurde der interaktive Museumsführer in einem Gemeinschaftsprojekt der Firmen IT-Systemdesign und 21up.de.

„Besonders wichtig war es für uns, einen Museumsführer für die Bedürfnisse aller Museumsbesucher zu entwickeln“ unterstreicht Nicole Malek

von 21up.de die Besonderheit der Entwicklung. „Wir haben mit coolMuseum erreicht, dass Eltern mit ihren Kindern gemeinsam durch das Museum gehen und jeder seine persönlichen Informationen erhält. Zum Beispiel bekommt der Vater die letzten technischen Highlights vom Dieselmotor und die Tochter die Grundprinzipien des Dieselantriebes erklärt.“

Maren Bulmahn

Funktionsprinzip der „CoolMuseum“-Technik. Die Darstellung auf dem PDA erfolgt als Internetseite (Abb.: IT-Systemdesign).



## EMBO ergreift Initiative für Wissenschaftskarrieren Erziehender Stipendium für den Wiedereinstieg

Mit einem Restart-Stipendium will die Europäische Organisation für Molekularbiologie (EMBO) Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern den Wiedereinstieg in die Forschungsarbeit nach einer „Auszeit für die Familie“ erleichtern. Wie Dr. Gerlind Wallon, Projektleiterin Frauen in der Wissenschaft bei EMBO am 20. Februar in Heidelberg bekannt gab, sollen zunächst acht Stipendien mit einem Jahresbudget von etwa 30 000 Euro für zwei Jahre vergeben werden.

Der geschäftsführende Direktor der dem European Molecular Biology Laboratory (EMBL) benachbarten Wissenschaftsorganisation, Prof. Dr. Frank Gannon, betonte, es sei Strategie von EMBO, Bedürfnisse zu identifizieren und für deren Erfüllung Mechanismen in Gang zu setzen. Wenn diese erst arbeiteten, ließe sich die Wirkung wohl verstärken, Klartext: Acht Stipendien sollen nicht das letzte Wort sein. Interessenten können Informationen dazu über das Internet erhalten und sich dort auch bewerben ([www.embo.org](http://www.embo.org)). Die Bewerbungsfrist endet in diesem Jahr am 15. August. Voraussetzung für eine erfolgreiche Bewerbung sei, dass man schon eine Stelle im Labor als Post-Doc gefunden habe.

Wie Gannon weiter ausführte, sei der Anteil von Frauen an EMBO steigend und betrage jetzt 12,6 Prozent. Damit wolle man sich jedoch bei einem Anteil von 50 Prozent Frauen zum Studienbeginn in den Life Scien-



Dass die Chancengleichheit von Frauen in der Wissenschaft nicht nur eine Frage von Strukturen ist, sondern ein Umdenken bei jedem einzelnen erfordert, erläuterten (v.l.) Christiane Nüsslein-Volhard, Gerlind Wallon, Frank Gannon und Renée Schröder an etlichen Beispielen (Foto: rk).

ces nicht zufrieden geben. Allerdings wehrte sich Gannon auch gegen eine Frauenquote, die nur einen kurzzeitigen Erfolg ermögliche.

Gerlind Wallon sieht aus der Entwicklung der Gesellschaft den Frauenanteil in der Wissenschaft wachsen. Der Bedarf an qualifizierten Fachkräften steige bei fallenden Geburtenraten. Es gelte auch, Verluste von Investitionen in Ausbildungen zu vermeiden. Die Ausbildung eines Wissenschaftlers, einer Wissenschaftlerin koste im Durchschnitt 500 000 Euro. Jetzt gelte es, die Rahmenbedingungen für die Karriere von Wissenschaftlern, die sich auch um die Kindererziehung kümmern müssen, zu verbessern.

In welchem Umfang hier Änderungen notwendig sind, verdeutlichte Prof. Dr. Renée Schröder, Gruppenleiterin am Institut für Mikrobiologie und Genetik der Universität Wien: „Schon die Religionskultur lehrt uns die Dominanz des Männlichen. Hier

gilt es, vorurteilslos zu denken.“ Auch sollten Altersgrenzen für berufliche Karrieren abgeschafft werden. In San Diego hätte man die Leistung hochbetagter erkannt. Man richte selbst 80jährigen Wissenschaftlern ein hochmodernes Labor ein, um von deren Erfahrungen zu profitieren. Die Professorin gab zu bedenken, dass bei der Entscheidung für Karrieren im Familienkreis nicht automatisch diejenige des Mannes in den Vordergrund treten dürfe.

Prof. Dr. Christiane Nüsslein-Volhard nannte die Bedingungen für die Kinderbetreuung in Deutschland als weiteren Grund für Probleme von Wissenschaftlerinnen, wieder in den Beruf zurückzukehren. Sie forderte kostenlose Kinderkrippen und Ganztagschulen. Es sei besser, Studiengebühren zu erheben und dafür die Kinderbetreuung kostenlos zu ermöglichen als umgekehrt. Zu Ängsten von Eltern hinsichtlich eines geringeren eigenen Zeitanteils für die Kinder meinte sie, es sei nicht klar, ob die Anwesenheit der leiblichen Mutter von morgens bis abends allerbestens für ein Kind sei. Wer sich für einen Beruf in der Wissenschaft entscheide, müsse sich auf viel Arbeit und auf entsprechende Zeitprobleme einstellen. Die Nobelpreisträgerin gibt selbst ein Beispiel, dass aus der Anforderung im Beruf Probleme im Privatbereich entstehen können: Sie lebt von ihrem Mann getrennt, hat keine Kinder.

Rolf Kickuth

**Rubikon**  
Agentur & Verlag  
für Wissenschaft  
und Technik  
Lutz Krampitz  
Anzeigen CLB  
Bammentaler Str. 6-8  
69251 Gaiberg  
[www.rubikon.de](http://www.rubikon.de)  
Tel.: 0203-73851-64  
Fax: 0203-73851-65  
anzeigen@clb.de  
Zeitschriften – Broschüren – Korrespondenzen  
in Eigenproduktion und Auftragsarbeit  
Verständliche Technik im Umfeld Ökonomie & Gesellschaft

Hier könnte Ihre Visitenkarte stehen  
– als wirksamer, direkter Kontakt  
unserer Leser zum Vertrieb.  
Und das für nur 190 €!

## Physikalisches Grundpraktikum

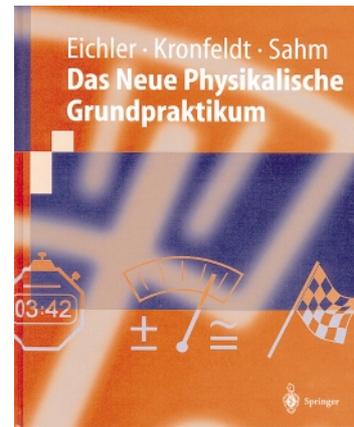
Hans J. Eichler, Heinz-Detlef Kronfeldt, Jürgen Sahn: **Das Neue Physikalische Grundpraktikum**. 588 Seiten mit 577 zweifarbigen Bildern und 55 Tabellen. Springer-Verlag, Berlin und Heidelberg. ISBN 3-540-63109-7. Euro 44,95.

Die Autoren gehen in ihrem Vorwort auf den Zweck dieses Buches ein und formulieren die wichtigsten Ausbildungsziele eines Physikalischen Grundpraktikums: Einführung in die Physik als Erfahrungswissenschaft, Kennenlernen und Vertrautwerden mit wichtigen Messverfahren und -Geräten, Einführung in die Methodik wissenschaftlicher experimenteller Arbeit, insbesondere Versuchsplanung und -Aufbau (...). Dass das aus den schriftlichen Anleitungen für das Physikalische Grundpraktikum an der Technischen Universität Berlin hervorgegangene Buch kein „Kochbuch“ mit nur Versuchsbeschreibungen ist, merkt man schon beim Durchblättern, und der erste Eindruck ist hervorragend. Es werden acht Logos in Rot sowie graue und rote Rasterflächen verwendet, die natürlich alle ihre Bedeutung haben. Und es fällt noch auf, dass die Formeln klar gesetzt

und die Zeichnungen sauber gezeichnet sind. Aus diesem Blickwinkel ein vorbildliches Buch.

Das Buch enthält 53 Themenkreise (z. B. Trägheitsmoment, Materie im Magnetfeld), die in 12 Kapitel (z. B. Linsen und optische Instrumente, Spektroskopie und Atomaufbau) zusammengefasst sind. Jeder Themenkreis enthält eine Zahl von Teilaufgaben. Für jede Teilaufgabe ist der Zeitbedarf angegeben, so dass Teilaufgaben für einen Praktikumstermin (typisch 4 Stunden) zusammengestellt werden können. Am Anfang eines jeden Themenkreises und jeder Teilaufgabe stehen das Lernziel, bei den Teilaufgaben zusätzlich die benötigten Geräte.

Für die Lernziele soll hier ein Beispiel angegeben werden. Beim Themenkreis „19. Widerstände, Ohmsches Gesetz“ steht als Lernziel „Messung elektrischer Grundgrößen: Strom, Spannung, Widerstand. Elementare Grundgesetze der Elektrizitätslehre und deren Anwendung. Umgang mit einfachen elektrischen Bauelementen und Meßgeräten.“ Dieser Themenkreis enthält nach der Beschreibung



der Grundlagen dann drei Teilaufgaben mit jeweils eigenem Lernziel.

Nur am Rande sei erwähnt, dass sich das erste Kapitel mit den Grundbegriffen der Messtechnik (Messen, Auswerten, Fehlerrechnung, Statistik) beschäftigt, der drittletzte Themenkreis mit der Einführung in das Arbeiten mit einem Personalcomputer. In den Beispielen wird als Programmiersprache Pascal verwendet.

Es macht Spaß, in diesem schön gestalteten und gut gegliederten Buch zu lesen, auch wenn man nicht an einem Praktikum teilnimmt.

R. Ellmer

## Bio- und Physikalische Chemie

Mit seiner Reihe **Teubner Studienbücher Chemie** will der zur Fachverlagsgruppe **BertelsmannSpringer** gehörende Verlag Teubner im Laufe der Zeit alle Bereiche der Chemie vorstellen, wobei nicht die Breite von Lehrbüchern oder umfangreichen Monographien angestrebt wird. Die einzelnen Bände sollen Studenten der Chemie und bereits im Berufsleben stehende Chemiker in aktuelle und in rascher Entwicklung befindliche Gebiete der Chemie einführen. CLB stellt zwei Bücher aus dieser Reihe vor.

Hartmut Follmann: **Biochemie. Grundlagen und Experimente**. 246 Seiten. ISBN 3-519-00333-3. Ca. 23,50 Euro.

Der Autor schreibt in seinem Vorwort, dass das Buch für alle gedacht ist, die in Studiengängen der Biologie und Chemie sowie benachbarter Fachrichtungen frühzeitig Wissen und Einblick in die Denk- und Arbeitsweise der Biochemie gewinnen wollen und die Gelegenheit haben, schon im Grundstudium einen biochemischen Kurs oder ein Praktikum absolvie-



ren zu können. Damit drückt er aus, was bereits der Untertitel des Buches aussagt: Ein-  
führungs-  
buch mit

Versuchen. Zehn Kapitel erwarten den Leser, von denen sechs Stoffgruppen gewidmet sind, die anderen behandeln Grundlagen oder Analysenverfahren oder bringen Tabellen u. ä. Die nahezu 70 Experimente sind seit Jahren an den Universitäten Marburg und Kassel erprobt worden; Beispiel: Bestimmen Sie den Zuckergehalt in verschiedenen Sorten einfacher Corn Flakes und vergleichen Sie ihn mit den auf der Packung angegebenen Werten. – Ein Buch, das schnell Freunde finden wird.

Claus Czeslik, Heiko Seemann, Roland Winter: **Basiswissen Physikalische**

**Chemie**. 454 Seiten. ISBN 3-519-03544-8. Ca. Euro 40.

Dieses Buch ist aus einer Vorlesungsreihe im Grundstudium entstanden und will einen ersten Überblick über die wichtigsten Teilgebiete der Physikalischen Chemie geben.

Da es nicht so umfangreich ist wie traditionelle Lehrbücher, soll der Stoff auch das Lernen für Prüfungen und Klausuren erleichtern. In den Kapiteln werden Übungsaufgaben vorgerechnet; eine Aufgabensammlung gibt es nicht.

Und dies sind die Kapitel: Aggregatzustände, Thermodynamik, Aufbau der Materie, Statistische Thermodynamik, Grenzflächenerscheinungen, Elektrochemie, Reaktionskinetik, Molekülspektroskopie. Interessenten sollten wissen, dass die Autoren auf eine klare und straffe mathematische Ableitung und Formulierung der Ergebnisse Wert gelegt haben. Hier folgen zu können, erfordert Voraussetzungen.

H. R. Wiedmann



# Instrumente der E-Science

**Wie Professor Jessen (TU München) auf dem Workshop der Bayer AG zum Thema E-Science (vgl. CLB-Januar-Heft) ausführte, sind Computer und Netze die Basisinstrumente der E-Science, zu den Techniken für die Nutzung dieser Instrumente gehören vor allem Speicherung und Wiederauffindung von Wissen. Bei Computern und Netzen sind die Entwicklungsmöglichkeiten der nächsten 10 Jahre recht gut übersehbar. In der folgenden Zusammenfassung werden Supercomputer nicht berücksichtigt.**

## Computer

Bei den persönlichen Rechnern liegt die Leistung derzeit zwischen 0,1 und 1 Giga-Flop/s. Es ist zu erwarten, dass die Leistung im nächsten Jahrzehnt um den Faktor 50 zunimmt. Dies ist im Endeffekt nicht mit einer Kostenzunahme verbunden, denn die Kosten werden um ebenfalls den Faktor 50 heruntergehen. Daraus resultiert, dass der volle Leistungsgehalt zu konstanten Investitionskosten erhalten wird. Die Ergonomie und die Sicherheit ist bei Arbeitsplatzrechnern jedoch verbesserbar. Bei der Basissoftware für Arbeitsplatzrechner erhofft man sich eine Qualitätsverbesserung durch die Of-

fenlegung von Programmquellen. Dies ermöglicht eine kooperative Verbesserung der Software (open source). Die Nutzung von mobilen Computern wird im nächsten Jahrzehnt schnell zunehmen, doch sind derzeit noch viele Wünsche offen; erinnert sei an Gewicht, Betriebsdauer und Erreichbarkeit über leistungsfähige Funknetze.

## Netze

Im Bereich der Netze sind die Ausichten eigentlich noch günstiger als bei Computern. Das Internet umfasst derzeit 100 Millionen Computer und schätzungsweise 400 Millionen Benutzer. Es wird damit gerechnet, dass Leistung des Netzes und Teilnehmerzahl jährlich um den Faktor 2 zunehmen. Da sich die spezifischen Kosten um den gleichen Faktor halbieren, kann die anwachsende Leistung zu konstanten Gesamtkosten abgegeben werden. Die bekannten Sicherheitsprobleme sind nicht auf technische Unreife zurückzuführen, sondern auf den leichtsinnigen Umgang mit Endsystemen, die für den Gebrauch an einem offenen Netz nicht geeignet sind.

Große Erwartungen werden in die Lichtleiter gesetzt. Es werden in Kürze Lichtleiter auf den Markt kommen, die in einer einzigen Faser 80 Übertragungskanäle zu je 10 Gigabit pro Sekunde bie-

ten. Das ist mehr als das gesamte Internet derzeit im zeitlichen Mittel transportiert.

## Speicherung und Wiederauffindung

Die Speicherung des Wissens ist kein Problem. Zwar wird das persönliche und überpersönliche Wissen der Menschheit auf  $10^{18}$  B geschätzt und wächst um 10 Prozent jährlich, aber die insgesamt zur Verfügung stehenden Speicherkapazitäten lassen das Wissen um den Faktor 1 Million hinter sich - und sie wachsen viel schneller als das Wissen.

Bei der Wiederauffindung von gespeichertem Wissen sieht es leider ganz anders aus. Die heutigen Verfahren der Strukturierung und Suchmaschinen können nur als Vorstufe von dem bezeichnet werden, was nötig ist, um mit dem gespeicherten Wissen effektiv umgehen zu können.

## Publikationen

Professor Jessen ist der Meinung, dass sich das wissenschaftliche Veröffentlichen außerhalb der Publikationsmonopole, und das sind die Zeitschriften, zu langsam einführt. Das freie Publizieren, etwa im WWW, führt zwar zu billigen, aber auch unverbürgten Publikationsformen. Andererseits wachsen die Kosten der traditionellen Wissensübermittlung in der Wissenschaft, zum Beispiel durch Zeitschriften, um etwa 15 Prozent jährlich an. Leider streben Wissenschaftler bevorzugt eine Publikation in überbewerteten Medien an. *R. Ellmer*

# Verschlüsseln und Entschlüsseln

Will man einem Zweiten eine Nachricht übermitteln, die ein Dritter - fällt ihm diese Botschaft in die Hände - nicht verstehen soll, so muss man ihren Sinn verbergen. Vom griechischen *kryptos* (verborgen) leitet sich der Begriff Kryptographie ab. Im Deutschen wird meist von Verschlüsseln und Entschlüsseln einer Nachricht gesprochen, die englischen Begriffe sind encryption und decryption. Die Kryptographie hat sich im Laufe der Jahrhunderte immer weiter entwickelt und erhielt besonders in Kriegen neue Impulse. Wurde auf der einen Seite ein neues Verschlüsselungsverfahren entwickelt, so machte sich die andere Seite daran, die verschlüsselten Nachrichten zu entschlüsseln. Wichtige Stationen auf dem Wege der Entwicklung

waren die Maschinen Enigma (mechanisch) und ENIAC (18000 Röhren).

Jeder, der heute Nachrichten über das Internet verbreitet, muss damit rechnen, dass die Nachricht mit viel Aufwand abgefangen und gelesen werden kann. Sie kann aber nicht gelesen werden, wenn sie verschlüsselt ist und trotz großer Anstrengungen mit großer Wahrscheinlichkeit nicht entschlüsselt werden kann.

## Pretty Good Privacy® = PGP

Das Verschlüsselungsverfahren PGP wurde von Phil Zimmermann entwickelt und kann heute kostenlos von Privatpersonen benutzt werden, ganz sicher auch für erste Versuche in einem kommerziellen Labor. Doch wer es im Geschäftsbetrieb regelmäßig einsetzen will, muss

eine Lizenz erwerben. CLB hat die Dokumentation und das Programm von der CD-ROM der Zeitschrift

Chip vom Juli 2001 geladen. Interessenten können im Internet bei *Network Associates* ([www.nai.com](http://www.nai.com)) Informationen einholen, auch bei der internationalen PGP-Seite [www.pgpi.com](http://www.pgpi.com).

PGP ist ein „Kryptographieverfahren mit öffentlichen Schlüsseln“. Es werden zwei zueinander gehörende Schlüssel (ein Schlüsselpaar) erzeugt. Auch PGP ist nicht absolut sicher. Die Verschlüsselung der nächsten Generation soll dann nicht mehr auflösen sein. Man spricht von Quantenkryptographie, die auf der Quantentheorie beruht. Der Kampf zwischen Verschlüsseln und Entschlüsseln wird dann zu Ende gehen.



## BASF: Erste Standortanalyse in Ludwigshafen

„Der Standort Ludwigshafen ist keine Insel, der losgelöst von allen anderen Standorten betrachtet werden kann. Er ist der wichtigste Standort der BASF innerhalb Europas und auch weltweit, den es gilt für die Zukunft wettbewerbsfähig zu halten“, sagte Eggert Voscherau auf der Standortpressekonferenz in Ludwigshafen Anfang Februar. Das Vorstandsmitglied des Unternehmens verantwortet seit Mai 2001 u.a. die Standortentwicklung am Mittelrhein. Erstmals startete er mit dem Projekt „Standortkonzept Ludwigshafen“ eine detaillierte Standortanalyse. Wunschvorstellung des Unternehmens ist, den Standort Ludwigshafen zu erhalten und weiter auszubauen, aus guten Gründen: Hier befindet sich mit 250 Produktionsbetrieben das größte zusammenhängende Chemieareal Europas, leistet das Unternehmen auch zwei Drittel seiner weltweiten F&E-Arbeiten.

Für die Investitionen in den Standort hält die Unternehmensleitung jedoch eine langfristige Planungssicherheit von etwa zwei Jahrzehnten für erforderlich. Eine solche Sicherheit sieht Voscherau durch die europäische Politik, die sich „zu einseitig an Sauberkeit der Umwelt zu Lasten von Wachstum und Beschäftigung“ orientiert, bedroht.

Zur Zeit werden beispielsweise das Weißbuch der Chemikaliengesetzge-



Wenn das neue Zentrallager 2003 eingeweiht wird, ersetzt es 52 kleinere Außenlager in Mannheim und Ludwigshafen (Foto: BASF).

bung oder der Handel mit Emissions-Zertifikaten (Emission Trading) diskutiert. Würden alle angedachten Vorschläge tatsächlich umgesetzt werden, kämen aus heutiger Sicht europaweit auf den Konzern Mehrkosten von bis zu 300 Millionen Euro pro Jahr zu. Eine Neuausrichtung der europäischen Chemikalienpolitik sei grundsätzlich zu begrüßen. Allerdings sollten hierbei Regelungen vereinfacht, Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen verbessert und die Sicherheit des Verbrauchers erhöht werden, so die neue Standortleitung.

Unabhängig von solchen politischen Unwägbarkeiten sind für 2002 weitere Investitionen geplant. Die Standortinvestitionen steigen mit

etwa 500 Millionen Euro in diesem Jahr auf 25 Prozent der gesamten BASF-Investitionen, Auslandsinvestitionen nehmen ab. Dies lässt sich durch die Planungsvorarbeit und die Bauarbeiten der Riesenanlagen am Standort Ludwigshafen aber auch gar nicht mehr stoppen. Beispielsweise entsteht gerade für 80 Millionen Euro ein neues Hochregallager. Dieses Logistikzentrum im Norden des BASF-Werksgebietes soll 52 kleinere Außenlager ablösen. Ebenso investiert man fast 100 Millionen Euro in die Qualifizierung der Mitarbeiter durch Aus- und Weiterbildung. „Was jedoch ab 2004 an Investitionen hinzukommt ist die Frage“, fokussiert Voscherau den Hauptzweck der Standortanalyse.

In deren Rahmen haben Arbeitsgruppen bislang Leistungen und Kostenströme aufgenommen. Die anschließende fundierte Auswertung soll zu einer Produktionsstrategie und zu einer Vision für den Standort als bedeutenden Teil der BASF-Guppe führen. Dass der Standort Ludwigshafen nicht isoliert betrachtet werden darf, zeigt die in Veränderung befindliche Struktur der Europaorganisation der BASF als Ergebnis des Projektes „Fit for the Future“. Neu hierbei ist die enge vertikale Vernetzung von Produktion, Marketing, Vertrieb und Logistik für ganz Europa, wobei Synergiepotentiale zwischen den eigen-



Eggert Voscherau, Dr. Walter Seufert und Dieter Thomaschewski (v.r.) fordern von der Politik eine langfristige Planungssicherheit für den Ausbau von Chemiestandorten (Foto: rk).

verantwortlich arbeitenden Business Units genutzt werden.

Einerseits sind die regionalen Geschäftseinheiten wenn möglich so zugeschnitten, dass sie jeweils eine gesamte Branche abdecken. Andererseits werden internationale Großkunden sowohl länder- als auch geschäftseinheitsübergreifend bedient. Die Betreuung nationaler Großkunden erfolgt weiterhin durch nationale Mitarbeiter, um die regionalen Unterschiede der Kulturen zu respektieren und zu nutzen. Ein weiterer Punkt ist die Optimierung der Kleinkunden-Geschäfte.

Zukünftig fasst der Konzern die Landesgesellschaften in acht Business Centern zusammen. Hierbei hat der Standort Ludwigshafen als Business Center Deutschland keine Sonderstellung. Zusätzlich entsteht in Ludwigshafen eines von fünf „customer support centers“. Hier werden die Funktionen von Innendienst und Ausendienst in Kombiteams zusammengeführt.

All dies ergibt Vorteile für den Kunden – aber auch für den Standort Ludwigshafen fast 100 neue qualifizierte Stellen. Langfristig hofft man in Ludwigshafen auf einen weiteren

Stellenausbau. Allerdings: Die Arbeitsplätze ändern sich dramatisch. In den Anlagen verringert sich der Personaleinsatz, die Anforderungen an die dort Beschäftigten steigen. Der Stellenwert der Informatik wächst. Die BASF hat sich darauf schon eingerichtet. In der Unternehmenstochter BASF-IT Services GmbH arbeiten 1900 Menschen, 1600 in Ludwigshafen. In den nächsten drei Jahren soll die Belegschaft dieser Tochter um weitere 20 Prozent wachsen.

Voscherau forderte nicht nur Planungssicherheit von der Politik, sondern er betonte andererseits die „Schicksalsgemeinschaft“ zwischen der BASF und Ludwigshafen. Die soziale Verantwortung des Unternehmens zeige sich beispielsweise in Vereinbarungen, die der Stadt trotz geänderter steuerlicher Rahmenbedingungen einen größeren Teil der gewohnten Gewerbesteuern erhalte. „Der Standort Ludwigshafen kann nicht stabil sein, wenn Ludwigshafen nicht stabil ist“, betonte er, aber er zeigte auch die Grenzen der Unternehmensentscheidungen auf: „Eigner des Unternehmens ist nicht der Vorstand.“ **RK**

## Aus den Firmen

Die **Hoffmann-La Roche AG** und **Bruker Daltonics** (NASDAQ: BDAL) haben Ende Januar eine umfassende Allianz auf dem Gebiet der Proteomik bekannt gegeben. Die daraus resultierende Zusammenarbeit wird sich auf die Entwicklung hoch effizienter Proteinanalyseverfahren mittels Massenspektrometrie konzentrieren.

Die **Stinnes AG** konnte im Geschäftsjahr 2001 das EBIT (Gewinn vor Steuern und Zinsen) steigern. Zu der positiven Entwicklung haben insbesondere die Bereiche Europäischer Landverkehr und das Chemielogistikgeschäft beigetragen. Eine Tochtergesellschaft aus diesem Bereich, die **Brenntag AG**, hat eine europaweite Vertriebsvereinbarung mit **Genencor International** unterzeichnet. Sie ist damit für zahlreiche Enzymprodukte exklusiver Distributionspartner von Genencor.

Der Umzug der **Thermo Nicolet GmbH** mit den Produktlinien Thermo Nicolet, Thermo Mattson, Thermo Spectra-Tech, Thermo ARL und Thermo Elemental erfolgte Ende Januar. Das Unternehmen ist nun unter folgender Adresse erreichbar: Werner-Heisenbergstr. 2 in 63262 Neu-Isenburg, Tel. 06102/36710

Die ehemalige Henkel-Chemietochter **Cognis** (jetzt Investorenkonsortium Permira Funds, GS Capital Partners und Schroder Ventures Life Sciences Funds) erhält als neuen Aufsichtsratsvorsitzenden Harald Wulff. Der promovierte Chemiker übergibt seine bisherige Position des CEO an Antonio Trius, ebenfalls promovierter Chemiker.

Die **Degussa AG**, Düsseldorf, hat das Persulfatwerk ihres Standortes Rheinfelden/Lörrach an die Unionchimica Industriale S.p.A., Bergamo, die Holdinggesellschaft der in Italien ansässigen Bombardieri-Gruppe verkauft. Das Werk produziert Ammonium- und Natrium-Persulfat. Im Jahr 2000 erwirtschafteten dort 36 Mitarbeiter einen Umsatz von knapp 10 Mio. Euro. Der neue Eigentümer wird den Betrieb weiterführen und die Mitarbeiter übernehmen. Die Degussa AG wird andererseits für 21,5 Mio. US-Dollar die Genset Oligos, Paris, übernehmen und stärkt damit ihre Nukleinsäurechemie.

## VFA: Geringere Aufwendungen für Forschung und Entwicklung

Die im VFA (Verband forschender Arzneimittelhersteller) zusammengeschlossenen Firmen in Deutschland blicken aufgrund der Sparmaßnahmen im Arzneimittelsektor spürbar zurückhaltender auf das Jahr 2002. Dem Verband gehören 45 Mitgliedsunternehmen an. Wie eine Umfrage unter diesen Pharmabetrieben ergab, rechnet die Mehrzahl mit rückläufigen Preisen. Fast ein Drittel geht davon aus, dass die Zahl der Beschäftigten zurückgehen wird.

Bei den Investitionen für Forschung und Entwicklung fällt der Standort Deutschland zurück, zunehmen werden sie dagegen an den ausländischen Standorten. Der Anteil der Unternehmen, die die FuE-Ausgaben hierzulande steigern wollen, ist von 74,2 Prozent im Vorjahr auf 41,9 Prozent gesunken.

Auch bei der bio- und gentechnologischen Forschung sind entsprechende

Tendenzen sichtbar: Nur noch 36,4 Prozent – gegenüber 57,1 Prozent im Vorjahr – wollen der Umfrage zufolge ihre Forschungsaufwendungen in Deutschland erhöhen. Die Hauptgeschäftsführerin des Verbandes, Cornelia Yzer, forderte klare und langfristig verlässliche Rahmenbedingungen für einen starken Pharmastandort Deutschland. „Es wird sich noch erweisen, dass der regulatorische Aktionismus des Jahres 2001 die überfällige Gesundheitsstrukturreform eher behindern als befördern wird“, erklärte Yzer.

Auch bei der bio- und gentechnologischen Forschung verliere der Standort Deutschland an Boden: Nur noch gut ein Drittel der befragten Unternehmen (36,4 Prozent) gegenüber 57,1 Prozent im Vorjahr wollen ihre Forschungsaufwendungen in Deutschland erhöhen.

## Abwassergebühren kaum gestiegen

„Die Abwasserentgelte in Deutschland liegen auf dem Niveau des Vorjahres“, so Dieter Bongert, wasserpolitischer Sprecher des Bundesverbandes der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW), und Professor Hermann H. Hahn, Präsident der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (ATV-DVWK), auf einer gemeinsamen Pressekonferenz.

Im Jahr 2000 seien die Abwasserentgelte im Vergleich zum Vorjahr lediglich um 0,3 Prozent gestiegen. 2001 seien die Abwassergebühren sogar unverändert geblieben. Trotz der aktuellen Inflationsrate von 2,5 Prozent seien die Abwassergebühren stabil. Dieses ergaben die von BGW und ATV-DVWK gemeinsam innerhalb einer Umfrage im Jahr 2001 erhobenen Marktdaten zur Abwasserentsorgung.

Nach Angaben von ATV-DVWK und BGW liegt das durchschnittliche Abwasserentgelt derzeit jährlich bei 117 Euro je Einwohner. Jeder Bürger

zahlt also täglich rund 32 Cent für die Abwasserbeseitigung. Hierin enthalten sind die Leistungen für die Sammlung, Ableitung und Reinigung von Schmutz- und Regenwasser sowie Anschlussbeiträge.

Bezogen auf den Frischwassermaßstab, lag die durchschnittliche Abwassergebühr im Jahr 2001 bei 2,18 Euro pro Kubikmeter. Bei der Gebührenberechnung geht die Entwicklung in Richtung gesplittete Abwassergebühr: Schmutz- und Niederschlagswasser werden getrennt abgerechnet. 57 Prozent der in der Umfrage erfassten Bürger erhalten entsprechende Gebührenbescheide. Durch einen gesplitteten Gebührenmaßstab kann eine verursachergerechtere Gebührenstruktur erreicht werden.

Für das Jahr 2001 meldeten die Abwasserentsorger Investitionsvorhaben in Höhe von 6,85 Milliarden Euro für die Erneuerung und Modernisierung sowie den weiteren Ausbau der Abwasseranlagen.

fast allen Verbrauchergruppen – teilweise auch als Folge energiepolitischer Maßnahmen – spürbar an. Gleichwohl zahlen vor allem die industriellen Stromverbraucher gegenwärtig noch immer deutlich weniger als zu Beginn der Liberalisierung; im geringeren Maße trifft dies auch auf private Haushalte zu.

## Kaltes Wetter: Auch mehr CO<sub>2</sub>

**Kühle Witterung spielt auch eine Rolle bei der Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre. Die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland waren im vergangenen Jahr um 1,6 Prozent höher als im Jahre 2000. Nach Berechnungen des DIW Berlin ist dieser Anstieg auf die wesentlich kühlere Witterung zurückzuführen; eliminiert man den Temperatureinfluss, ergibt sich ein Rückgang um 0,7 Prozent.**

Im Vergleich zu 1990 waren die effektiven CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahre 2001 um 13,5 Prozent niedriger (temperaturbereinigt -15 %). Der Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland von 1990 bis 2001 um knapp 153 Millionen Tonnen war das Resultat gegenläufiger Einflüsse. Emissionserhöhend wirkten das gestiegene Bruttoinlandsprodukt je Einwohner (+126 Mill. t) und die gewachsene Bevölkerungszahl (+34 Mill. t). Dies wurde bei weitem überkompensiert durch die emissionsreduzierenden Effekte der erheblich gesunkenen Energieintensität (-202 Mill. t), des geringeren CO<sub>2</sub>-Gehalts der fossilen Energieträger (-76 Mill. t) und des gestiegenen Anteils emissionsfreier Energieträger (-35 Mill. t).

Deutschland gehört zu den wenigen Industrieländern, in denen sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen in den neunziger Jahren verringert haben. Das DIW Berlin gibt allerdings zu bedenken, dass – nimmt man die ambitionierten Reduktionsziele der Bundesregierung als Maßstab – das derzeitige Emissionsniveau noch viel zu hoch ist.

## Kaltes Wetter: Mehr Energie

**Der Primärenergieverbrauch in Deutschland ist im Jahre 2001 gegenüber dem Vorjahr kräftig gestiegen, und zwar um 1,6 Prozent auf rund 495 Millionen Tonnen Steinkohleeinheiten (SKE), das entspricht 14 500 Petajoule. Diese Aufwärtsentwicklung ist in erster Linie auf die im Vergleich zum Jahr 2000 erheblich kühlere Witterung zurückzuführen. Schaltet man diesen Einfluss aus, ergibt sich ein um 0,8 Prozent niedriger Wert als im Jahre 2000.**

Denn vor dem Hintergrund der schwachen Konjunktur blieben verbrauchssteigernde Impulse weitgehend aus. Temperaturbereinigt hat sich die Energieproduktivität der Volkswirtschaft (Verhältnis des realen Bruttoinlandsprodukts zum Primärenergieverbrauch) um 1,4 Prozent erhöht, was dem Durchschnitt der neunziger Jahre entspricht. Der Stromverbrauch ist im Jahre 2001 mit 0,5 Prozent in nahezu

gleichem Tempo wie das Bruttoinlandsprodukt gestiegen. Nach wie vor rangiert die Kernenergie bei der Stromerzeugung an erster Stelle, dicht gefolgt von der Braunkohle und der Steinkohle. Erneut ausgeweitet wurde die Stromerzeugung in Windkraftanlagen: Im Jahre 2001 dürften rund elf Milliarden Kilowattstunden und damit fast zwei Prozent der gesamten Stromerzeugung mit Hilfe der Windenergie produziert worden sein. Das bedeutet eine Verdoppelung innerhalb von zwei Jahren.

Die Energiepreise, die im ersten Halbjahr 2001 noch auf einem hohen Niveau verharrt hatten, sanken in der zweiten Jahreshälfte unter den Vorjahresstand. Die starken Preisrückgänge bei elektrischer Energie, die im Zuge der Liberalisierung der Strommärkte zu verzeichnen waren, setzten sich im vergangenen Jahr nicht fort. Vielmehr zogen die Strompreise bei

## „Chemischer Muskel“ aus Gel

**Die so genannten intelligenten Gele haben im vergangenen Jahrzehnt zunehmend Beachtung gefunden. Die physikalischen Eigenschaften dieser wasserhaltigen Gele hängen von einem äußeren Reiz ab und können somit leicht kontrolliert werden. Das eröffnete viele Einsatzmöglichkeiten, besonders in der Medizin. Am Institut für Physikalische Chemie der Uni Würzburg werden intelligente Gele erforscht.**

Bereits 1975 berichtete der japanische Forscher Tanaka, dass ein ursprünglich transparentes Polyacrylamid-Gel beim Abkühlen undurchsichtig wurde. Seither wurden diverse Gele gefunden, die auf die Änderung verschiedenster physikalischer und chemischer Parameter mit Veränderungen ihrer Eigenschaften reagieren. Dabei wandeln sich zum Beispiel Aussehen, Volumen oder Struktur des Gels.

Das eröffnet viele Einsatzmöglichkeiten für diese Materialien. Die größte Bedeutung ergibt sich in der Medizin: Hier könnten intelligente Gele dazu dienen, gezielt pharmazeutische Wirkstoffe freizusetzen. Dabei kann das Gel selbst als Reservoir für Wirkstoffe eingesetzt werden, es kann aber auch dem kontrollierten Verschluss von Poren eines Reservoirs dienen. Es ist bereits ein Gel bekannt, das auf die Glucosekonzentration reagiert und das somit grundsätzlich zur kontrollierten Freisetzung von Insulin im Körper des Menschen benutzt werden könnte.

Die Arbeitsgruppe von Dr. Arno Münster am Würzburger Institut für Physikalische Chemie verfolgt den Ansatz, die Palette der intelligenten Gele um solche zu erweitern, die auch auf interne Reize reagieren. In früheren, von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Arbeiten hat die Arbeitsgruppe die Musterbildung bei der Entstehung eines Polyacrylamid-Gels in Gegenwart einer nichtlinearen chemischen Reaktion, des „Methylenblau-Sulfid-Sauerstoff-Oszillators“, untersucht. Bei dieser Reaktion beobachtet man stationäre, hoch geordnete Muster der Konzentration des Farbstoffes Methylenblau, die mit

einer räumlichen Strukturierung der Geldichte korrespondieren.

Diese Arbeiten haben laut Münster deutlich gemacht, dass die Eigenschaften des Hydrogels durch eine an die Gelbildung gekoppelte nichtlineare Reaktion gesteuert werden können: „Das bei diesem Prozess entstehende Material gibt sich also selbst eine geordnete, mit bloßem Auge erkennbare Struktur.“

Im Rahmen eines neuen, ebenfalls von der DFG geförderten Forschungsvorhabens untersuchen die Würzburger Wissenschaftler nun Volumenänderungen, die durch eine wellenförmig durch das Gel verlaufende Veränderung der Säureverhältnisse, eine chemische pH-Welle, ausgelöst werden. Solche pH-Wellen können in einer Gelschicht von etwa einem Millimeter Dicke durch den Einschluss chemischer Stoffe erzeugt werden. Dank ihrer vergleichsweise langsamen Wanderungsgeschwindigkeit kann der Frontbereich der Wellen beobachtet werden.

Der Arbeitsgruppe in Würzburg ist die Herstellung eines Gels gelungen, das ähnlich wie ein Muskel chemische in mechanische Energie umwandeln kann. Angetrieben wird dieser „chemische Muskel“ durch die im Gel ablaufenden Reaktionen. An der Front der pH-Welle ändert sich der pH-Wert um bis zu drei Einheiten. Das beeinflusst letzten Endes die Schwellfähigkeit und das Volumen des Gels, weil dessen Netzwerk funktionelle Gruppen besitzt, die in einem bestimmten pH-Bereich ein Proton aufnehmen und damit die Geleigenschaften verändern. Dadurch lässt sich eine „Stufe“ von 50 Mikrometern bis 0,5 Millimetern Höhe beobachten, die über die Geloberfläche wandert.

Die pH-Welle kann wiederum von aussen durch elektrische Felder kontrolliert werden. Dabei beschleunigt oder verlangsamt das Feld die Bewegung der mechanischen Welle. „Allerdings ist der Effekt des elektrischen Feldes nicht trivial. Vielmehr kann es zu einem komplexen Verhalten kommen, zum Beispiel zu raum-zeitlichen Oszillationen“, so Münster.

## Gesellschaft für Proteomforschung

**Führende Proteomforscher und 24 Pharma- und Biotechnologie-Unternehmen haben sich zur Deutschen Gesellschaft für Proteomforschung zusammengeschlossen.**

„Forscher und Unternehmer haben sich jetzt formiert, damit die deutsche Proteomforschung an der Weltspitze endlich sichtbar wird und wir in Deutschland das wirtschaftliche und wissenschaftliche Potential dieser Forschungsrichtung voll ausschöpfen können“, erklärte Dr. Friedrich Lottspeich, Präsident der Deutschen Gesellschaft für Proteomforschung (DGPF) anlässlich des offiziellen Starts der neugegründeten wissenschaftlichen Interessenvertretung Anfang Februar in Martinsried. „Gemeinsam werden wir Großprojekte von Industrie und Forschung anstoßen und koordinieren, den Technologietransfer perfektionieren,

und die Ergebnisse werden weltweit sichtbar sein!“ Allein binnen der nächsten drei Jahre soll sich, nach Analysen der internationalen Unternehmensberatung Frost & Sullivan, das Weltmarktvolumen der Proteomics auf rund sechs Milliarden US-Dollar vervierfachen.

Ganz im Stillen hatten bereits Ende November die Proteomforscher und Unternehmensvertreter die neue Gesellschaft aus der Taufe gehoben. Ihre Gründungsmitglieder kommen aus dem akademischen Bereich und aus drei Unternehmensgruppen des Life-Science-Umfeldes: kleine und mittlere Biotechnologie - Start - up - Unternehmen, etablierte Anbieter von Technologien der biochemischen Analytik und Großunternehmen der pharmazeutischen Industrie. (Siehe zu diesem Thema auch den Artikel „Proteomanalytik kann Angst machen“ in CLB Ausgabe 10/2001, Seiten 377 bis 379).

**TERMINE**

**Atomabsorptionsspektrometrie in Theorie und Praxis**  
Seminar, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, 14. bis 16. Mai 2002 Tel. 07247/824045

**Biotechnologie und Gesellschaft**  
40. Tutzing-Symposium DECHEMA e.V.  
17. bis 20. März 2002  
Tel. 069/7564129

**Neuordnung der Betriebs- und Anlagensicherheit: die Betriebssicherheitsverordnung**  
Kolloquium, DECHEMA e.V.  
14. März 2002  
Tel. 069/7564272

**Umweltmanagement für Einsteiger**  
Grundlagenschulung zu EMASII und ISO 14.000 ff.  
27. März 2002  
Umweltinstitut Offenbach  
Tel. 069 810679

**Gefrierschneiden im industriellen Anwendungsbereich**  
Seminar, Leica Microsystems  
19. April 2002, Bensheim  
Tel. 06251/1360

**Rheologie**  
Anwender-Training  
Bohlin Instruments  
16. April 2002, Pforzheim,  
Tel. 07231 580360

**Biozidemissionen aus behandelten Materialien**  
BAM-Kolloquium  
06. März 2002  
Berlin-Lichterfelde  
Tel. 030 8104 1039

**Kristallographen in Kiel**  
10. Jahrestagung  
4. bis 7. März 2002  
Christian-Albrechts-Universität  
Institut für Geowissenschaften

**EXPERIMENTALVORTRÄGE**  
Prof. Dr. Georg Schwedt von der Technischen Universität Clausthal, einer der Herausgeber der CLB, berichtet über interessante Entwicklungen in der Chemie beginnend bei Alchemistischen Experimenten bis hin zu Versuchen mit Supermarktprodukten. Die Vorträge werden gefördert vom Fonds der Chemischen Industrie, dem Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft und der Stiftung Niedersachsen. Die Termine und Themen in den folgenden drei Monaten lauten:

So 3. März in **W i e t z e**  
Erdölmuseum  
Vom Erdöl bis zum Arzneimittel - chemische Experimente zur Geschichte der Erdölchemie

Sa 16. März in **H e i d e l b e r g**  
Deutsches Apothekenmuseum,  
20.30/21.30/22.30 und 23.30Uhr  
Chemische Experimente mit Supermarktprodukten

Mi 10. April in **B r a u n s c h w e i g**  
Herzog Anton Ulrich-Museum  
20 Uhr  
Alchemistische Experimente an Fürstenhöfen

So 21. April in Schloss **G l i e n i c k e**,  
Gartensaal, 11 Uhr  
Chemische Experimente zur Geschichte von Kaffee, Kakao und Tee

So 12. Mai in **L ü n e b u r g**  
Salzmuseum  
Chemische Experimente rund um das Salz

Mi 15. Mai in **S t e i n h o r s t**  
Schulmuseum  
Kabinettstücke aus der Alltagschemie – mit Feuer und Flamme

Sa 18. Mai in **W e i k e r s h e i m**  
Schloss  
Alchemistische Experimente aus der Zeit des Grafen Wolfgang II. von Hohenlohe

Do 23. Mai in **T e t t n a n g**  
Neues Schloss , 18.00 Uhr  
Chemische Belustigungen aus der Barockzeit

Fr 24. Mai in **U l m**  
Kloster Wiblingen, 18.00 Uhr  
Chemische Experimente mit Pharmazeutika aus der Klosterapotheke

Der Kurztex t des Vortrags „Vom Rohöl bis zum Arzneimittel – Experimente zur Geschichte der Erdölchemie“ gibt eine gute Einstimmung auf die Art der Vorträge:

„Ab 1858 wurde in Wietze nach Erdöl gebohrt, seit 1854 konnte man aus Erdöl durch einfache Destillation und Reinigung Petroleum gewinnen. Die Petroleumlampe war für Jahrzehnte die am weitesten verbreitete Lichtquelle. Die Petrochemie entwickelte sich im 20. Jahrhundert zu einem wichtigen Teilgebiet der chemischen Großindustrie. Mit beispielhaften chemischen Experimenten werden Meilensteine aus der Geschichte der Petrochemie bis in unsere Zeit vorgestellt. Rohöl, Petroleum, Benzin, Paraffin, spezielle Erdölprodukte bis zu Kunststoffen und Arzneimitteln sind die Materialien für die Experimente und die Themen des Vortrages zur Wirtschafts- und Chemiegeschichte des Erdöls.“

Weitere Kurztex te zu einzelnen Vortragsthemen sind im Internet unter [www.clb.de](http://www.clb.de) zu finden.

**Rubikon**  
Agentur & Verlag für Wissenschaft und Technik  
**Lutz Krampitz**  
Anzeigen CLB  
Bammentaler Str. 6-8 69251 Gaiberg  
www.rubikon.de  
Zeitschriften – Broschüren - Korrespondenzen in Eigenproduktion und Auftragsarbeit  
Verständliche Technik im Umfeld Ökonomie & Gesellschaft

Tel.: 0203-73851-64  
Fax: 0203-73851-65  
anzeigen@clb.de



Hier könnte Ihre Visitenkarte stehen – als wirksamer, direkter Kontakt unserer Leser zum Vertrieb. Und das für nur 190 €!

## Neue Produkte

### Professionelle Probenvorbereitung für DissolutionTests

Automatische Prüfsysteme brauchen einen optimalen Schutz, gebrauchsfertige Filtereinheiten von Schleicher und Schüll sind die richtige Antwort. Die neue gebrauchsfertige Filtereinheit **Roby25** ist der optimale Schutz für empfindliche Analysengeräte. Zur einfachen und schnellen Filtration der verschiedenen Tablettenzubereitungen stehen chemisch beständige Filter zur Verfügung.



Automatische Prüfsysteme für Tabletten-Freisetzungsprüfungen, d.h. die Klarfiltration der Proben vor der Analyse, sind das optimale Einsatzgebiet für die gebrauchsfertige Filtereinheit **Roby25**. Dieser Filter ist für alle Tablettenauflösesysteme einsetzbar. Es gibt ihn in 25 mm Durchmesser mit integrierten Membranfiltern, bzw. mit Membranfilter/Glasfaserkombinationen, sowie nur mit Glasfaserfiltern.

Für unterschiedliche Tablettenzubereitungen stehen gebrauchsfertige Filter mit diversen Materialeigenschaften wie Nylon oder regenerierter Cellulose zur Auswahl.

Schleicher & Schuell GmbH  
Postfach 11 11, D-37582 Dassel  
Tel.: 05561 791-0, Fax: 05561 791-533  
filtration@s-und-s.de, www.s-und-s.de

### Neue Technik für Miele- Laborglasreinigungsautomaten

Über einen Drehwahlschalter werden die Programme der neuen Miele-Reinigungs- und Desinfektionsautomaten

für Laboratorien angewählt. Drei Modelle - G 7883 CD, G 7783 und G 7835 - werden als unterbaufähige Standgeräte angeboten. Die Modelle G 7883 und G 7883 CD sind mit der neuen Multitronic Novo plus Steuerung ausgestattet, die eine deutlich erhöhte Variabilität programmierbarer Parameter bietet. Für ein verbessertes Spülergebnis sorgen unter anderem ein zusätzlicher, dritter Sprüharm, der sich an der Spülraumdecke befindet, und zusätzliche Düsen im unteren Spülarm. Durch ein verbessertes Ankopplungssystem der Sprüharme konnte der Wasserverbrauch reduziert werden. Ein Profi-Monobloc-Enthärter ermöglicht das Regenerieren während eines Spülprogrammes. Für die exakte Einhaltung der Desinfektionsparameter sorgen zwei Sensoren. Außerdem wurde ein Zugang geschaffen, der das Hineinführen von Messfühlern ermöglicht. Sie überprüfen an verschiedenen Stellen im Spülraum und am Spülgut, ob die geforderte Desinfektionstemperatur über die gesamte Haltezeit eingehalten wird.

Miele & Cie. GmbH & Co.  
Tel.: 0180/220 21 21 oder Fax: 05241 - 89 1450  
DM 0,12 pro Min.

### Reinstwasserstoff für Analysengeräte im Labor

Hochreinen Wasserstoff mit konstanter Qualität liefern die neuen H<sub>2</sub>-Generatoren von cmc Instruments GmbH. Wasserstoffproduktion, nur im Bedarfsfall, ist für alle Bereiche mit höherer Brandgefährdung eine interessante Alternative zu Gasflaschen. Die kleinste Geräteversion dieser Serie liefert bis zu 200 ml/min, die größte bis zu 1.200 ml/min, bei stufenlos einstellbaren Betriebsdrücken von 0...4 bar. Ausgangsdrücke bis 6 bar sind optional anzufragen.

Mit Hilfe einer weiterentwickelten wassergekühlten Ionentauscher-Membran-Zelle wird elektrolytisch reinstes Wasserstoffgas produziert. Die für Analysenzwecke erforderliche Reinheit des Wasserstoffs wird durch eine Platinbeschichtung der Zellelektrode erreicht. Der Elektrolysestrom wird so geregelt, dass genau die Menge an

Reinstwasserstoff produziert wird, die bei einem individuell vorgewählten Druck abgenommen wird.

Hochwertige aufeinander abgestimmte Materialien machen es möglich, Wasserstoff direkt vor Ort über Jahre definiert und zuverlässig herzustellen.

Die mikroprozessorgesteuerten Generatoren verfügen über eine Ansaugpumpe, die sich bei Bedarf Wasser aus einem separaten Behälter ansaugen kann. Eine weitere Membranwälzpumpe sorgt für die Aufrechterhaltung eines vorgegebenen Temperaturniveaus, so dass keine Übertemperaturen auftreten können.

Ein multifunktionales, beleuchtetes und großflächiges LCD-Display informiert den Betreiber über Durchfluss, Druck, Zellenstatus und internen Wasserstand. Die Baureihe besitzt eine komplette Selbstüberwachung, wie z.B. interne Leckagemeldung, Überdrucküberwachung, externe Durchfluß-Überwachung und Wasserstandsmangelanzeige. Auf erkannte Fehler wird das Personal optisch und akustisch hingewiesen. Als Menusprachen, über die der Anwender die Geräteparameter einstellen kann, wie z.B. den gewünschten Solldruck, stehen deutsch, englisch und französisch zur Auswahl.

cmc Instruments GmbH  
Meß-, Regel- und Analysetechnik  
Hauptstr. 3888, D-65760 Eschborn  
Tel.: 06173 320078, FAX: 06173 65050  
cmcingmbh@aol.com, www.cmc-instruments.de



## Handlich, aber druckvoll.

Erstmals auf der Analytica 2002 wird die Westfalen-Kleinstahlflasche vorgestellt. Die handliche Flasche hat einen Durchmesser von fünf Zentimetern, ist inklusive Ventil keine 40 Zentimeter hoch und 1,7 Kilo schwer. Das geometrische Volumen der Kleinstahlflasche beträgt zwar nur 0,4 Liter, aber sie fasst bis zu 80 Gaseliter Inhalt. Darüber hinaus verkraftet sie Drücke bis maximal 200 bar. Zusätzliches Equipment ist nicht erforderlich: Die bisher eingesetzten Armaturen mit ihren DIN-Anschlüssen können weiter verwendet werden. Werden Reinstgase, Gasgemische, Prüfgase, aber auch Isotope und Isotopengemische in mittleren Mengen für mobile Einsätze benötigt, so ist die Kleinstahlflasche das ideale Medium. Für kleinere Mengen bis zu zwölf Gaseliter Inhalt eignet sich die postver sandfähige Druckdose.

Westfalen AG  
Industrieweg 43, 48155 Münster  
Tel.: 0251 695-0, Fax: 0251 695-129  
info@westfalen-ag.de, www.westfalen-ag.de

## Zubehör für Synthesblock

Der neue Resin Dispenser für das METTLER TOLEDO MiniBlock Synthese-System ermöglicht die 48-fach parallele Zugabe von Scavenger-, SPE- und Festphasen Harzen in die Mini-Block Reaktionsgefäße. Mit den austauschbaren Dispenser-Platten lassen sich Harzmengen im Bereich von 5-200 mg dosieren. Eine mitgelieferte Kalibrierplatte dient zur genauen Mengenbestimmung in Abhängigkeit vom eingesetzten Material.

Mettler Toledo GmbH  
Ockerweg 3, D-35396 Gießen  
Tel.: 0641 507-300, Fax: 0641 507-128

## Feuchtemesssystem

Der Promet Prozessfeuchte Analy sator ist ein industrielles Hygrometer-system für die Messung von Prozessga sen und verdampften Flüssigkeiten auf Erdgasplattformen und -terminals, sowie in der Industriegase-Herstellung. Der Promet basiert auf dem neuesten Stand der Keramik-Taupunktsensor-Technologie und gewährleistet bei der Probenaufbereitung eine zuverlässige und robuste Online-Feuchtemessung.

Die verwendeten Sensoren können

jederzeit ausgetauscht werden und die Kalibrierung ist auf Nationale Stan dards rückführbar. Der Keramik-Sen sor weist einen Messbereich von -100 bis +20°C Taupunkt bei Drücken bis 300 bar auf und erreicht eine Messge nauigkeit von 1°C Taupunkt ( $\pm 2^\circ\text{C}$  Taupunkt unter  $-60^\circ\text{C}$ ). Jeder Sensor wird an 13 Punkten über den Gesamt-Messbereich gegen ein NAMAS (UKAS) rückführbares Tauspiegel-Hy-grometer kalibriert. Für die Taupunkt-messung ist eine Druckkompensation vorgesehen, so dass ein Analysedruck bis 300 bar möglich ist.

Michell Instruments Ltd.  
Industriestr. 27, D-61381 Friedrichsdorf  
Tel.: 06172 5917-0, Fax: 06172 5917-99  
info@michell.de, www.michell.de

## Klare Verhältnisse bei der Probenvorbereitung

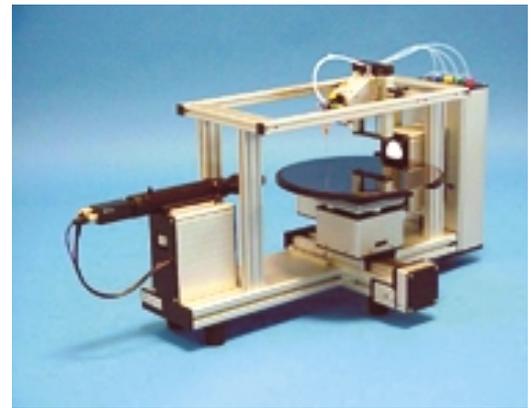
FILTRAX von Dr. Lange besteht aus einer Steuereinheit für die wetterfeste Außenmontage am Beckenrand, einem Filtermodulträger zum Eintauchen und beheizten Schlauchleitungen für den Proben transport. Das Gerät ist bei der Installation und Handhabung sehr flexibel und kann an die Bedin gungen vor Ort gut angepasst werden.

Das ultraklare Filtrat wird aus den direkt im Medium montierten Filter-modulen gesaugt und den angeschlos senen Analysatoren zur Verfügung ge stellt, und zwar nur so viel, wie für die Analyse erforderlich ist. Der Energie-einsak und die Betriebskosten sind sehr gering. Die permanente Selbstreini-gung der Filtermembranen sorgt für einen minimalen Wartungs- und Reini-gungsaufwand, Standzeiten von meh reren Monaten sind trotz wechselnder Schlammeigenschaften üblich.

Dr. Bruno Lange GmbH & Co. KG  
Prozess-Messgeräte  
Willstätterstraße 11, 40549 Düsseldorf  
Tel. (0211) 52 88-405, Fax (021 1) 52 88-210  
Kundenservice@drlange.de

## Große Proben - kein Problem

Mit dem neuen Tropfenkonturanaly se-System DSA10L2E können Sie vollautomatisch die Oberflächeneigen schaften von Scheiben mit einem Durchmesser von bis zu 300 mm mes sen. Speziell entwickelt wurde das Gerät für Qualitätsprüfung von 12"-



Wafern in der Halbleiterindustrie. Hier kommt es vor allem auf die Reinheit der Oberfläche an. Kontaktwinkelmessungen mit einer Testflüssigkeit sind beispielsweise ein sehr empfindliches Maß dafür, ob sich noch unerwünschte Rückstände der Waschflüssigkeit oder vorangegangener Prozessschritte auf den Siliziumplatten befinden. Jeder beliebige Punkt auf der Probe kann programmgesteuert angefahren und die zugehörigen Koordinaten für die näch sten Messungen abgespeichert werden.

12"-Wafer sowie rechteckige Platten mit einer Kantenlänge bis zu 400 mm können Sie mit dem Universal Surface Tester GH100R in Verbindung mit dem vollautomatischen y-Positioniersystem PA3570 messen. Neben den oben vorgestellten Features für das DSA10L2E verfügt das Videosystem des GH100R über motorgesteuerten Fokus sowie motorgesteuerte Zoomfunktion. Kunststoffflächen, LC-Panels oder Glasflächen lassen sich schnell und präzise mit dem GH100R auf ihre Benetzungseigenschaften testen.

Das Tropfenkonturanalyse-System DAS 10L2E dient zur zerstörungsfreien Messung von Oberflächenspannung, Kontaktwinkel, Benetzung auf grossen Flächen.

KRÜSS GmbH  
Borsteler Chaussee 85-99a, D 22453 Hamburg  
Tel.: (040) 51 44 01 - 0, Fax: (040) 5 11 60 49, email:  
info@kruss.de

## SOLAAR S Serie – Das neue Arbeitspferd unter den AAS-Geräten von Thermo Elemental

Wenn preiswert, robust und leistungsfähig die Anforderungen sind, setzt die neue SOLAAR S Serie von

Thermo Elemental einen neuen Maßstab bei ultrakompakten AA-Spektrometern.

Konzipiert als robustes Arbeitspferd für die Elementanalytik, bringt die neue S Serie die vollständige Automatisierung aller optischen Parameter und auch die bekannt leistungsfähige Quad-Line-Deuterium-Untergrundkorrektur als Standard mit. Bei der Steuerung der Gase entscheidet sich der Anwender für semi-automatisch oder vollautomatisch mit binärer Kontrolle. Beide Gasboxen haben ausgeprägte Sicherheitseinrichtungen.

Die bis zu 6 kodierten Hohlkathodenlampen im Lampenwechsler werden automatisch justiert, auf Wunsch rechtzeitig vor Gebrauch gezündet, deshalb 6 separate Netzteile, und über die SOLAAR Software im Rahmen der Methode gesteuert.



Beste Empfindlichkeit und Nachweisgrenzen, auch für schwierige Matrizes, liefert das korrosionsbeständige SOLAAR S Flammen-Universal-Probenzuführungssystem mit Mischflügel, Prallkugel und Titan-Brennerkopf. Ganz einfach und preiswert verbessert das STAT-Zubehör die Empfindlichkeit für zahlreiche Elemente um den Faktor 3-5.

Die S Serie bietet sowohl die automatische Optimierung der Brennerhöhe als auch der Zusammensetzung der Brenngase.

Der neue Graphitrohrföfen GFS 97 mit Probenautomat lässt keine Wünsche für die Ultraspuren-Analyse offen. Die automatische Selbstoptimierungs-Software schlägt auf Wunsch das ideale Temperaturprogramm vor und mit dem GF-TV-Zubehör haben Sie ständig Ihre Probe im Graphitrohr im Blick und damit unter Kontrolle.

Wenn es ohne PC sein soll: auch die

auf Wunsch eingebaute lokale Steuerung erlaubt automatische Multi-Element-Analyse für alle Techniken – sogar mit Graphik. Mit PC nutzen Sie alle Vorteile der Multitasking-fähigen SOLAAR 32 bit Software, die ständig weiterentwickelt und angepasst wurde, seit es Windows gibt.

Nicht nur für akkreditierte Laboratorien ist das vollautomatische Validierungspaket im Angebot interessant.

Thermo Elemental  
Senefelderstr. 162, 63069 Offenbach/Main  
Tel. 069/98408-160, Fax 069/98408-1  
www.ThermoElemental.com

### FOX Erste-Hilfe-Systeme

In seinem überarbeiteten Spezialkatalog „Erste Hilfe“ stellt Kroschke eine neue Linie an Erste-Hilfe-Ausstattungen vor.

Neben den Erste-Hilfe-Koffern mit Füllung nach DIN 13157 enthält die neue Produktlinie einen Augenspülkoffer mit drei Lösungen für verschiedene Augenunfälle: eine sterile isotonische Lösung zur universellen Sofortspülung, Phosphatpuffer-Ampullen für Säure- und Laugenunfälle sowie Miniampullen für Unfälle mit Partikeln. Zudem bietet die neue Linie einen Pflasterspender mit steril und staubdicht eingeschweißten Einzelpflastern und Wundreinigungstüchern. Dieser Koffer lässt sich einhändig öffnen, so dass sich der Verletzte auch problemlos selbst versorgen kann.

Ebenfalls im neuen Design bietet Kroschke in seinem Spezialkatalog ein Verbrennungs-Set im Koffer. Es beinhaltet verschiedene Verbandstoffe für Verbrennungen der unterschiedlichsten Art sowie Sterikool-Brandwundenverbände.

Kroschke  
sign-international GmbH  
Daimlerstr 20, 38112 Braunschweig  
Tel.: 0531 318-318, Fax: 0531/318-165  
www.kroschke.com, vertrieb@kroschke.com

### Arbeiten wie an der frischen Luft

Die neuen Industrieabzüge des niedersächsischen Laborherstellers Köttermann zeichnen sich nicht nur auf-

grund der hohen, verglasten Front, die für beste Lichtverhältnisse im Innenraum sorgt, und vielen weiteren Details als äußerst innovatives Produkt aus. Durch den Verzicht auf eine rückwärtige Luftleitwand kann sich, anders als bei Abzügen älterer Generationen, künftig kein Schmutz mehr in unzugänglichen Zwischenräumen ablagern – das Ergebnis ist höchste Sauberkeit und Hygiene. Durch das neue Luftkonzept verringert sich außerdem die Verweilzeit von Schadgasen und -stoffen deutlich.

Der Innenraum mit seiner großzügigen Tiefe von 800 oder 900 mm schafft reichlich Platz für Versuchsaufbauten. Einbaumöglichkeiten für Medien finden sich in den seitlichen Mediensäulen sowie unterhalb der Tischplatte und im Innenraum. Maximaler Stauraum, der die gesamte Abzugsbreite ausnutzt, steht im Unterschrank zur Verfügung.

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

### Von Nah bis Fern – IR-Polarisatoren

IR-Polarisatoren können in drei Gruppen unterteilt werden: Gitterpolarisatoren mit freistehenden Drähten, holographische und photolithographische Polarisatoren.

L.O.T.-Oriol bietet unter anderem holographische Polarisatoren aus verschiedenen Substratmaterialien für den Spektralbereich von 0,85 - 35 µm an. Neben der Standardqualität gibt es auch Varianten mit höheren Extinktionsraten. Ganz besonders hervorzuheben sind auch "Image Quality"-Versionen für den Einsatz bei bildgebenden Verfahren. Selbst Typen mit AR-Beschichtung für einzelne Wellenlängen sind machbar.

L.O.T.-Oriol GmbH & Co. KG  
Im Tiefen See, D-64293 Darmstadt  
Tel.: 06151 8806-0, Fax: 06151 896667  
info@LOT-Oriol.de

# 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. (056441) 7788  
Fax (056442) 4121

## Aräometer

**Amarell GmbH & Co KG**  
97889 Kreuzwertheim  
Postfach 1280  
Tel. (09342) 92 83-0  
Fax (09342) 39860



**Leo Kübler GmbH**  
Stephaniestr. 42/44, 76133 Karlsruhe  
Tel. (0721) 22491, Fax (0721) 27903

## Arbeitsschutzartikel



**Carl Roth GmbH + Co.**  
Postfach 21 11 62  
76161 Karlsruhe  
Tel. (0721) 56060

## Bimssteingranulate und -mehle



**Joseph Raab GmbH & Cie. KG**  
Postfach 22 61  
56512 Neuwied  
Tel. (02631) 913-178  
Fax (02631) 913-170

## BSB-Bestimmung

**WTW, Weilheim**  
Tel. (0881) 183-0, Fax 62539

## Chemikalien



**Carl Roth GmbH + Co.**  
Postfach 21 11 62  
76161 Karlsruhe  
Tel. (0721) 56060

## 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. (0721) 95897-0, Fax 95897-77

## Dichtungsscheiben aus Gummi mit aufvulkanisierter PTFE-Folie

**GUMMI-WÖHLEKE GmbH**  
Siemensstr. 25, 31135 Hildesheim  
Teletex: 5 121 845 GUMWOE  
Tel. (05121) 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. (07152) 14-0  
Fax (07152) 14-1303  
E-mail: lewa@lewa.de  
http://www.lewa.de

## Flüssigkeitschromatographie/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

## Kühlgeräte

**MTW, 97078 Würzburg, (0931) 29903-47**

## Küvetten

**HELLMA GMBH & CO. KG**  
Postfach 11 63  
79371 Müllheim  
Tel. (07631) 1 82-0  
Fax (07631) 1 3546  
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) 8 02-0  
Fax (06332) 8 02-106

## Laborchemikalien



**Carl Roth GmbH + Co.**  
Postfach 21 11 62  
76161 Karlsruhe  
Tel. (0721) 56060

## 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.pruitscher.at

**WALDNER Laboreinrichtungen**  
GmbH & Co. KG  
Haidösch 1, 88239 Wangen,  
Tel. (07522) 986-480, 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 Stadthorn  
Tel. 02563/919-0, Fax 919-100

## Laborhilfsmittel



**Carl Roth GmbH + Co.**  
Postfach 21 11 62  
76161 Karlsruhe  
Tel. (0721) 56060

## 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 10 05 41, 31105 Hildesheim  
Teletex: 5 121 845 GUMWOE  
Tel. (05121) 56046

## 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) 50 07-0  
Fax (055 22) 50 07 12

## Leitfähigkeits-Messgeräte



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

Knick, 14163 Berlin  
Tel. (030) 80 01-0, FS 18 45 29

## Leitfähigkeitsmessung

WTW, Weilheim  
Tel. (08 81) 1 83-0, Fax 6 25 39

## Mahlanlagen

Pallmann Maschinenfabrik  
Postfach 16 52, 66466 Zweibrücken  
Tel. (063 32) 8 02-0  
Fax (063 32) 8 02-1 06

## Mikroskope



### Labor- und Routine- Mikroskope Stereolupen und Stereomikroskope

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

OLYMPUS OPTICAL CO.  
(EUROPA) GMBH,  
Produktgruppe Mikroskope  
Wendenstraße 14-18  
20097 Hamburg  
Tel.: 040/237730, Fax:  
040/230817e-mail: microscopy@  
olympus-europa.com

## Optische Tauchsonden

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

## Osmometer

GONOTEC GMBH  
Eisenacher Str. 56, 10823 Berlin  
Tel. (030) 7 84 60 27, Fax (030) 7 88 12 01  
contact@gonotec.com / www.gonotec.com

## Partikelanalyse

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



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

## pH/Redox-ISE-Messung

WTW, Weilheim  
Tel. (08 81) 1 83-0, Fax 6 25 39

## pH-Messgeräte



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

## Photometr. Wasseranalyse Geräte und Testsätze

WTW, Weilheim  
Tel. (08 81) 1 83-0, Fax 6 25 39

## Polarimeter

Leo Kübler GmbH  
Stephanienstr. 42/44, 76133 Karlsruhe  
Tel. (07 21) 2 24 91, Fax (07 21) 2 79 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

## Refraktometer

Leo Kübler GmbH  
Stephanienstr. 42/44, 76133 Karlsruhe  
Tel. (07 21) 2 24 91, Fax (07 21) 2 79 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  
Lazarus-Mannheimer-Straße 2-6  
77694 Kehl am Rhein  
Tel.: 07851/9129-0, Fax 9129-99

WTW, Weilheim  
Tel. (08 81) 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 (053 27) 8380-0, Fax -80  
Internet: http://www.zirbus.de

## Szintillatoren

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) 80 01-0, 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. (08 81) 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 2 20  
30002 Hannover  
Tel. (05 11) 8 57-0  
Fax (05 11) 28 21 26  
Web: http://www.solvay.com/de

## 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) 8380-0, Fax -80  
Internet: http://www.zirbus.de

## Wasserdestillierapparate



Ges. f. Labortechnik mbH  
Postfach 11 52  
30927 Burgwedel  
Tel. (0 51 39) 99 58-0  
Fax (0 51 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 **Anzeigekunden** 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.

Sehr geehrte Abonnenten,

für Sie steht der Jahrgang 2001 der CLB jetzt auf Wunsch auch als CD-ROM zur Verfügung. Die einzelnen Ausgaben sind dort als PDF-Files abgespeichert.

Die CD ist über den Verlag zu beziehen und kostet 19 Euro einschließlich Versand und MWSt.

Bitte senden Sie einfach diese Seite als Fax zurück.

○ Bitte senden Sie mir die Ausgaben der CLB des Jahrgangs 2001 als PDF-Files auf CD-ROM für 19 Euro incl. MWSt. und Versand.

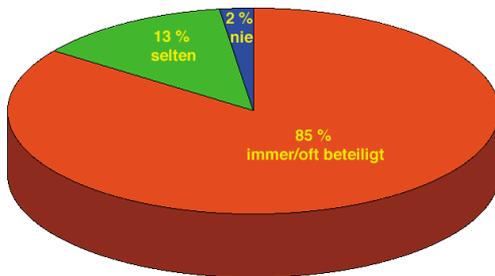
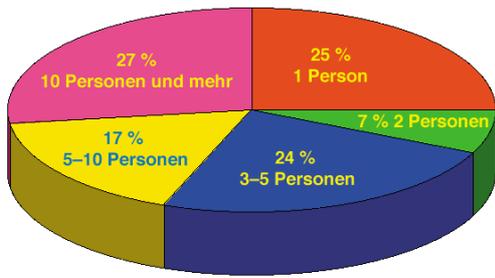
Datum

Unterschrift

**Zusatzinfos zur  
CLB im Netz:  
[www.clb.de](http://www.clb.de)**

# CLB

vermittelt Wissen  
konzentriert Monat für Monat  
aus Analytik, Biochemie und Technik  
als abonenntenstärkste  
Chemiezeitschrift  
Deutschlands.\*



Die CLB wird gerne und viel gelesen (im Durchschnitt von 4 – 5 Lesern pro Ausgabe). Unsere Leser sind hoch qualifiziert. Fast alle sind bei Entscheidungen über Neuanschaffungen im Betrieb beteiligt.

\*von iwv-registrierten Zeitschriften laut iwv-Auflagenliste 3/2001 in der Kategorie Fachzeitschriften: Wissenschaftliche Zeitschriften (09), außer Mitgliedszeitschriften wiss. Gesellschaften.

**Preise gegenüber 2001 unverändert!**

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

## FAX-Hotline: 06223-9707-41

# CLB

### ABO-BESTELLCOUPON

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

X

Datum / 1. Unterschrift

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

X

Datum / 2. Unterschrift

Name/Vorname

Straße/Postfach

Land/PLZ/Ort

Telefon