

CLB

CHEMIE IN LABOR UND BIOTECHNIK

1
2002



Gemälderestaurierung

Kalibration

Gassensoren

Xeno-Östrogene

Pflanzenbiotechnologie

Rubikon

Agentur und Verlag
für technische und
wissenschaftliche Fachinformation

- Zeitschriften
- Broschüren
- Korrespondenzen

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

in Eigenproduktion
und Auftragsarbeit

www.rubikon.de



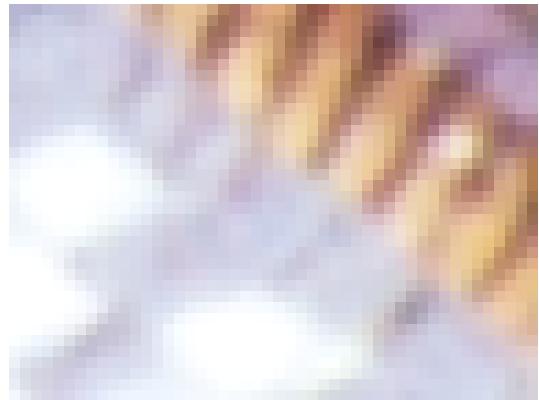
Wir helfen
bei Ihrer
Kommunikations-
aufgabe



Preisausschreiben Ausschnitt aus??

Liebe Leser,

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



Auf

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

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

Die Lösung des Preisausschreibens aus der Dezember-Ausgabe der CLB war: Seite 459.

Die Gewinner sind:
Uwe Erfeling, Tetra GmbH, Melle
Jürgen Polomski, Hamburg

Herzlichen Glückwunsch!

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



Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,

„Muss Spezialchemie gross sein?“ fragte in der letzten Ausgabe des Jahres 2001 die „Chemische Rundschau“. Eine Frage gleichen Charakters ist: Macht Geld glücklich? Natürlich hilft Größe. So lassen sich Produktionsverfahren einsetzen, die besonders wirtschaftlich sind. Aber im Unternehmen muss Harmonie herrschen, um durch Größe gewinnen zu können. Nur wenn gleichartige Vertriebsstrukturen für unterschiedliche Produkte eingesetzt werden können, F&E Synergien zwischen den unterschiedlichen Verfahren und Produkten nutzen, dann hilft Größe. Sonst profitieren kleinere Betriebe, denn bei ihnen ist die Unternehmenskommunikation direkter, der Overhead geringer. Technische Spitzenleistungen können auch hier entstehen. Zurück zur Größe: Degussa ist nach eigenen Angaben das zweitgrößte Unternehmen für Spezialchemie weltweit. Es löst Wachstums-, Konzentrations- und Strukturierungsaufgaben gleichzeitig. Wenn die „Hausaufgaben“ gemacht sind – die richtigen Verwaltungs-, Kommunikations- und Organisationsstrukturen geschaffen – dann entscheidet über den Vorsprung im Wettbewerb allerdings wieder herausragende technische Entwicklung. Dafür bieten Projekthäuser gute Startpunkte (siehe Seiten 31 u. 32).

Dass Synergien, wie sie die Unternehmen nutzen wollen, gewinnbringend sind, zeigt die neueste Studie der ITRS (International Technology Roadmap for Semiconductors). Galt in der Vorgängerstudie von 1999 noch das Erreichen der 100 Nanometer-Stukturgröße als „red brick wall“, als ein Ziel, für dessen Verwirklichung noch kein klarer Weg erkennbar war, sei jetzt sicher, dass man dies bereits 2003 erreichen könne (Seite 34 u. 35). Wohl mit an der Spitze von Entwicklungen, die verschiedenste naturwissenschaftliche und technische Aspekte in sich vereinen, sind Biochips, aber auch Gassensoren. Etliche Firmen und Forschungsinstitute arbeiten auf diesem Gebiet. Unser Übersichtsartikel auf den Seiten 14 bis 19 vom früheren CLB-Chefredakteur Jürgen Wagner beschreibt den Stand der Technik und gibt einen Ausblick auf die weitere Entwicklung.

Manche dieser „elektronischen Nasen“ sind „selbstkalibrierend“: Den Sensoren nachgeschaltete künstliche neuronale Netze lernen Gerüche, wenn nur genügend Proben zur Verfügung sind. Gassensoren liefern typischerweise schnelle, aber nicht so genaue Ergebnisse. In der exakten Analytik ist jedoch eine genaue Kalibration der Verfahren Grundvoraussetzung für den Wert der Ergebnisse. In dieser (Seiten 9 bis 13) und in den kommenden zwei Ausgaben der CLB beschreibt Dr. Volkmar Neitzel vom Ruhrverband aus der Erfahrung seines Labors mit etwa 80 Mitarbeitern Kalibrationsverfahren für lineare und nicht lineare Zusammenhänge zwischen Messwerten und Gehaltsgrößen – ein Gewinn für jeden Analytiker.

Ein gutes neues Jahr mit hoffentlich wieder wachsender Wirtschaft (siehe Seite 33) und wieder einer ANALYTICA (23. – 26. April in München) wünscht

Ihr



Impressum

CLB
Chemie in Labor und Biotechnik

Verlag:

Agentur & Verlag Rubikon
für technische und wissenschaftliche Fachinformation
Rolf Kickuth

Anschrift:

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

Herausgeber:

Dr. Dr. U. Fitzner, Düsseldorf · Prof. Dr. W. Fresenius, Taunusstein ·
Prof. Dr. K.-H. Koch, Dortmund · 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)
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
4

Restaurierung alter Gemälde Finstere Firnisse vermeiden

Dr. Barbara Brauckmann, Dep. Chemie der ETH Zürich

Viele alte Gemälde sind aus ästhetischen Gründen und zum Schutz mit Dammar oder Mastix überzogen, obwohl diese Naturharze chemisch nicht sehr stabil sind, leicht oxidiert werden und dadurch schnell vergilben. Müssen solche Schichten entfernt werden, besteht die Gefahr, dass das Gemälde Schaden nimmt. Deshalb wäre es wünschenswert, zukünftig möglichst beständige Firnisse zu verwenden. Da bisher nicht vollständig aufgeklärt ist, welche Substanzbestandteile die Alterung und Verfärbung dieser Schutzüberzüge verursachen, wurden im Laboratorium für organische Chemie der ETH Zürich Untersuchungen zur Zusammensetzung von Naturharzen in Abhängigkeit von der Zeit durchgeführt.

Seite
9

Die Kalibration von Analysenverfahren (Teil 1) Lineare Kalibrationsfunktionen

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

Der größte Teil analytischer Messverfahren geht von einer Urprobe aus, die nach einer Probenvorbereitung eine Messprobe ergibt, aus der das Analysengerät unmittelbar Messwerte wie z. B. Extinktionen, Impulse pro Zeit, Peakflächen, Stromstärken oder Spannungen liefert. Aus diesen sind gemäß einer Auswertvorschrift die Analyseergebnisse (z. B. Konzentrationen) zu berechnen. Die Auswertvorschrift erhält man, indem man einen Zusammenhang zwischen Messwerten und Analyseergebnissen herleitet. Dieser Vorgang wird als Kalibration oder Kalibrierung bezeichnet. Berühmtheit erlangt hatte.

Seite
14

Gassensoren Herzstücke in elektronischen Nasen

Jürgen Wagner, Weinheim

Definitionsgemäß versteht man unter einer elektronischen Nase ein Instrument, das aus einem Array von elektronischen chemischen Sensoren mit spezifischer Empfindlichkeit aufgebaut ist [1]. Es ist in der Lage, einfache, aber auch komplexe Gerüche zu erkennen. In diesem Artikel soll die Vielfalt und Funktionsweise der in elektronischen Nasen verwendeten Gassensoren näher beleuchtet werden. Ohne Zweifel sind sie das Herzstück einer jeden elektronischen Nase und bestimmen deren Eigenschaften und damit auch ihren Anwendungsbereich.

RUBRIKEN

2	IMPRESSUM
29	LITERATUR
30	SOFTWARE
31	WIRTSCHAFT
34	FORSCHUNG UND TECHNIK
35	TERMINE
36	NEUE PRODUKTE
39	BEZUGSQUELLEN-VERZEICHNIS

CLB-MEMORY

Mikrobiologie: Kultur aerober Bakterien.....	M 1
Labortipps (13).....	M 5
Notfallechemie: Explosionsgefahr durch Cyanid?	M 6
Interaktive Tafelwerke.....	M 6
Die EN-Werte und ihre Historie (Teil 12).....	M 7
Chemie- und Physiksektor programmiert geprüft.....	M 8

Titelbild

Das Bild „Damenporträt“ stammt von einem unbekannten Künstler (Abbildung: Schweizerisches Institut für Kunstwissenschaft). Der Firnis des Gemäldes wurde aufgrund seiner starken Vergilbung abgenommen und ersetzt. Einmontiert ist ein Ausschnitt aus dem Massenspektrum des Firnisses des Gemäldes (Spektrum: Patrick Dietemann; siehe Artikel Seite 4 bis 8).

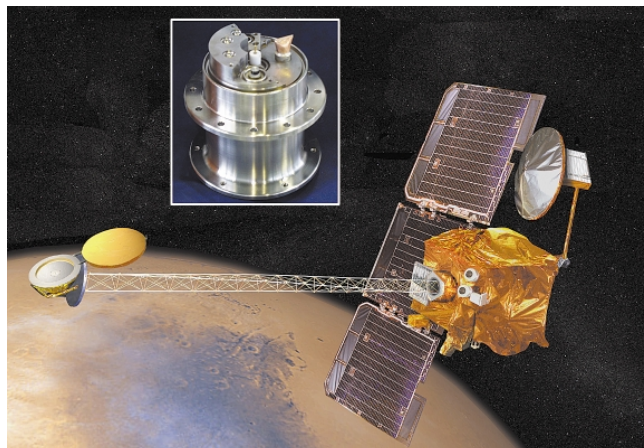
UMSCHAU

20	Allgegenwärtig: Xeno-Östrogene
24	Pflanzenbiotechnologie: Der Natur abgeschaut und im Labor nachgebaut
28	Gammaspektrometer untersucht Marsboden: Titankapsel schützt vor Vakuum
28	Schülerwettbewerb: Lernsoftware für Naturwissenschaft



Struktur eines wichtigen östrogen-aktives Isomers von technischem Nonylphenol mit Beispielen von Lebensmitteln, in denen es zu finden ist (Artikel Seite 20: Xeno-Östrogene).

Am Ende des sechs Meter langen Auslegers der Sonde „2001 Mars Odyssey“ misst ein Germanium-Detektor, eingeschweißt in eine Titan-Kapsel aus Jülich (kleines Bild), Gammastrahlen auf dem Roten Planeten (Bilder: Forschungszentrum Jülich; Artikel Seite 28).



Finstere Firnisse vermeiden

Dr. Barbara Brauckmann, Departement Chemie der ETH Zürich



Viele alte Gemälde sind aus ästhetischen Gründen und zum Schutz mit Dammar oder Mastix überzogen, obwohl diese Naturharze chemisch nicht sehr stabil sind, leicht oxidiert werden und dadurch schnell vergilben. Müssen solche Schichten entfernt werden, besteht die Gefahr, dass das Gemälde Schaden nimmt. Deshalb wäre es wünschenswert, zukünftig möglichst beständige Firnisse zu verwenden. Da bisher nicht vollständig aufgeklärt ist, welche Substanzbestandteile die Alterung und Verfärbung dieser Schutzüberzüge verursachen, wurden im Laboratorium für organische Chemie der ETH Zürich Untersuchungen zur Zusammensetzung von Naturharzen in Abhängigkeit von der Zeit durchgeführt. Zum besseren Verständnis wurden in Zusammenarbeit mit dem Kunsthhaus Zürich auch Alterungsvorgänge an Gemälden analysiert. Eine Möglichkeit, die in den Harzknollen stattfindenden Oxidationsvorgänge zu verlangsamen, könnte beispielsweise in der Änderung der Erntebedingungen bestehen.

Zahlreiche Gemälde werden mit einem Firnis überzogen, um den Bildern nicht nur Glanz, optische Tiefenwirkung und satte Farben zu verleihen, sondern auch um sie vor Verschmutzung, Luftsauerstoff und UV-Strahlung zu schützen. Im Laufe der Zeit vergilbt der Schutzüberzug jedoch und wird spröde und rissig. In den Malereien verändern sich die Farben unterschiedlich stark, wobei rot weniger betroffen ist als beispielsweise blau oder weiss. In anderen Fällen verblasst das Bild und erscheint stumpf wie die Farben eines wasserbenetzten Kieselsteines bei der Trocknung. Je nach Ausmass der Veränderung wird dann die Harzschicht entfernt und durch eine neue ersetzt.

■ „Gemischte Gefühle“ schon vor 100 Jahren

Die Verwendung von Essenzfirnissen ist in der Literatur seit dem 16. Jahrhundert belegt und bürgerte sich zunehmend im 17. Jahrhundert ein. Die Harzlösungen stellen für Restauratoren eine besser geeignete Alternative zu den als Überzugsmaterialien verwendeten Ölen, Harz-Öl- oder Eiklar-Mischungen dar. Angesichts der chemischen und mechanischen Instabilität der Naturharzfilme sagte allerdings schon der Konservator Heinrich Ludwig im Jahr 1893: „Rissig und blind werden in relativ kurzer Zeit alle Harzessenzfirnisse. Der unsolideste unter ihnen ist der Dammarfirnis, der für Arbeiten von Werth niemals verwendet werden soll.“

Trotz dieser Einwände konnten sich bisher synthetische Kunststoffe für die Gemäldekonservierung nicht durchsetzen, und noch heute werden vor allem Dammar und Mastix als Firnis-Rohstoffe eingesetzt. Als Dammar wird das Harz verschiedener Baumarten (etwa 500 Arten) der Familie Dipterocarpaceae (Flügelnussgewächse) bezeichnet, die im südostasiatischen Raum von Malaysia/Indonesien heimisch sind. Mastixharz wird von der baumartigen, aromatisch riechenden *Pistacia lentiscus* (Mastix-Pistazienstrauch) und der artverwandten *Pistacia terebinthus* gewonnen. Diese beiden Arten wachsen im Mittelmeerraum.

Für die Ernte des Harzes wird die Pflanze vor allem auf der griechischen Insel Chios in einer baumförmigen Varietät kultiviert. Das durch Rindeneinschnitte gewonnene Mastix wird als Überzugsmittel für Süßwaren und Kaugummi sowie als feiner Lack verwendet. Die Samen enthalten bis zu 25 Prozent Öl, das wie Pistazienöl für Speisewecke genutzt wird. Bei den Harzen handelt es sich größtenteils um amorphe organische, feste

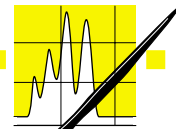
oder halb feste, meist durchscheinende Stoffe. Da sie üblicherweise aus vielen ähnlichen Substanzen bis zu Makromolekülgröße bestehen, besitzen sie keinen festen Schmelzpunkt, sondern gehen allmählich vom festen in den flüssigen Zustand über. Die Naturharze bestehen grösstenteils aus komplexen Gemischen von Harzsäuren, -alkoholen, -estern und Ketonen sowie stark ungesättigten Stoffen wie Resenen.

Die Hauptbestandteile von Dammar und Mastix sind Triterpene. Dabei handelt es sich um polyzyklische, teilweise ungesättigte Kohlenwasserstoffe, welche sich formal von sechs Formeleinheiten des Isoprens ableiten lassen. Andere Naturharze, wie von Kiefern oder Lärchen, gehören dagegen in die Gruppe der Diterpene, deren Moleküle auf der Basis von vier Isopreneinheiten aufgebaut sind. Die Tetra- oder pentazyklischen Triterpene aus Dammar oder Mastix enthalten neben den Kohlenstoffgerüsten auch funktionelle Gruppen wie hauptsächlich Keto-, Hydroxyl- und Carboxylgruppen. In den Naturharzen kommen als Grundstrukturen aus Isoprenen gebildete Diterpene als auch Triterpene vor. Ein bestimmtes Harz enthält aber immer nur eine dieser Struktureinheiten, Mischungen gibt es nicht. Dammar und Mastix enthalten Triterpene und auch alkoholunlösliche Kohlenwasserstoffe.

Bei der Gemälderestaurierung weist Dammar zwar bessere optische Eigenschaften auf, bildet jedoch schnell Risse. Mastix dagegen verfügt über brauchbarere mechanische Eigenschaften und vergilbt dafür rasch.

■ Vergilbter Firnis kann Gemälde ruinieren

Ein idealer Harz-Rohstoff sollte nicht nur haltbar sein, sondern auch eine nicht zu große molekulare Masse



aufweisen, da sonst beim Eintrocknen unebene Oberflächen entstehen. Zudem nimmt die Löslichkeit hochmolekularer Materialien bei der Alterung durch Vernetzung der Moleküle rasch ab. Kann der vergilbte Firnis aber nicht mehr entfernt werden, ist das Gemälde geschädigt. Der Firnis sollte elastisch genug sein, um Spannungen im Gemälde auszugleichen, ohne zu reißen. Starke Oxidationen müssen vermieden werden, da sonst zusammen mit Wasserdampf trübe Stellen entstehen können. Naturstoff-Firnis sollte außerdem einen Lichtbrechungsindex aufweisen, welcher nahe an demjenigen des Bindemittels der Malschicht liegt, um Lichtstreuungen zu begrenzen, die das Gemälde trübe erscheinen lassen.

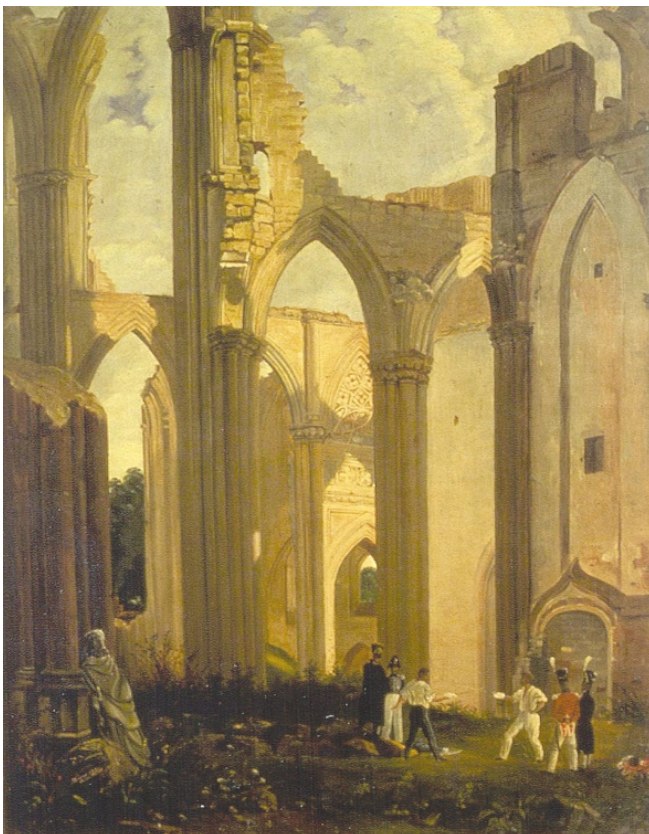
Die üblicherweise verwendeten Damar- und Mastix-Harze bestehen aus verschiedenen Substanzen, aus denen während der Alterung durch Oxidation und Polymerisation, aber auch durch Zerfall, neue Verbindungen entstehen. Die Verschiedenheit in

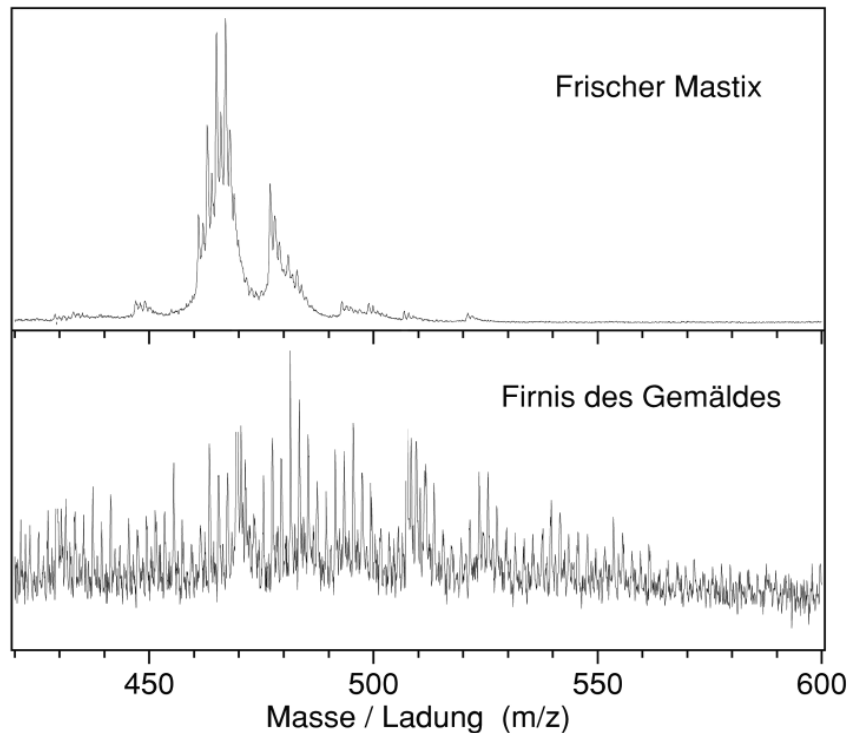
den botanischen Arten der Damar- und Mastix-Bäume trägt zur großen Variationsbreite der Zusammensetzung dieser Triterpen-Naturharze bei. Außerdem sorgen die zahlreichen Wechselwirkungen eines Naturharzfilms mit seiner Umgebung und den Elementen einer Gemäldestruktur dafür, dass sich die mechanischen und optischen Eigenschaften des Triterpenfilms kontinuierlich ändern. Dadurch ist auch wenig über dessen sich permanent wandelnde molekulare Zusammensetzung zu einem bestimmten Zeitpunkt bekannt.

Um aber möglichst viele aussagekräftige Informationen über die Identität dieser Verbindungen zu erhalten, wurden am Laboratorium für Organische Chemie an der ETH Zürich Analysemethoden wie Matrix Assisted Laser Desorption / Ionisation-Mass Spectrometry (MALDI-MS), Fourier-Transform Infrarotspektrometrie (FTIR) und UV/VIS-Spektrometrie miteinander kombiniert (siehe Kasten Seite 6). Eine besondere Rolle spielte die EPRS (Electron Paramagnetic Re-

sonance Spectrometry) zur Abschätzung des Gehaltes an Radikalen (reaktionsaggressive Zwischenprodukte), die während des Alterungsprozesses der Harze auftreten. Es wurden nicht nur Substanzgemische der Damar- und Mastixknollen untersucht, sondern auch künstlich gealterte Referenz-Einzelsubstanzen, aus denen sich die Harze zusammensetzen. Diese wurden mit natürlich gealterten Harzen verglichen. Die Versuche zur Simulation der Alterungsprozesse in kurzer Zeit fanden sowohl unter Ausschluss als auch Einwirkung von Licht statt, um den Einfluss von durch Fensterglas scheinendem Sonnenlicht nachzuahmen.

Stark vergilbte Firnisse verändern die Wirkung eines Gemäldes, wie diese „Duellszene vor Kirchenruine“ von Wilhelm Meyer zeigt. Links: Die Farben im Gemälde erscheinen vor der Restaurierung bräunlich verfärbt. Rechts: Mit einem frischen Firnis wirkt das Gemälde in Farbe und Kontrast plastischer und lebendiger (Abbildungen: Schweizerisches Institut für Kunstwissenschaft).





Massenspektrometrische Analyse eines Gemäldes:

Links: Damenporträt (unbekannter Künstler; Abbildung: Schweizerisches Institut für Kunstwissenschaft). Der Firnis des Gemäldes wurde aufgrund seiner starken Vergilbung abgenommen und ersetzt. Rechts: Massenspektrum des Firnisses des Gemäldes (Spektrum: Patrick Dietemann). Die ursprünglichen Komponenten wurden stark oxidiert und polymerisiert, teilweise zerfielen sie auch wieder. Deshalb erscheinen im Spektrum viele Bestandteile, die im frischen Harz nicht enthalten sind.

Wissenswertes zu den verschiedenen Analysemethoden

Jede Methode liefert spezifische Angaben über bestimmte Eigenschaften der untersuchten Substanzen, welche sich ergänzen.

Mit der **MS (Massenspektrometrie)** lassen sich Bestandteile von Verbindungen aufgrund unterschiedlicher Massen identifizieren. Für die Analyse werden Ionen oder Molekülbruchstücke der unbekanntes Verbindung durch ein elektrisches Feld beschleunigt und ihre Flugzeit über eine bestimmte Strecke gemessen. Die Geschwindigkeit der Ionen hängt von ihrer Masse ab. Ein Detektor registriert Art und Mengenanteile der getrennten Bruchstücke. MS eignet sich auch zur Analyse komplizierter organischer Verbindungen wie Bindemittel der Malerei, organische Reste aus Ausgrabungen oder Lacke.

MALDI-MS (Matrix Assisted Laser Desorption/Ionisation-Mass Spectrometry) informiert über die Masse, so dass Oxidationen und Polymerisationen ersichtlich werden. Die Methode bewährt sich besonders in der Polymerspektrometrie, da sie einen für große Moleküle anders nicht erreichbaren, hohen Prozentsatz an unfragmentierten Molekülionen liefert.

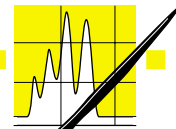
Um Substanzen zu desorbieren und zu ionisieren, ohne dass Fragmentierungen auftreten, wird **MALDI-MS mit Graphit als Substrat (GALDI-MS)** verwendet. Hierbei nehmen die Graphitpartikel die Energie des Lasers auf, desorbieren und reißen die Analytmoleküle mit. So lassen sich auch nichtflüchtige und thermolabile Moleküle desorbieren. Dazu wird eine Aufschwemmung eines feinen Graphitpulvers unter Zu-

gabe von etwas Natriumchlorid in Methanol auf eine Messspitze aufgebracht. Auf den getrockneten Graphit wird ein kleiner Harzsplitter appliziert, durch einen Tropfen Tetrahydrofuran gelöst und über den Graphit verteilt.

Zur Verbesserung der Auflösung wurde eine **verzögerte Extraktion (Delayed Extraction)** eingesetzt. Dabei wird das elektrische Feld, welches die durch den Laserpuls gebildeten Ionen beschleunigt, erst nach einem bestimmten Zeitintervall eingeschaltet. Die Ionen mit größerer kinetischer Energie fliegen während dieser Verzögerungszeit ohne Beschleunigungsspannung etwas weiter als die Ionen mit geringerer kinetischer Energie. Dadurch wird die Beschleunigungsstrecke nach Anlegen der Spannung kürzer, und die Ionen nehmen weniger Beschleunigungsenergie auf.

Im Vergleich zu FT-IR eignet sich die Methode der graphitunterstützten **GALDI TOF-(Graphite Assisted Laserdesorption-Ionisation Time-of Flight)-MS** besser zur Unterscheidung einzelner Komponenten. Außerdem benötigt sie keine spezielle Probenvor- und -aufbereitung und erzielt unfragmentierte molekulare, kationisierte Ionen.

Da keine Auskunft über die Struktur der detektierten Masse erhalten wird, kommt **FTIR (Fourier Transform Infrared Spectrometry)** zum Einsatz, welches funktionelle Gruppen analysiert, aber keine Molekülgrößen liefert. Die UV/VIS (Ultraviolet, visible light-Spectrometry) weist Ketone nach, aber auch Strukturen, die bei relativ hohen Wellenlängen Licht absorbieren. Dies ist im Hinblick auf die Vergilbung ursprünglich farbloser Stoffe von Bedeutung.



Alterungsversuche an Gemälden

Einen Teil der Untersuchungen bildete der 48 Jahre alte, natürlich gealterte Firnis des 1632 von Rembrandt gemalten Werkes „Die Anatomie des Dr. Nicolaes Tulp“, dem ersten großen Gemälde des Künstlers. (Der Maler durchbrach bei dieser Auftragsarbeit für den Amsterdamer Arzt Tulp das traditionelle Konzept des Gruppengemäldes, bei denen die Modelle üblicherweise schematisch in Reihen oder halbkreisförmig gruppiert waren. Auf diese Weise begründete er seinen Ruf als Porträtmaler.)

Es konnte gezeigt werden, dass ein Dammarknollen an seiner Oberfläche im Vergleich zum Innern stark oxidiert ist. Die ursprünglichen Triterpene verschwinden allmählich, und es entstehen neue Substanzen. Mastix bildet kleinere Knollen, die „Tränen“ genannt werden. Die Harze fallen bei der Ernte in Griechenland nach dem

Anritzen der Baumrinde auf den mit Kalk ausgelegten Sandboden rund um die Bäume und werden dort liegend etwa zwei Wochen an der Sonne getrocknet: Danach werden sie gesammelt, gesiebt, in Salzwasser und Seifenlauge gewaschen und anschließend im Dunkeln bei etwa sieben bis neun Grad Celsius gelagert. Daher startet die Oxidation des Materials noch, während es sich am Baum befindet. Das UV-Licht der Sonne beschleunigt den Prozess, indem es energiereiche Komponenten produziert, die beim Zerfall oxidative Radikalkettenreaktionen auslösen. Selbst im Dunkeln werden die Firnisse innerhalb von wenigen Monaten stark oxidiert.

Bei der Alterung der Harze wird Sauerstoff eingebaut und parallel dazu Wasserstoff eliminiert. Thermisch und lichtinduziert werden die Bestandteile der Harze polymerisiert oder in Bruchstücke zerlegt. Die entstandenen Produkte zerfallen weiter,

so dass neue Substanzen mit kleineren oder sogar etwas größeren Massen wie die Triterpene entstehen. Während des Lichtalters erfolgt noch keine Verfärbung der Harzfilme, sondern erst bei der nachfolgenden thermischen Alterung. Um diese Vorgänge in einem kurzen Zeitraum zu überprüfen, wurde in den Versuchen das Prinzip des accelerated aging (künstliche Alterung im Zeitraffer) angewandt. Je höher die Temperatur in den Testreihen war, desto ausgeprägter verlief diese. Sie könnte möglicherweise auf eine Autoxidation zurückgehen und erfolgt vor allem in der Dunkelheit. Verfärbte Firnisse blei-

Mastixernte auf Chios.

Links: Traditionelle Erntebedingungen. Die Rinde des Mastix-Baumes wird geritzt. Das austretende Harz wird an der Sonne getrocknet.

Rechts: Veränderte Erntebedingungen. Das austretende Harz wird sofort mit Alufolie bedeckt und so vor der UV-Strahlung der Sonne geschützt (Fotos: Patrick Dietemann)



chen jedoch wieder, wenn sie ans Licht gebracht werden. Vergilben findet in zwei Schritten statt. Zunächst erfolgt die Oxidation zu farblosen Vorstufen, welche in einem nichtoxidativen, zweiten Schritt zu gelben Komponenten reagieren. Vermutlich sind das Entstehen mehrfach ungesättigter Ketone der Hauptgrund für das Vergilben. Mastix erweist sich als viel stärker oxidiert als der verwendete Dammar. Carbonylgruppen sind im Mastix häufiger vertreten. Eventuell beeinflussen diese funktionellen Gruppen den Alterungszustand. Ultraviolett-Strahlung kann in Ringsystemen zur Öffnung cyclischer Strukturen führen, was durch die Entstehung von flexibleren kettenartigen Strukturen eine größere molekulare Beweglichkeit zur Folge hat. Das Material verhält sich in einem gewissen Rahmen plastischer.

Bei der Lichtalterung entstehen vor allem vermehrt saure Gruppen, Peroxysäuren und Hydroperoxide. Im Vergleich zum eher zu Sprödbrüchen neigenden Dammar zeigen Mastixfilme eine ausgeprägtere Plastizität. Die zahlreichen polaren Gruppen des Mastix erlauben eine optimale Wechselwirkung mit Wassermolekülen, die sich in das Netzwerk von intermolekularen Wasserstoffbindungen einlagern, welche auf den Firnis plastifizierend wirken. Unter Zugspannung funktioniert das eingelagerte Wasser als Gleitschicht. Für die wenig polaren Moleküle im Dammarfilm trifft das nicht zu. Dort lagert sich das Wasser vermutlich nicht primär an die Harzmoleküle an, sondern ballt sich vermehrt zu Haufen. Diese heterogenen Wassereinlagerungen können wie Füllstoff wirken und den Film versteifen.

■ Empfehlung: Ernte unter Lichtausschluss

Frisches Mastix-Harz weist im Massenspektrum etwa sechs verschiedene Signalgruppen auf, die sich durch die Anzahl von Sauerstoffatomen unterscheiden. Obwohl die Oxidationsvorgänge im Licht und in der Dunkelheit ähnlich verlaufen, schreitet die Oxidation im Licht schneller fort. Werden die Harze jedoch während der Erntezeit möglichst wenig Licht ausgesetzt, so kann das Ausmaß solcher Oxidationen verringert werden. Möglicherweise kann auch eine sanfte Oxidation der Rohmaterialien Filme entstehen lassen, die eine verbesserte Widerstandsfähigkeit für Bruchrisse bewirken.

Es wäre also günstig, die geritzten Baumrinden mit lichtdichtem Material abzudecken und die Harze möglichst wenig der UV-Strahlung auszusetzen. Weitere Untersuchungen dazu finden derzeit in Zusammenarbeit mit dem Kunsthaus Zürich statt.

Literatur:

- [1] Patrick Dieteman, Moritz Kälin et al.: „A Mass Spectrometry and Electron Paramagnetic Resonance Study of Photochemical and Thermal Aging of Triterpenoid Varnishes“; Analytical Chemistry
- [2] Stefan Zumbühl, Richard D. Knochenmuss et al.: „Rissig und blind werden in relativ kurzer Zeit alle Harzessenzfirnisse“ Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, 12, 1998
- [3] Patrick Dietemann, Michael J. Edelmann et al.: „Artificial Photoaging of Triterpenes Studied by Graphite-Assisted Laser Desorption/Ionization Mass Spectrometry“; Helvetica Chimia Acta, 83, 2000
- [4] Stefan Zumbühl, Richard Knochenmuss et al.: „A Graphite-Assisted Laser Desorption/Ionization Study of Light-Induced Aging in Triterpene Dammar and Mastix Varnishes“; Analytical Chemistry, 70, No.4, 1998

Kontakt:

Patrick Dietemann und Prof. Renato Zenobi
Laboratorium für Organische Chemie
ETH Zürich Hönggerberg, CH-8093 Zürich
E-Mail: [dietemann][zenobi]@org.chem.ethz.ch
Tel.: +41-1632/4377; Fax: +41-1632/1292

Lichtdosimeter für Gemälde

Museumsbesucher wollen antike Buchmalereien, Aquarelle und Gemälde hell, deutlich und im Original betrachten. Doch wo Licht ist, ist auch Schatten: Die Kunstwerke können je nach der Stärke von Tages- oder Kunstlicht ausbleichen, und selbst Papier, Pergament und Textilien leiden mit der Zeit. Eine einfache Methode, mit der die bleichende Wirkung des Lichts ermittelt werden kann, hat jetzt die Arbeitsgruppe Kulturgüterschutz am Fraunhofer-Institut für Silicatsforschung ISC entwickelt. Dank spezieller Lichtdosimeter können Verantwortliche in Museen schon frühzeitig erkennen, wann es besser wäre, ein Kunstwerk an einem schwächer beleuchteten Ort auszustellen oder gar im Keller zu verwahren. Die Lichtdosimeter ähneln Pflastern, die in die Nähe der Ausstellungsstücke geklebt werden. Die in ihnen enthaltenen speziellen Farbstoffe sind lichtempfindlich und bleichen schneller aus als die für Kunstwerke verwendeten Farben. In bestimmten Zeitabständen werden die Dosimeter eingesammelt und visuell oder messtechnisch beurteilt, wie stark sie verblüht sind. Gegenüber anderen Messmethoden haben die Dosimeter den Vorteil, dass sie das Licht über einen längeren Zeitraum einsammeln. So berücksichtigen sie veränderliche Situationen, wie sie durch Sonnenstand, Jahreszeit, Vorhänge oder Lampenwechsel auftreten. An dem von der EU mit 750 000 Euro geförderten Projekt „LiDo“ sind neben dem ISC zwei weitere Forschungsinstitute beteiligt. Dazu gesellen sich drei Museen: Das Victoria & Albert Museum in London, die Uffizien in Florenz und das Prager Nationalmuseum. Nach der praktischen Erprobung sollen ein deutsches und ein britisches Unternehmen die zukünftige Vermarktung des Produkts sicherstellen. RK

Rubikon
Agentur & Verlag
für Wissenschaft
und Technik

Lutz Krampitz
Anzeigen CLB

Bammentaler Str. 6-8 Tel.: 0203-73851-64
69251 Gaiberg Fax: 0203-73851-65
www.rubikon.de 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 €!

Lineare Kalibrationsfunktionen

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

Der größte Teil analytischer Messverfahren geht von einer Urprobe aus, die nach einer Probenvorbereitung eine Messprobe ergibt, aus der das Analysengerät unmittelbar Messwerte wie z. B. Extinktionen, Impulse pro Zeit, Peakflächen, Stromstärken oder Spannungen liefert. Aus diesen sind gemäß einer Auswertevorschrift — mit Hilfe mathematisch-statistischer Werkzeuge — die Analyseergebnisse (z. B. Konzentrationen) zu berechnen. Die Auswertevorschrift erhält man, indem man einen Zusammenhang zwischen Messwerten und Analyseergebnissen herleitet. Dieser Vorgang wird als Kalibration oder Kalibrierung bezeichnet. Fälschlicherweise taucht dafür in mancher Literatur auch der Begriff Eichung auf. Obwohl in beiden Fällen die Abhängigkeit der Anzeige eines Messgerätes von der zu messenden Größe durch Vergleich mit bereits bekannten Werten bestimmt wird, dürfen nur hierfür autorisierte Behörden eichen, während die Kalibration zum Laboralltag gehört.



Der Zusammenhang zwischen den Messwerten und den daraus zu berechnenden Analyseergebnissen kann linear sein - meist ist er das auch -, es kommen aber auch nicht lineare Zusammenhänge vor. Weiterhin gibt es in der Praxis Messverfahren, bei denen die Werte am oberen und unteren Ende des Messbereichs in vergleichbarer Weise streuen - dies ist der Idealfall - oder am oberen Ende deutlich größere Schwankungen aufweisen, als am unteren.

Im Rahmen der Kalibration werden Leistungsmerkmale des betreffenden Messverfahrens ermittelt. Hierzu gehören unter anderem auch die Nachweis-, Erfassungs- und Bestim-

mungsgrenze. Dennoch behandeln die bestehenden Normen beide verwandten Aspekte nicht gemeinsam.

Der vorliegende Artikel beschäftigt sich mit diesem für die Laborarbeit sehr wichtigen Thema. Im ersten Teil wird der einfache lineare Zusammenhang erörtert und derzeit geltende Normen werden vorgestellt. Der zweite Teil geht auf den nicht linearen Fall ein, während in Teil 3 Sonderfälle behandelt werden. Neben der Kalibration wird auch die Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze angesprochen.

■ Theorie linearer Kalibrationsfunktionen

Bei einem Großteil der in Laboratorien verwendeten Messverfahren besteht - zumindest in gewissen Grenzen - ein linearer Zusammenhang zwischen den Werten, die eine Messanordnung liefert (z. B. den Peakflächen in einem Chromatogramm), und den Größen, die es zu bestimmen gilt (z. B. Konzentrationen). Sofern bestimmte Randbedingungen erfüllt werden, eignet sich die lineare Regression als mathematisches Werkzeug, um den Zusammenhang zu quantifizieren. Das Rechenverfahren darf aber nur verwendet werden, wenn tatsächlich eine lineare Beziehung zwischen Messwerten und Gehaltsgrößen besteht und am oberen und unteren Ende der Kalibrationsfunktion eine im statistischen Sinn vergleichbare Streuung wiederholt gemessener Werte vorliegt. Man spricht dann von Varianzhomogenität.

Die DIN 38402 Teil 51 [1] sieht vor, zwischen einem kleinsten und größten Messwert mindestens 5, besser zehn äquidistante (gleichweit auseinander liegende) bekannte Gehalte zu vermessen. Zusätzlich sind sowohl der kleinste als auch der größte Gehalt zehnfach zu bestimmen, um einen F-

Test hinsichtlich der Varianzhomogenität durchführen zu können. Aus den jeweils zehn Werten der Wiederholmessungen lässt sich eine Varianz V gemäß:

$$V = \frac{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}{N - 1}$$

berechnen, wobei \bar{Y} der Mittelwert aus den Wiederholmessungen ist und N die Anzahl der Werte. Teilt man die größere der beiden Varianzen durch die kleinere, erhält man eine Zahl größer als eins. Ist diese kleiner als ein Tabellenwert der F-Verteilung, er beträgt 5,35 bei jeweils zehn Messwerten und 99 % statistischer Sicherheit, sind die Streuungen homogen, also vergleichbar. Nur in diesem Fall ist die lineare Regression zulässig. Als Kunstgriff kann man in der Praxis den Messbereich soweit einengen, bis eine Varianzhomogenität vorliegt.

Um die Linearität des Zusammenhangs zu prüfen ist ein Polynom 1. Grades (linear) und 2. Grades (gekrümmt) an die Messdaten anzupassen und der Test nach Mandel durchzuführen. Beim Test nach Mandel zur Prüfung auf Linearität wird vereinfacht ausgedrückt eine lineare und eine quadratische Funktion an die Kalibrierdaten angepasst und für beide Varianten jeweils die Summe der Abweichquadrate berechnet.

In einem zweiten Schritt führt man einen F-Test durch, indem die Differenz dieser Summen durch die Restvarianz aus der quadratischen Anpassung geteilt und der so erhaltene Wert mit dem Tabellenwert der F-Verteilung verglichen wird. Ist er kleiner als der Tabellenwert, liegt eine Linearität vor. Ergibt dieser keinen signifikanten Unterschied zwischen den Reststreuungen beider Funktionen (mittlere Abweichquadrate zwischen Mes-



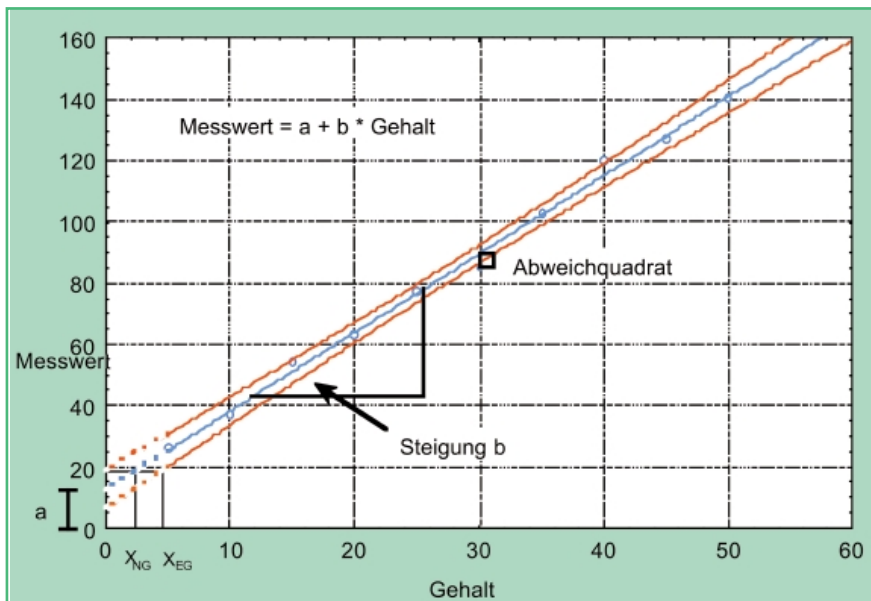


Abb. 1:
Lineare Kalibration mit Nachweis- und Erfassungsgrenze

spunkten und Ausgleichsfunktion), kann die lineare Regression verwendet werden. Details zu dem Thest findet man in [1] und [2]. In Abb. 1 ist das Ergebnis dieses mathematischen Verfahrens in grafischer Form dargestellt.

Mit Hilfe der linearen Regression wird eine Gerade berechnet, bei der die Summe der quadratischen Abweichungen zwischen Messpunkten und Ausgleichsfunktion kleinstmöglich ist. Dabei wird angenommen, dass nur die Messwerte, nicht jedoch die Gehaltsgrößen fehlerhaft sind. Da die Messpunkte nicht exakt auf der Geraden liegen, ist dies auch nicht von zukünftigen Werten anzunehmen. Daher gibt es ein Prognoseintervall (rote Linien in Abb. 1), dessen Breite vom Ausmaß der Abweichungen zwischen Messpunkten und Ausgleichsfunktion sowie von der statistischen Sicherheit abhängt.

Zu den wichtigsten Größen, die sich mit Hilfe der linearen Regression aus den Messpunkten ergeben, gehören

- der Ordinatenabschnitt a (er entspricht einem Leerwert),
- die Steigung b (sie charakterisiert die Empfindlichkeit des Messverfahrens, denn je größer die Steigung ist, desto größer ist auch die Empfindlichkeit),

- der Korrelationskoeffizient (er ist ein Maß für die Güte des linearen Zusammenhangs),
- die Reststandardabweichung (sie ist ein Maß für die Streuung der Messpunkte um die Ausgleichsgerade),
- die Verfahrensstandardabweichung und der Verfahrensvariationskoeffizient (es sind absolute und relative verfahrensspezifische Streumaße).

Der Messbereich, der zwischen dem kleinsten und dem größten Kalibrationspunkt liegt, ist der vorläufige Arbeitsbereich. Nur in diesem sind Messwerte „gesichert“ und zulässig. Am oberen und unteren Ende weitet sich das Prognoseintervall, d. h. der Messfehler wird hier zunehmend größer. Die höchste Präzision liegt in der Mitte des Arbeitsbereichs vor.

■ Die Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze

Obwohl das untere Ende des Messbereichs durch die Bestimmungsgrenze (und nicht durch den kleinsten Kalibrationspunkt) festgelegt wird, behandelt die DIN 38402 Teil 51 diesen Aspekt nicht. Hiermit setzt sich aber eine andere Norm, die DIN 32645 [3], auseinander. Wichtig ist, dass sie nur für lineare Kalibrationsfunktionen gilt. Im Teil 2 dieses Artikels wird

eine (nicht genormte) Vorgehensweise für nicht lineare Zusammenhänge vorgestellt.

Jeder Messwert ist mit einem Fehler behaftet. Am oberen Ende des Arbeitsbereichs ist dieser klein im Verhältnis zum Messwert selbst. Zur Mitte des Arbeitsbereichs hin werden die Werte kleiner, aber auch die Fehler, die in Abb. 1 als Prognoseintervall dargestellt sind. In Richtung noch kleinerer Messwerte vergrößert sich der Fehler wieder und wird schließlich so groß, wie die Analysenwerte selbst. Aus diesem Grund gibt es eine untere Grenze, ab der quantitative Analysenergebnisse nicht mehr angegeben werden können. Bei einer genauen Betrachtung des Sachverhalts unterscheidet man zwischen einer Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze.

Viele Messverfahren erlauben es, Leerproben zu messen. Dabei handelt es sich um (ggf. matrixbehaftete) Proben, die die zu analysierende Komponente nicht enthalten, sonst aber genauso behandelt und gemessen werden, wie jede andere Probe. Leerproben können Messwerte erzeugen, die ein Analysenergebnis vortäuschen. Bei der in der DIN 32645 beschriebenen direkten Methode stützt man sich zur Berechnung der Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze auf die Leerwerte. Alternativ hierzu ist auch eine indirekte Methode zulässig, bei der die Regressionsgerade auf die Messwertachse extrapoliert wird und hier einen dem Leerwert adäquaten Ordinatenabschnitt erzeugt. Bei signifikanten Differenzen zwischen der direkten und indirekten Methode hat die direkte, auf Leerwerte basierende, Vorrang.

In Abb. 2 ist die Vorgehensweise der indirekten Methode grafisch dargestellt. Die auf die Messwertachse verlängerte Kalibrationsgerade ergibt einen Schnittpunkt a , dessen Größe im Idealfall mit dem Mittelwert der Leerwerte übereinstimmt. Verlängert man die Grenzen des Prognoseintervalls ebenfalls auf die Messwertachse, spannt sich auf dieser Achse eine Normalverteilung auf, die im Idealfall der Streuung der Leerwerte entspricht. Das Prognoseintervall (in Y-Richtung) PI berechnet sich gemäß

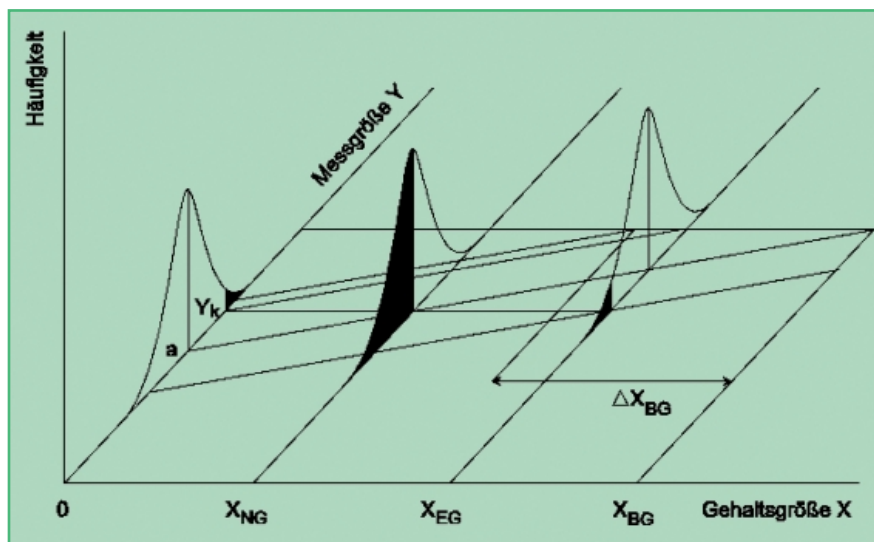
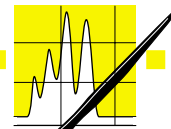


Abb. 2:
Darstellung der Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze

$$PI = \pm s_0 \cdot t_{fx} \cdot \sqrt{\frac{1}{m} + \frac{1}{n} + \frac{\bar{X}^2}{\sum (X_i - \bar{X})^2}}$$

Hierin sind s_0 die Verfahrensstandardabweichung, t der Tabellenwert der t-Verteilung, der sowohl von der Anzahl der Kalibrationspunkte, als auch von der statistischen Sicherheit abhängt, m die Zahl der Kalibrationspunkte X_i , n die Zahl der Wiederholmessungen und \bar{X} der Mittelwert über alle X_i .

Die DIN 32645 überlässt es dem Anwender, das Signifikanzniveau (die statistische Sicherheit) des Prognoseintervalls festzulegen. Als üblich werden 5 % oder 1 % Irrtumswahrscheinlichkeit angegeben. Für 10 Kalibrierpunkte bedeutet dies einen t-Wert von 1,86 bei 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit und einen von 2,9 bei 1 % Irrtumswahrscheinlichkeit. Es liegt auf der Hand, dass bei 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit engere Prognoseintervalle vorliegen und damit kleinere Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenzen resultieren.

Die Werte der t-Verteilung hängen auch davon ab, ob eine einseitige oder zweiseitige Fragestellung vorliegt. Einseitig ist sie z. B. dann, wenn es darum geht, ob ein Wert größer als eine Grenze ist. Wird aber gefragt, ob ein Wert größer als eine untere und kleiner als eine obere Grenze ist, liegt eine zweiseitige Fragestellung vor. Bei einer 5 %igen Irrtumswahrscheinlichkeit beträgt der t-Wert 1,86 bei einer einseitigen und 2,31 bei einer zweiseitigen Fragestellung. Dieser Unterschied ist wichtig bei der Berechnung der Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenzen.

Die Verteilung der Leerwerte oder das Prognoseintervall der extrapolierten Kalibrationsgeraden an der Stelle $X=0$ ergeben einen oberen Messwert Y_k , der z. B. von 95 % aller Leerwerte unterschritten (weißes Feld) und 5 % überschritten wird (schwarzes Feld), sofern 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit angenommen werden. Folgt man der Kalibrationsgeraden zu höheren Gehalten hin, so gibt es eine weitere Verteilung an der Stelle X_{NG} , bei der 50 % den Messwert Y_k unterschreiten (schwarzes Feld) und 50 % überschreiten (weißes Feld). An dieser Stelle sind nur qualitative Aussagen möglich, d. h. man kann nur sagen, ob eine untersuchte Substanz vorhanden ist, oder nicht. Hier liegt die Nachweisgrenze vor.

Da danach gefragt wird, ob der Gehalt in einer Probe größer ist, als in den meisten Leerwerten (zum Beispiel 95 %), liegt eine einseitige Fragestellung vor, was in dem Tabellenwert der t-Verteilung zu berücksichtigen ist. Zu noch höheren Gehalten hin gibt es eine weitere Verteilung von Messwerten, die nur zu einem geringen Teil von z. B. 5 % (schwarzes Feld) den Wert Y_k unterschreitet. Ab dieser

Stelle, der Erfassungsgrenze, sind im Prinzip quantitative Aussagen bzw. Analyseergebnisse möglich. Auch hier gilt das einseitige Prognoseintervall zur Ermittlung der Erfassungsgrenze. Die Erfassungsgrenze ist bei linearen Kalibrationsfunktionen und gleichen Irrtumswahrscheinlichkeiten doppelt so hoch, wie die Nachweisgrenze.

In der Praxis wird eine kleinste Gehaltsangabe benötigt, deren relative Unsicherheit den Anforderungen des Anwenders zu genügen hat. Dies kann im Einzelfall die Erfassungsgrenze sein, in der Regel wird aber ein größerer Wert (mit geringerer relativer Unsicherheit als bei der Erfassungsgrenze) benötigt, den man als Bestimmungsgrenze bezeichnet. Hierzu schaut man nicht auf die Achse der Messwerte, sondern auf die der Gehalte. Die halbe Breite des Prognoseintervalls in X-Richtung (ΔX_{BG}) ist eine wichtige Grundgröße, um die Bestimmungsgrenze festzulegen. Es ist zu beachten, dass der t-Wert des Prognoseintervalls hier für eine zweiseitige Fragestellung gilt. Wie aus Abb. 2 hervorgeht, ist das Intervall breiter als für die einseitige Fragestellung. Die Breite des halben Prognoseintervalls ΔX_{BG} wird mit einem Faktor k multipliziert, den der Anwender selbst bestimmen kann. Empfohlen wird in der DIN 32645 ein Wert von 3, da dann die relative Ergebnisunsicherheit 33 % beträgt. Es ist nur wichtig, dass die Bestimmungsgrenze oberhalb der Erfassungsgrenze und unterhalb des kleinsten Kalibrationspunktes liegt.

Die DIN 32645 setzt eine lineare Kalibrationsfunktion voraus, Varianzenhomogenität am oberen und unteren Ende des Arbeitsbereichs und normalverteilte Messwerte. In der Praxis kommen aber auch nicht lineare Fälle vor. Auf sie sind die DIN 38402 Teil 51 sowie die DIN 32645 nicht anwendbar. Hierauf wird in Teil 2 des

Artikels eingegangen. Leser, die an den Formeln zur Kalibration, Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze interessiert sind, mögen diese den Normen entnehmen.

Praxisbeispiel zur linearen Kalibration

Für das nachfolgend aufgeführte praktische Beispiel zur Kalibration einschließlich der Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze wurde eine Excel-Anwendung er-

stellt, die die relevanten Kenndaten der Kalibration berechnet. Dies kann wahlweise für 95 % oder 99 % statistische Sicherheit erfolgen. Weiterhin wird sowohl der lineare als auch der nicht lineare Fall durchgerechnet und geprüft, welcher der Realität am nächsten kommt. Die Anwendung ist für fünf oder zehn Kalibrationspunkte geeignet.

Bei dem Beispiel handelt es sich um die fotometrische Bestimmung einer Komponente im unteren Mess-

bereich eines Fotometers und weist daher eine verhältnismäßig große Streuung auf. In Abb. 3 ist die lineare Kalibrationsfunktion gemeinsam mit dem Prognoseintervall dargestellt.

Abb. 4 zeigt für die gleichen Messpunkte des Beispiels eine nicht lineare Kalibrationsfunktion mit Prognoseintervall. Die Anpassung an die Daten ist kaum besser und die Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze aufgrund des breiteren Prognoseintervalls größer. Wegen der Krümmung der Kalibrationsfunktion ist der Schnittpunkt mit der Extinktionsachse negativ, was im Widerspruch zum Leerwert steht.

Es ist bemerkenswert, dass die Bestimmungsgrenze höher liegt, als der kleinste Messwert. Aus diesem Grund muss die Kalibration mit neuen, höheren Werten wiederholt werden. Die kleinste Konzentration, die zur Kalibration genommen werden kann, muss über der Bestimmungsgrenze liegen. Es kann allerdings vorkommen, dass im zweiten Kalibrationslauf größere Streuungen mit entsprechend höherer Bestimmungsgrenze auftreten und der angehobene untere Messpunkt wieder unterhalb der Bestimmungsgrenze liegt. In Tab. 1 sind die Rohdaten und Kenngrößen zum aufgeführten Beispiel zusammengestellt.

Die lineare Kalibrationsfunktion gehorcht der Gleichung $\text{Extinktion} = 0,0071 + 0,0066 \cdot \text{Konzentration}$. Das Bestimmtheitsmaß als Quadrat des Korrelationskoeffizienten ist mit 0,9769 verhältnismäßig klein, was aber im Einklang mit den weiten Prognoseintervallen steht. Da das Polynom 2. Grades keine signifikant bessere Anpassung an die Kalibrationspunkte ergibt, liegt eine Linearität vor. Weiterhin sind die Varianzen am oberen und unteren Ende des Arbeitsbereichs homogen. Dies gilt auch für die Varianz der Leerwerte und derjenigen des unteren Kalibrationspunktes. Aufgrund der Auswertung lässt sich sagen, dass ein linearer Zusammenhang vorliegt, der auch mittels der linearen Regression berechnet werden kann. Da die Bestimmungsgröße höher liegt, als der untere Kalibrationspunkt, muss die gesamte Kalibration mit höheren Gehalten wiederholt werden.

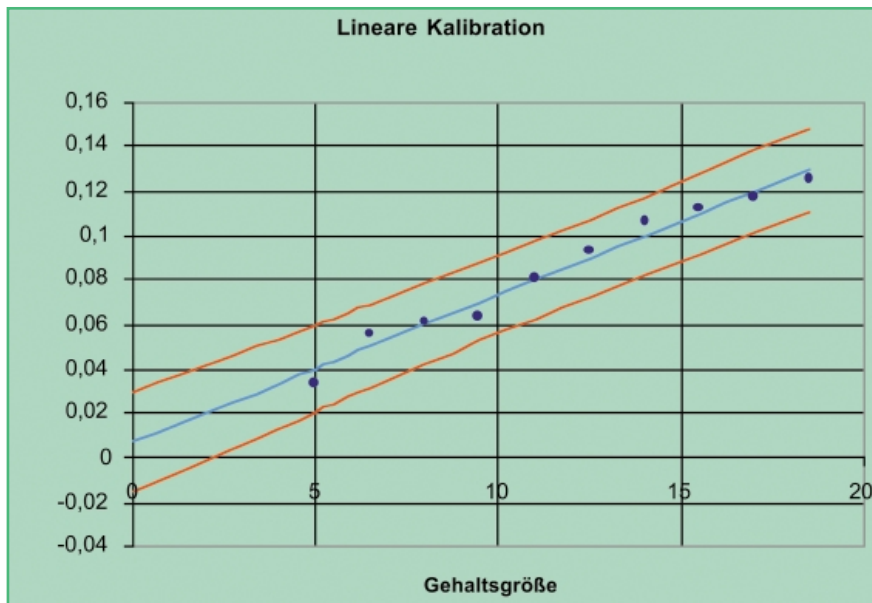


Abb. 3: Lineare Kalibrationsfunktion mit Prognoseintervall für 99 % Signifikanz

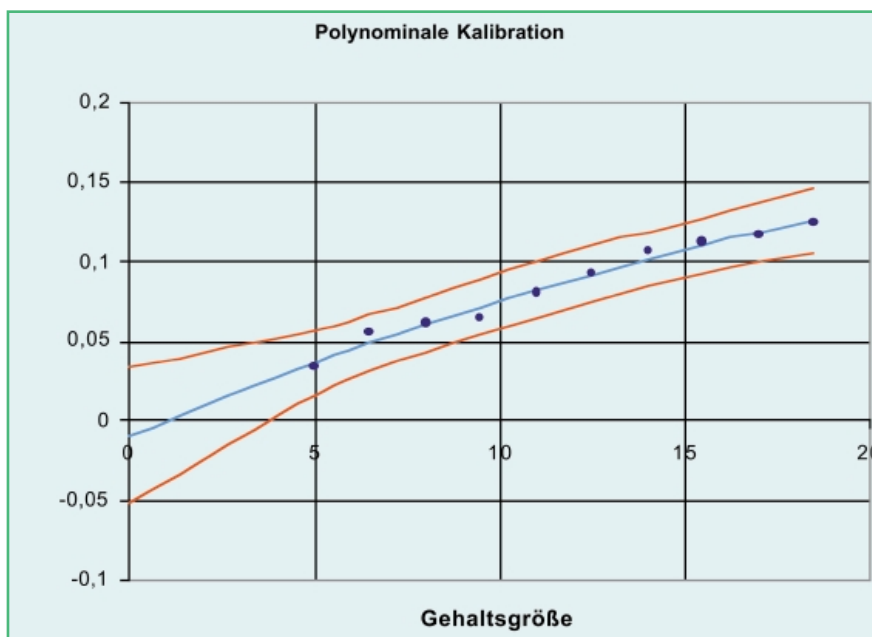
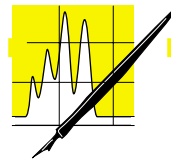


Abb. 4: Nicht lineare Kalibrationsfunktion mit Prognoseintervall für 99 % Signifikanz



Literatur

- [1] DIN 38402 Teil 51: Kalibrierung von Analyseverfahren, Auswertung von Analyseergebnissen und lineare Kalibrierfunktionen für die Bestimmung von Verfahrenskenngrößen, Mai 1986
- [2] Funk, W., Dammann, V. und Donnevert, G.: Qualitätssicherung in der Analytischen Chemie. Weinheim: VCH 1992
- [3] DIN 32645: Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze, Mai 1994

Kontakt:

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

Tab. 1:
 Roh- und Kennwerte zum Kalibrationsbeispiel

Verfahrenskenngrößen der Kalibration bei 10 Messpunkten						
Arbeitsgruppe:		Gr 1		Kalib.-Datum:		20.02.2002
BearbeiterIn:		Autor				
Analysenverfahren:		fiktiv		QS:		
Kenngröße:		Test		Einheit der Messwerte:		Ext.
				Einheit der Gehaltsgröße:		mg/l
Urdaten						
				Mehrfachbestimmung	Mehrfachbestimmung	
Gehaltsgröße	Messwerte		Leerwerte	unten	oben	
5	0,034		0,005	0,034	0,125	
6,5	0,056		0,007	0,03	0,12	
8	0,061		0,006	0,033	0,118	
9,5	0,064		0,009	0,029	0,13	
11	0,081		0,007	0,036	0,122	
12,5	0,093		0,008	0,038	0,132	
14	0,106		0,003	0,033	0,13	
15,5	0,112		0,001	0,039	0,127	
17	0,117		0,008	0,027	0,125	
18,5	0,125		0,007	0,034	0,124	
Signifikanzniveau in %:		99				
Verfahrenskenngrößen						
Gerade				Polynom		
Ordinatenabschnitt:	0,0071	Ext.		Ordinatenabschnitt:	-0,0088	Ext.
Steigung:	0,0066	Ext./(mg/l)		Steigung X:	0,0097	Ext./(mg/l)
Korrelationskoeffizient:	0,9884			Steigung X ² :	-0,0001	Ext./(mg/l) ²
Bestimmtheitsmaß:	0,9769			Reststandardabweichung:	0,0046	Ext.
Reststandardabweichung:	0,0049	Ext.		Verfahrensstandardabw.:	0,6879	mg/l
Verfahrensstandardabw.:	0,7408	mg/l		relative Verfahrensstand.:	5,8543	%
relative Verfahrensstand.:	6,3047	%		Nachweisgrenze:	3,7582	mg/l
Nachweisgrenze:	2,9171	mg/l		Erfassungsgrenze:	6,0816	mg/l
Erfassungsgrenze:	5,8343	mg/l		Bestimmungsgrenze:	8,3534	mg/l
Bestimmungsgrenze:	8,0024	mg/l				
				Leerwert-Nachweisgrenze:	1,1031	mg/l
Varianzenhomogenität:	Ja			Leerw.-Erfassungsgrenze:	2,2061	mg/l
Linearität:	Ja			Leer.-Bestimmungsgrenze:	3,3092	mg/l
				Varianzenhomogenität		
				Leerwerte:		Ja
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).						

Herzstücke in elektronischen Nasen

Jürgen Wagner, Weinheim

Definitionsgemäß versteht man unter einer elektronischen Nase ein Instrument, das aus einem Array von elektronischen chemischen Sensoren mit spezifischer Empfindlichkeit aufgebaut ist [1]. Es ist in der Lage, einfache, aber auch komplexe Gerüche zu erkennen. In diesem Artikel soll die Vielfalt und Funktionsweise der in elektronischen Nasen verwendeten Gassensoren näher beleuchtet werden. Ohne Zweifel sind sie das Herzstück einer jeden elektronischen Nase und bestimmen deren Eigenschaften und damit auch ihren Anwendungsbereich.



Wer in der glücklichen Lage ist, ein höchstens ein Jahre altes Auto zu fahren, hat diese Situation bestimmt schon einmal erlebt: „Der riecht ja noch wie neu“, entfährt es bewundernd den zum ersten Mal in dieses Fahrzeug einsteigenden Zeitgenossen. Klar, dass solche Kommentare den Wagenbesitzer erfreuen, und in aller Regel empfinden Fahrer wie Beifahrer den typischen Neuwagengeruch durchaus als angenehm. Selbstverständlich ist dies jedoch keineswegs – resultiert er doch aus Ausgasungen der Sitzpolster und Kunststoffteile im Wageninneren. Damit es dort nicht „nach Chemie“ riecht, führen sowohl Automobilhersteller wie auch die Zulieferfirmen Geruchsprüfungen als qualitätssichernde Maßnahme durch.

■ Olfaktometrie

Das objektive Erfassen von Gerüchen wird dadurch erschwert, dass die Sinneseindrücke unserer Nase nicht direkt mit physikalischen Messgrößen korrelieren. Bei Geräuschen, die unsere Ohren wahrnehmen, verhält sich die Sache einfach: Je lauter wir einen Ton hören, umso größer ist die Amplitude der betreffenden Schallwelle; die Tonhöhe wiederum korreliert direkt mit

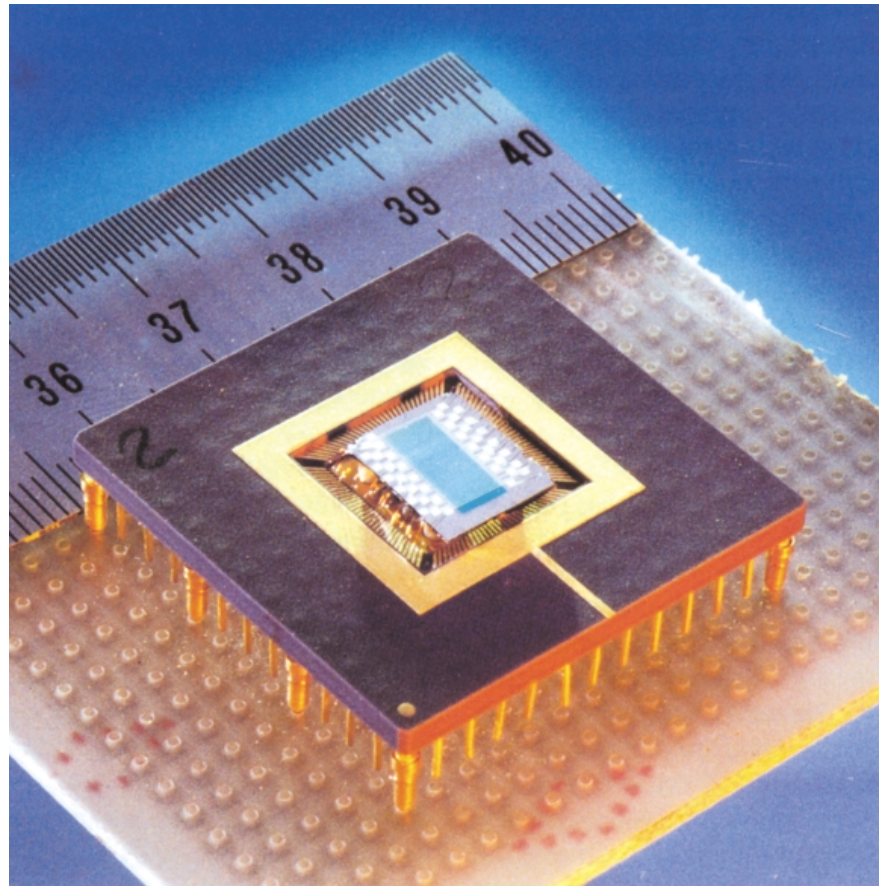
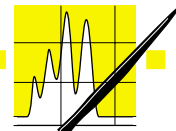


Abb. 1:

Die am Forschungszentrum Karlsruhe entwickelte KAMINA (KARlsruher MikroNase) besitzt trotz kleinster Abmessungen 40 Einzelsensoren. Die Metalloxidschicht (einige 100 nm) wird in einem einzigen Arbeitsgang aufgebracht. Die unterschiedliche Empfindlichkeit der Einzelsensoren resultiert aus einer unterschiedlich dicken Membran (2-10 nm), die die gassensitive Metalloxidschicht abdeckt. Das eigentliche Sensorfeld ist das türkisblaue Rechteck in der Bildmitte. Die darum gruppierten weißen Quadrate sind Kontaktstellen der Elektroden, die die Metalloxidschicht segmentieren.

deren Frequenz - beide Parameter lassen sich mit physikalischen Messgeräten relativ einfach erfassen. Auch das Licht, das auf unsere Augen trifft, kann durch Messen seiner Wellenlänge und der Lichtintensität charakterisiert werden. Doch wie verhält sich dies bei Gerüchen? Unsere Nase kann sehr wohl Duftintensitäten feststellen und Gerüche in Klassen einteilen wie z.B. blumig, etherisch, modrig, schweißig, fruchtig, nach Zitronen duftend etc.

Doch nach welchem Messprinzip soll ein Analysengerät diese Eigenschaften nachweisen? Denkbar wäre allenfalls die Auftrennung des Geruchstoffes in seine Einzelkomponenten mittels GC und einer anschließenden MS-Detektion. Da die meisten Gerüche jedoch „Kompositionen“ hunderter verschiedener Verbindungen sind, ist diese Methode in aller Regel zu teuer und zu zeitaufwendig. Darüber hinaus können synergistische und antagonistische Ef-



fekte, wie sie in solch komplex zusammengesetzten Mischungen vorkommen, überhaupt nicht erfasst werden.

Aus dem bisher Gesagten wird leicht verständlich, warum die menschliche Nase bei der olfaktometrischen Qualitätskontrolle auch heute oftmals noch unverzichtbar ist. Insbesondere in der Nahrungs- und Genussmittelindustrie, aber auch in den Bereichen Kosmetik und Verpackungsmaterialien spielt die Humansensorik eine große Rolle. Speziell geschultes Personal überprüft hier Rohwaren, Zwischen- und Endprodukte auf geruchliche Abweichungen bzw. das Überschreiten von Geruchsschwellen [2].

■ Elektronische Nasen

Leider hat das „Messsystem“ menschliche Nase auch Tücken. Seine Leistungsfähigkeit ist individuell verschieden und hängt vom Alter und dem Gesundheitszustand des jeweiligen Testers ab. Hinzu kommt, dass Gerüche subjektiv unterschiedlich wahrgenommen werden; man denke hier nur an Parfum: Was der eine wohlriechend und anziehend empfindet, kann auf den anderen abstoßend und widerwärtig wirken. In diesem Zusammenhang muss darauf hingewiesen werden, dass manche Geruchsstoffe je nach Konzentration unterschiedlich duften. Bei Maltol z.B. kann es ein Fleisch-, Malz- oder aber Erdbeergeruch sein. Ein weiteres Manko, das jeder aus eigener Erfahrung kennt: Ist die Nase längerer Zeit einem bestimmten Geruch ausgesetzt, wird dieser kaum mehr wahrgenommen. Um all diesen Unzulänglichkeiten aus dem Wege zu gehen, haben Forschungseinrichtungen und Unternehmen seit den 80er Jahren des vergangenen Jahrhunderts Messsysteme entwickelt, die als technisches Pendant zur menschlichen Nase gelten: die elektronische Nase.

Wie bereits eingangs beschrieben, können Gerüche nicht so ohne weiteres physikalisch gemessen werden. Die Forscher haben sich bei ihren Geräteentwicklungen deshalb vom Arbeitsprinzip der menschlichen Nase leiten lassen. Bei ihr erfolgt die Geruchserkennung über die Reizung der Riechzellen, die Rezeptoren für die Interaktion mit den Geruchsmolekülen tragen. Trifft also ein bestimmtes Molekül auf

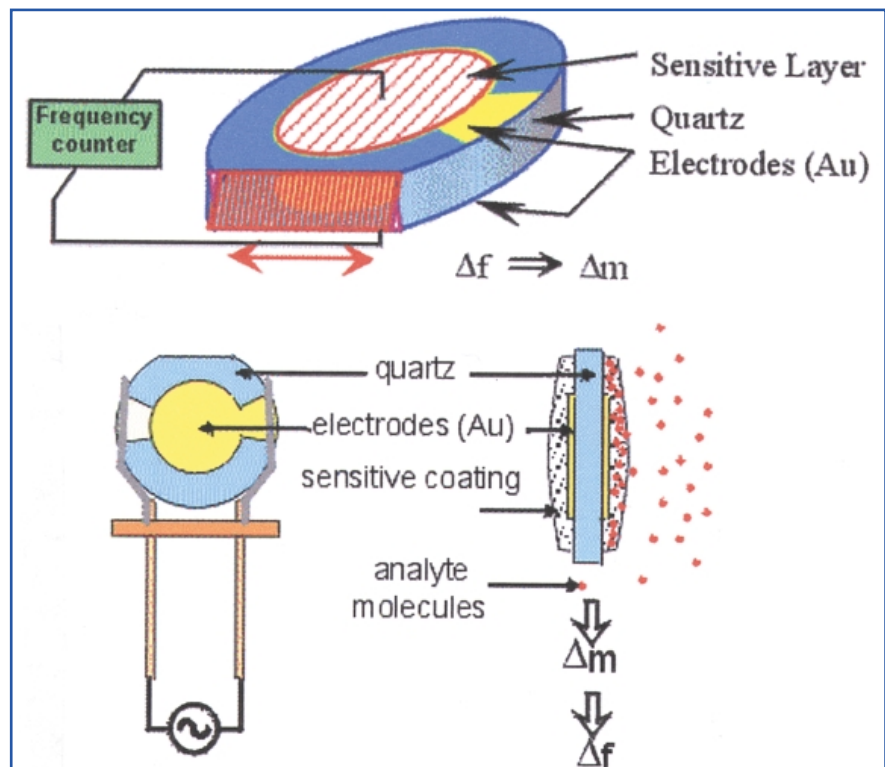
den passenden Rezeptor, sendet die Riechzelle ein elektrisches Signal an das Gehirn (zur Biologie des Riechens siehe [3]). Insgesamt verfügt die menschliche Nase über zehn Millionen Rezeptoren, allerdings gibt es nur an die 30 verschiedene Rezeptortypen. Da unser Riechorgan mehrere tausend verschiedene Geruchsstoffe unterscheiden kann, ist einleuchtend, dass nicht jeder Rezeptortyp exakt einem Geruchsstoff zugeordnet ist. Vielmehr registriert das Gehirn bei einem Riechvorgang, welche der 30 verschiedenen Rezeptorarten in welchem Maße auf den Geruchsstoff ansprechen. Auch die räumliche Lage der gereizten bzw. ungereizten Riechzellen spielt bei der Geruchserkennung vermutlich eine Rolle. Es entsteht ein Signalmuster, das charakteristisch für einen ganz bestimmten Geruch ist. In der Gedächtnisregion unseres Gehirns wird dieses Signalmuster mit bereits bekannten Mustern verglichen. Erfahrungswerte sind es also, die den Riechenden erkennen lassen, ob beispielsweise ein Neuwagenduft oder der Duft einer Zitrone vorliegt.

Auch bei der elektronischen Nase gibt es so etwas wie Rezeptoren, und sie arbeitet ebenfalls nach dem Prinzip

der Mustererkennung. Als „Rezeptoren“ fungieren hier Gassensoren, von denen bis zu 40 Stück zu einem Array zusammengefasst sind. Die einzelnen Sensoren reagieren auf Gasmoleküle verschieden sensitiv und geben daher auch elektrische Signale unterschiedlicher Größe an die Elektronik weiter. Auf diese Weise entsteht ein Signalmuster, das von einem Computer ausgewertet wird. Die verwendeten Programme arbeiten oftmals nach dem Prinzip neuronaler Netze; sie sind fähig zu „lernen“, d.h. Signalmuster zu speichern, und fähig zur Wiedererkennung.

Um die Funktionsweise elektronischer Nasen besser zu verstehen, soll im Folgenden näher auf den Aufbau von Gassensoren eingegangen werden. Besprochen werden jedoch nur solche Typen, die häufig in elektronischen Nasen Verwendung finden.

Abb. 2: Schemazeichnung eines massensensitiven Gassensors nach dem QMB-Prinzip.



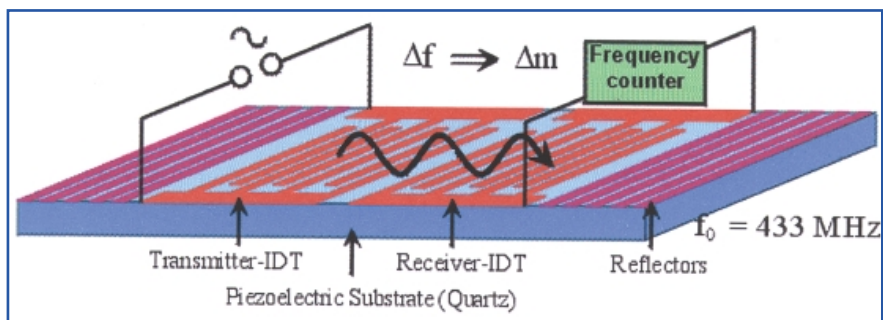


Abb. 3: Schemazeichnung eines SAW-Sensors. Die sensitive Sorptionsschicht befindet sich zwischen Transmitter-IDT und Receiver-IDT (IDT = InterDigital Transducer). Der besseren Übersicht wegen ist die Sorptionsschicht hier nicht skizziert.

■ Sensoren

Aufgabe der in den elektronischen Nasen verwendeten Gassensoren ist es, ein chemisches Signal zu erfassen und dieses in ein elektrisches oder optisches Signal umzuwandeln [4]. Streng genommen besteht ein Sensor aus einer sensitiven Schicht und dem Messumwandler (Transducer). In elektronischen Nasen kommen verschiedene Sensorschichtmaterialien und Transducertypen zum Einsatz. Die meisten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Zusammenhang mit elektronischen Nasen befassen sich mit der Entwicklung und Verbesserung von sensibler Schicht und Transducer [5].

■ Leitfähigkeitssensoren

Als Sensormaterial wurden zunächst leitfähige Polymere (z.B. dotierte Polypyrrole, Polyacetylen, Polyphenylen) eingesetzt [6]. Weit verbreitet sind inzwischen jedoch auch Leitfähigkeitsdetektoren auf Metalloxid-Basis (meist SnO_2), die durch Dotierung mit einem Edelmetall Halbleitereigenschaften aufweisen. Das Messprinzip beider Sensortypen basiert auf der Leitfähigkeitsänderung der Sensorschicht, sobald sie in Wechselwirkung mit Gasen tritt. Dabei kommt es zu Ladungsübertragungen von den Gasmolekülen auf die Sensorschicht oder umgekehrt.

Metalloxid-Sensoren (MOX) arbeiten bei Temperaturen zwischen 150 bis 450 Grad Celsius. Der Forderung nach unterschiedlicher Empfindlichkeit der einzelnen Sensoren kann also dadurch Rechnung getragen werden, dass jeder Sensor des Arrays mit einer anderen Temperatur arbeitet. Die gewünschte Betriebstemperatur wird mit einer Wi-

derstandsheizung erreicht. Andere Möglichkeiten, unterschiedliche Sensitivitäten zu erzielen sind: verschiedene Dotierungen, voneinander abweichende Schichtdicken, Verwendung unterschiedlichen Elektroden- und Sensorschichtmaterials. Diese Möglichkeiten gelten auch für Sensoren aus leitfähigen Polymeren.

Der große Vorteil der Metalloxid-Sensoren besteht darin, dass sie mit etablierten Produktionstechniken aus der Chipfertigung hergestellt werden können. Dies macht die Sensoren preiswert in der Anschaffung. Als Nachteil ist die notwendige Beheizung zu sehen. Sie verbraucht Energie und verbietet den Einsatz solcher Sensoren in explosionsgeschützter Umgebung. Die Nachweisgrenzen liegen im Schnitt bei ca. 5 bis 500 ppm. Abb. 1 zeigt ein Metalloxid-Sensorarray, das nur daumen-nagelgroß ist und dennoch über 40 Einzelsensoren verfügt.

Polymersensoren weisen eine Empfindlichkeit von ca. 0,1 bis 100 ppm auf; schwierig ist jedoch, diese Sensoren mit reproduzierbaren Eigenschaften herzustellen [7]. Darüber hinaus verfälscht Luftfeuchtigkeit die Ergebnisse. Sie sind deswegen nicht so verbreitet wie MOX-Sensoren.

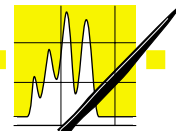
■ Massensensitive Sensoren

Die sensitive Schicht dieser Sensoren besteht aus nichtleitenden Polymeren. Sie nimmt Moleküle aus dem zu analysierenden Gas auf und ändert so ihre Masse. Zur Detektion dieser Massenänderung nutzt man den piezoelektrischen Effekt aus. Im einfachsten Fall bestehen solche Sensoren aus dünnen Quarzscheiben von nur wenigen Milli-

metern Durchmesser. Auf der Ober- und Unterseite der Scheibe sind Elektroden angebracht und darüber wiederum die sensitive Polymerschicht (vgl. Abb. 2). Der Sensor wird durch Anlegen eines oszillierenden Signals (10-30 MHz) in Schwingungen versetzt. Adsorbiert nun das Polymer Moleküle aus dem zu analysierenden Gas, steigt die Masse des Sensors an, woraus eine geringere Resonanzfrequenz des schwingenden Gebildes resultiert. Diese Frequenzverschiebung wird gemessen und dient als Maß für die adsorbierte Masse. Diese Art von Sensoren wird auch als QMB (Quarz Micro-Balance) bezeichnet. In einem Sensorarray, das aus solchen Schwingquarzen besteht, verwendet man Polymere mit unterschiedlichem Adsorptionsverhalten, um auch hier Sensoren mit voneinander abweichenden Empfindlichkeiten zu erhalten.

Der SAW-Sensor ist ebenfalls massensensitiv und nützt den Piezoeffekt zur Messsignalerzeugung. SAW steht für Surface Acoustic Wave. Diese Sensoren arbeiten mit sehr hohen Frequenzen (einige hundert Megahertz) und sind deswegen sehr nachweisstark. Das Funktionsprinzip zeigt Abb. 3: Auf der Oberfläche des piezoelektrischen Substrates befinden sich zwei Interdigital-Elektrodenpaare – der Transmitter und der Receiver. Legt man an das erste Elektrodenpaar eine Spannung hoher Frequenz an, führt dies zu einer synchronen mechanischen Belastung des Substrates, in deren Folge sich eine akustische Welle in Richtung Receiver-IDT ausbildet. Dieses zweite Elektrodenpaar wandelt die mechanische Schwingung wieder in ein elektrisches Signal um, dessen Frequenz gemessen wird. Befindet sich nun auf der Oberfläche des Substrates eine gassensitive Polymerschicht (in Abb. 3 nicht eingezeichnet!), so beeinflusst diese die Ausbreitung der Oberflächenwelle, was letztlich zu einer Änderung des erfassten Frequenzsignals führt. Je nachdem, wie viel Gas vom Polymer adsorbiert wurde, erhält man eine größere oder kleinere Signaländerung.

Die hier beschriebenen piezoelektrischen Sensoren arbeiten sehr empfindlich: Mit dem QMB-System lassen sich noch Massenänderungen von nur einem Nanogramm nachweisen; beim



AUFSÄTZE

SAW-Transducer ist es sogar ein Pico-gramm (10^{-12} g). Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass massensensitive Sensoren in einem weiten Messbereich linear arbeiten. Dies erleichtert die Auswertung der Signale und ermöglicht den Einsatz bei einer Vielzahl von Applikationen. SAW-Bauelemente sind darüber hinaus relativ preiswert erhältlich, da sie in Hochfrequenz-Oszillatoren Verwendung finden und des-

halb in größeren Mengen produziert werden. Bei beiden Transducertypen ist allerdings die im Vergleich zu Leitfähigkeitssensoren aufwendigere Signalerzeugung über eine Frequenzmessung zu berücksichtigen.

■ Chemosensitive Feldeffekttransistoren (FET)

Viele Übergangsmetalle können an ihrer Oberfläche gasförmige Verbindungen

katalytisch und selektiv adsorbieren. Verwendet man solche Metalle, z.B. Palladium, als Gate eines Feldeffekttransistors, so kann es als gassensitive Schicht fungieren. Die im Gate entstandenen Reaktionsprodukte diffundieren durch das Gate zum Isolator. Daraus resultiert ein Stromfluss zwischen Source und Drain des Transistors, dessen Größe in Relation zu der adsorbierten Gasmenge und Gasart steht.

Normalerweise werden diese FETs bei Temperaturen oberhalb 100 Grad Celsius betrieben [8]. Unterschiedliche Sensitivitäten erreicht man durch Modifikation der Gatestruktur und durch unterschiedliche Betriebstemperaturen. Die Empfindlichkeit von FET-Arrays liegt im ppm-Bereich.

FETs lassen sich leicht in größerer Stückzahl herstellen. Nachteilig ist jedoch, dass das zu analysierende Gas in den Transistor diffundieren muss. Sensoren dieser Bauart können daher nicht in einer chemisch aggressiven Umgebung eingesetzt werden.

■ Weitere Polymersensoren

Die im Folgenden besprochenen Transducersysteme sollen nur in aller Kürze vorgestellt werden, da sie in elektronischen Nasen bis jetzt nur selten eingesetzt werden. Gemeinsam ist diesen Systemen, dass sie eine Polymerschicht als Erkennungsebene aufweisen. Als erstes Beispiel seien hier Transducer genannt, die nach dem Prinzip eines elektronischen Kondensators arbeiten. Die gassensitive Polymerschicht fungiert dabei als Dielektrikum. Werden Gasmoleküle von ihr adsorbiert, führt dies zu einer messbaren Änderung der Kapazität.

Eine weitere Transducer-Möglichkeit ist die Erfassung der Lösungswärme, die aus der Wechselwirkung der Analyten mit der Polymerschicht resultiert. Die Temperaturänderung wird mittels Thermopiles – das sind vielfach

Abb. 4: Signalmuster, die mit dem in Abb. 1 gezeigten Sensorarray ermittelt wurden. Die Muster geben Aufschluss darüber, wie weit ein Stück Fleisch bereits durchgebraten ist. In der Abbildung steht jede der grauen Achsen für einen der 40 Sensoren des Arrays.

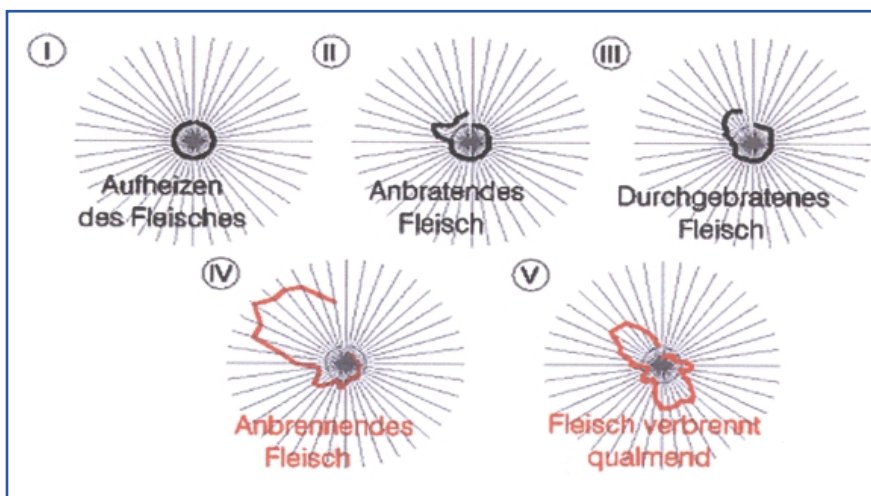
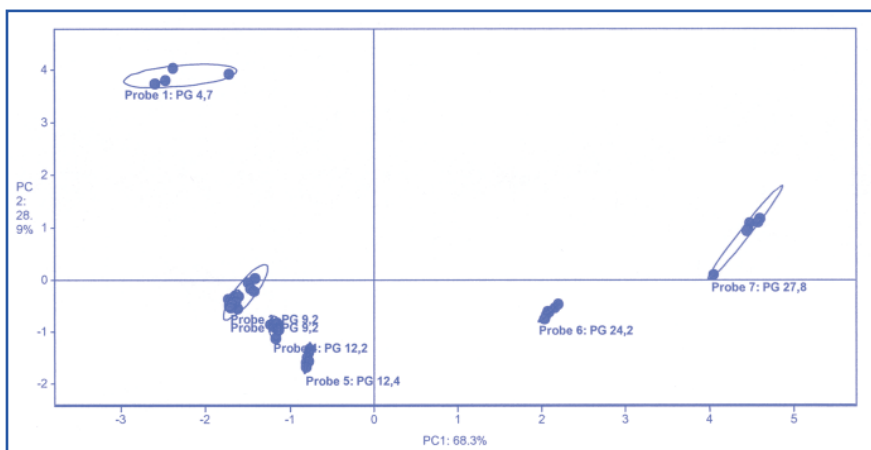


Abb. 5: Hauptkomponentenanalyse von Rapsöl. Die Proben wurden nach dem Peroxid-Gehalt, der ein Maß für die Ranzidität von Speiseölen ist, diskriminiert. Zwar sind die im Öl gebildeten Monohydroperoxide sensorisch nahezu indifferent, sie reagieren jedoch unter Bildung von Ketonen, Aldehyden und anderen Kohlenwasserstoffen weiter. Diese Verbindungen haben eine sensorische Wertminderung zur Folge und lassen sich mit der elektronischen Nase analysieren. Als Referenzmethode diente die GC-MS. Die Analyse erfolgte mit einem Sensorsystem, bestehend aus acht Schwingquarz- und acht MOX-Sensoren. Bei der Hauptkomponentenanalyse werden die von den einzelnen Sensoren ermittelten Messwerte mittels eines mathematischen Algorithmus in ein 2-dimensionales System umgerechnet.



in Serie geschaltete Thermoelemente – aufgezeichnet.

Nur geringes Basisrauschen und Nachweisgrenzen im niedrigen ppb-Bereich kennzeichnen optische Sensoren, deren Messprinzip auf Fluoreszenzerscheinungen basiert. Sie bestehen z.B. aus Glasfasern, die von einer dünnen, gassensitiven Polymerschicht umhüllt sind. Das Polymer wiederum enthält einen Farbstoff, der durch Licht aus der Glasfaser zum fluoreszieren angeregt wird. Dringen Gasmoleküle in die Schicht ein, führt dies zu einer Änderung des Fluoreszenzspektrums, die optisch erfasst wird. Problematisch ist bei diesen Sensoren allerdings das Photobleaching, so dass ihre Standzeit doch begrenzt ist.

■ Messen mit elektronischen Nasen

Der Messvorgang erfolgt in der Regel so, dass das zu analysierende Gas mittels einer Vakuumpumpe in das Sensorarraysystem gefördert wird. Innerhalb von Sekunden oder wenigen Minuten – je nach verwendetem Sensortyp – stellt sich der Gleichgewichtszustand ein und die Messung kann erfolgen. Bevor die nächste Probe analysiert wird, muss der Sensor „gereinigt“ werden. Dies geschieht durch „Spülen“ mit Luft, Alkoholdampf oder ähnlichem. Um die Sensoren dann wieder auf ihren Nullwert zurückzufahren, werden sie nach dem Reinigungsschritt einem Referenzgas ausgesetzt.

Bei Gasen, die nur aus wenigen Komponenten bestehen (z.B. Erdgas), können die Messsysteme so kalibriert

werden, dass sie in der Lage sind, Analyten zu identifizieren, ja sogar zu quantifizieren. Die quantitative Analyse erfolgt dann über eine Multikomponentenanalyse.

Wird die elektronische Nase Gerüchen ausgesetzt, die aus einer Vielzahl von Verbindungen resultieren, etwa dem Duft einer Kaffeebohne, so wendet man zur Auswertung der Sensorsignale die Mustererkennung an. So lässt sich leicht feststellen, ob die Kaffeebohne die geforderte Geruchsqualität besitzt oder nicht. Selbstverständlich muss der zur Auswertung benutzte Computer das geforderte Geruchsmuster kennen, d.h. er muss zuvor mit den richtigen Daten „gefüttert“ werden. Hierzu dienen Messungen mit – in unserem Beispiel – Kaffeebohnen-duft, der nach humansensorischer Beurteilung die gewünschte Qualität aufweist. Eine große Rolle spielen bei dieser Vorgehensweise die eingangs bereits erwähnten künstlichen neuronalen Netze.

Die Abbildungen 4 und 5 zeigen beispielhaft, wie von elektronischen Nasen ermittelte Messwerte grafisch dargestellt werden können.

■ Anwendungsbereiche

Die Hauptanwendungsbereiche elektronischer Nasen sind die Lebensmittel- und die Verpackungsindustrie. Bereits heute werden sie zur Qualitätskontrolle von Rohwaren und Fertigprodukten eingesetzt. Kaffee, Bier, Wein, Spirituosen und Tabak sind klassische Untersuchungsobjekte. Außer Qualitätsabweichungen lassen sich mit den

CLB-Leser, die die Anschaffung einer elektronischen Nase in Betracht ziehen, finden einen kommentierten Review über Hersteller und deren Produkte unter <http://nose.uia.ac.be/review/>. Es handelt sich dabei um Internetseiten des europäischen Netzwerkes NOSE.

Bislang aufgelistet (alphabetisch)

D	Agilent Technology
D	Airsense
Fr	Alpha MOS
Se	Applied Sensor
UK	Bloodhound Sensors
USA	Cyrano Sciences
Is	Element
Fin	Enviro-nics Industry
USA	Estcal
D	HKR Sensorsysteme
USA	Illumina
D	Lennartz Electronic
UK	Marconi Applied Technologies
USA	Microsensor Systems
B	OligoSense
UK	Osmetech
D	RST Rostock
CH	SMart Nose

Sensorarrays zum Teil auch Sorten und Herkunft unterscheiden. Elektronische Nasen sind darüber hinaus in der Lage, den Frischegrad von z.B. Fleisch oder Fisch festzustellen.

Die Verpackungsindustrie ist bestrebt, geruchsfreie Behältnisse für Lebensmittel auf den Markt zu bringen. Es muss ausgeschlossen sein, dass unangenehme oder gar schädliche Gerüche aus der Verpackung ausgasen und in das Lebensmittel bzw. die Umgebung gelangen. Auf die Problematik „Neuwagenduft“ wurde bereits eingegangen.

Da elektronische Nasen online-fähig sind, eignen sie sich auch zur Prozesskontrolle in der chemischen Industrie. Sie sind z.B. in der Lage, organische Lösungsmittelgemische auf ihre korrekte Zusammensetzung hin zu überwachen.

Im Umweltbereich werden Gassensorenarrays zur Erfassung von Geruchsbelastigungen aus Kompostieranlagen, aber auch zur Überwachung von Verbrennungsvorgängen – sei es nun in einem Kraftwerk oder einem Motor –

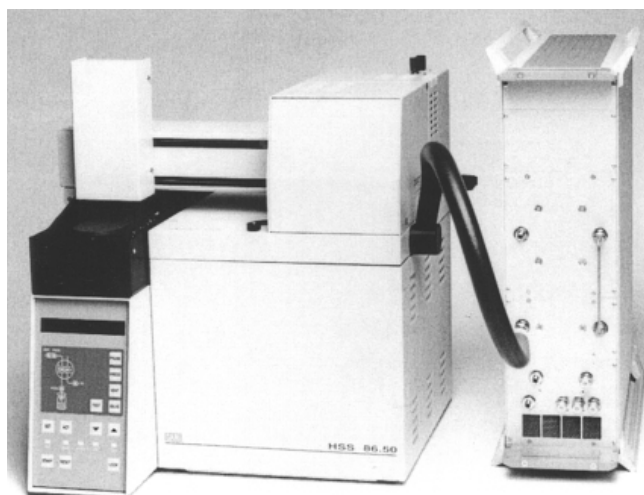
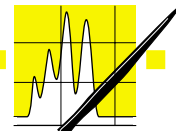


Abb. 6: Modulares Sensor-system vom Typ MOSES II (Lennartz electronic, Tübingen) gekoppelt mit einem Dani Head-space-Probengeber (links).



AUFsätze

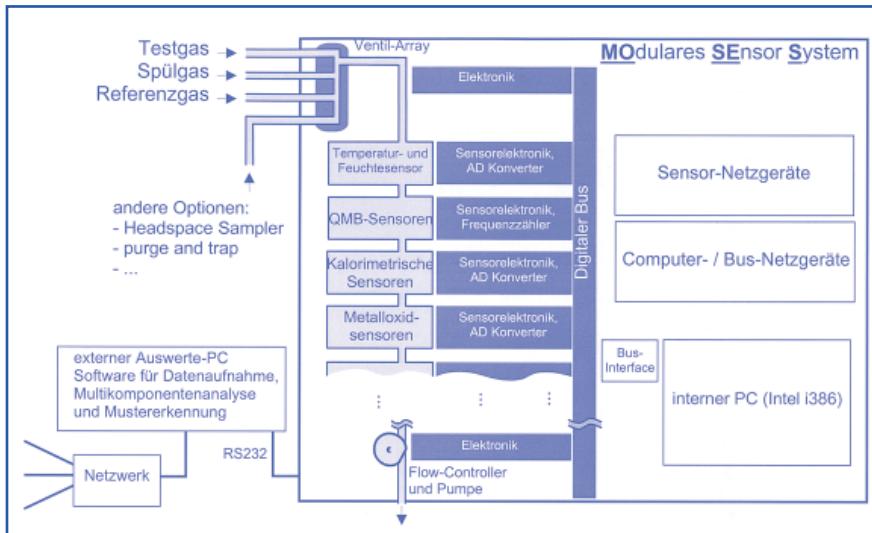


Abb. 7: Schematischer Aufbau eines hybriden, modularen Sensorsystems vom Typ MOSES für die Gas- bzw. Geruchsanalytik. Das System enthält in diesem Beispiel drei jeweils mit verschiedenen Transducern arbeitende Sensorarrays, nämlich ein Schwingquarz-Modul (QMB), ein kalorimetrisches Modul und ein MOX-Modul. MOSES lässt sich - ähnlich wie ein Computer mit Steckkarten - mit weiteren Modulen nachrüsten.

eingesetzt. Denkbar ist auch die Verwendung bei der Brandfrüherkennung, der Lecküberwachung von Erdgas-tanks und der Luftqualitätskontrolle von Innenräumen.

Auch das Militär führt seit Jahren Versuche mit elektronischen Nasen durch. Sie sollen zur Aufspürung von Sprengstoffen, Landminen, Granaten sowie biologischen und chemischen Kampfstoffen dienen.

Getestet wird derzeit die Verwendung gassensitiver Arrays in der medizinischen Diagnostik. So könnte der Geruch einer Wunde Aufschluss über den Heilungsverlauf geben und eine Analyse der Atemluft Hinweise auf den Gesundheitszustand eines Patienten. Der wohl bisher spektakulärste Einsatz einer elektronischen Nase war die Verwendung eines Systems der Münchener Firma HKR in der Raumstation MIR (EuroMIR-Mission 1995). Sie hatte die Aufgabe, die Luftqualität in der bemannten Station zu überwachen. Weit weniger spektakulär, aber dennoch sympathisch, erscheint die Möglichkeit, Bratvorgänge im heimischen Backofen mittels elektronischer Nase zu steuern (Abb. 4).

Ausblick

Experimentelle Arbeiten haben gezeigt, dass die gleichzeitige Verwendung mehrerer verschiedener Sensorar-

rays in elektronischen Nasen bei vielen Anwendungen zu besseren Ergebnissen führt. Viele Hersteller bieten deshalb vermehrt hybride oder gar modulare Systeme an, bei denen der Anwender diverse Sensorarrays nach Bedarf miteinander kombinieren kann. Ein solches System zeigen die Abbildungen 6 bzw. 7.

Ein weiterer Entwicklungstrend ist die Miniaturisierung der Geräte durch Anwendung von Techniken und Materialien aus der Chipfertigung. So hat eine Arbeitsgruppe an der ETH Zürich kürzlich eine elektronische Nase in Siliciumtechnik vorgestellt. Auf einem nur 7 x 7 mm kleinen Chip befinden sich insgesamt drei verschiedene Sensorarrays. Als sensitive Schicht wird ein Polymerfilm verwendet; die Transducer arbeiten kapazitiv, kalorimetrisch sowie gravimetrisch, also mas-

Danksagung

Dr. Udo Weimar, Institut für Physikalische und Theoretische Chemie der Universität Tübingen, sei an dieser Stelle für die freundliche Überlassung der Abb. 2, 3, 6 und 7 gedankt.

Literatur

- [1] J. W. Gardner, P. N. Bartlett, A Brief History of Electronic Noses. *Sensors and Actuators B* 18-19 (1994) 211-220.
- [2] G. Kleinschmidt, Riechen, Gerüche, Olfaktometrie. *CLB* 52 (2001) 15-18.
- [3] I. Kumpmann, Künstliche Nasen für die Olfaktometrie. *CLB* 49 (1998) 267-273.
- [4] M. Schweizer-Berberich, A. Harsch, W. Göpel, Wie menschlich sind elektronische Nasen? *tm - Technisches Messen* 62 (1995) 237-249.
- [5] W. Göpel, New Materials and Transducers for Chemical Sensors. *Sensors and Actuators* 18-19 (1994) 1-21.
- [6] U. Weimar, Künstliche Schnüffler sind objektiv. *Umweltmagazin* 10/1998, 42-43.
- [7] H. T. Nagle, R. Gutierrez-Osuna, S. Schiffmann, The How and Why of Electronic Noses. *IEEE Spectrum* 9/1998, 22-34.
- [8] Biosensoren, E.A.H. Hall (1995) Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York.

Rubikon

Agentur & Verlag
für Wissenschaft
und Technik

Lutz Krampitz
Anzeigen CLB

Bammentaler Str. 6-8 Tel.: 0203-73851-64
69251 Gaiberg Fax: 0203-73851-65
www.rubikon.de 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 €!

Allgegenwärtig: Xeno-Östrogene

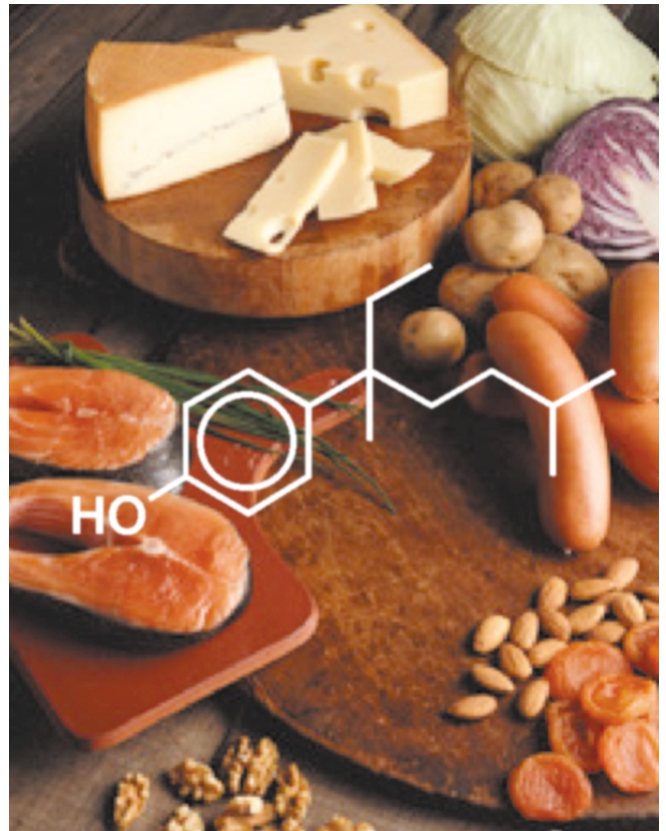
Hans-Dietrich Martin, Köln

Dieses Thema führte bereits zu empörten Reaktionen der Öffentlichkeit und zu Schlagzeilen in der Boulevardpresse: Gibt es chemische Produkte, die sich in der Umwelt anreichern, von Mensch und Tier aufgenommen werden und im Organismus wie ein weibliches Hormon wirken? Könnte es zu dem Horrorszenario kommen, dass Männer durch diese östrogenähnlich wirkenden Stoffe unfruchtbar werden. Wird sich womöglich die Menschheit auf diese Weise selbst ausrotten? CLB sprach mit Professor Dr. Klaus Günther vom Institut für Chemie und Dynamik der Geosphäre im Forschungszentrum Jülich.

„Xeno-Östrogene“, so nennt man östrogen aktive Substanzen anthropogener Herkunft. Insgesamt zählt man dazu mehr als hundert verschiedene Substanzen. Bekannte Stoffe sind z. B. das Diethylstilbestrol, das DES, Bisphenol A, auch Phthalsäureester, also PVC-Weichmacher, zählen dazu. Dazu zählen Chlordecon, ein Insektizid, und Aldrin, ein Cyclodien-Pestizid, das in Deutschland inzwischen verboten ist. Zu den mengenmäßig bedeutenden Xeno-Östrogenen gehören die p-Alkylphenole. Dies sind Abbauprodukte der industriell wichtigen Alkylphenoethoxylate (APEO). Bei ihnen ist die OH-Gruppe des Phenol-Rings durch Ethoxylat-Gruppen ersetzt, die den hydrophilen Teil des Moleküls bilden. Die Alkylkette mit acht oder neun C-Atomen bildet den lipophilen Teil des Moleküls.

Der weltweite Bedarf an APEO liegt bei 600.000 t pro Jahr mit einem Umsatzvolumen von 600 Mio. Euro. Ein Drittel davon wird in Nordamerika eingesetzt und ungefähr 80.000 t in Europa. Die APEO sind wichtige Industriechemikalien mit hervorragenden Tenseideigenschaften. Anwendungsgebiete sind z. B. Haushalts- und

Struktur eines wichtigen östrogen-aktiven Isomers von technischem Nonylphenol mit Beispielen von Lebensmitteln, in denen es zu finden ist.



Industriereiniger, Dispersionsmittel in der Papierindustrie, Flotationshilfsmittel und – vor allem – sind sie Bestandteil von vielen Pestizidformulierungen. Hierfür sind sie hervorragend geeignet und durch andere Tenside nur schwer substituierbar.

90 % der produzierten APEO sind Nonylphenoethoxylate, bei denen der lipophile Teil eine Nonylkette ist. Damit sind die NPEOs, so die Abkürzung, die mit Abstand wichtigste Gruppe der APEOs, und deshalb sind auch die Nonylphenole (NPs) die bedeutendste Gruppe der APEO-Metaboliten. Ein komplizierender Faktor kommt hinzu: Aufgrund des Herstellungsprozesses sind die Nonylphenole ein komplexes Isomerengemisch, dessen Zusammensetzung stark vom Hersteller abhängen kann.

Xeno-Östrogene werden als Ursache für zahlreiche Erkrankungen teil-

weise sehr kontrovers diskutiert. Sie werden zum Beispiel für Fertilitätsstörungen, Missbildungen und Krebs verantwortlich gemacht. Das östrogenartige Verhalten der Nonylphenole wurde bereits 1991 von Ana Soto von der Tufts University in den USA beschrieben und ist seither von zahlreichen Forschungsgruppen bestätigt worden. Als gesichert gilt, dass Nonylphenol an den Östrogenrezeptor in tierischen Zellen anbindet und dann die östrogenen Wirkungen auslöst.

Günther beschreibt seinen Aufgabenbereich: „Wir beschäftigen uns hier nicht mit den medizinischen Wirkungen von Östrogenen und Xeno-Östrogenen, sondern es geht darum, den durchschnittlichen Daily Intake von Nonylphenolen zu bestimmen. Bis heute wußten wir nicht, wieviel Nonylphenole der Normalverbraucher in Deutschland über Lebensmit-



CHEMIE IN LABOR UND BIOTECHNIK

Autoren- und Sachwortregister

52. Jahrgang 2001

Aufsätze 2001

- Analytis, Michael
Prozesskontrolle und Qualitätsbeurteilung 294
- Beckenkamp, Konrad; Ohm, Matthias;
Molt, Karl; Mandal, Oliver
Herausforderung Identitätsprüfung 84
- Beyer, Torsten
Neues Web-Portal für
die Labor-Branche 216
- Brömmelhaus, Andreas; Winterfeld, Sabine;
Junghannß, Ulrich
Spülgutform wichtiger als Spülmittel 220
- Clerc, Martina
Ionentrennung ohne Probenvorbereitung 7
- Dauwe, Christian; Kilz, Peter
Chromatographische Porengrößenanalysen
offenporiger Materialien 60
- Dauwe, Christian; Reinhold, Günter
Umfangreiche Strukturen
in einer einzigen Untersuchung 444
- Dauwe, Christian; Reinhold; Günter
Trennung nach molekularer Größe 1. 76
- Dauwe, Christian; Reinhold; Günter;
Gores, Friedhelm
Chromatographische
Qualitätskontrollen in Gelatinen 334
- Degner, Ralf
Steilheit und Linearität
von pH-Messketten 301
- Drescher, Bernd (Interview)
Bioinformatiker findet man
immer mehr beim Anwender 412
- Eymael, Ralf; Hailu, Kidist; Blümich, Bernhard
Mobile NMR mit der NMR-Mouse 124
- Flock, Jörg; Ohls, Knut
Der lange Weg von der X-Strahlung
zur modernen Röntgenspektrometrie 404
- Hahn, Michael; Sivers, Peter v.; Hartung, Peter
Bestimmung von Mineralölkohlen-
wasserstoffen mit der GC 4
- Hasenpusch, Wolfgang
Umesterung in Acetatschmelze 208
Bionik-Formel der Harmonie 369
- Junghannß, Ulrich
Sicher sterilisieren 332
- Kässer, Mechthild
Von PCR-Produkten zu Eiweißstoffen 250
Reaktion in Glassäulen 298
Effektivere Synthese 457
- Klaus, Sven
Moderierte Adressverzeichnisse
kontra Suchmaschinen 94
- Kleinschmidt, Günter
Riechen, Gerüche und Olfaktometrie 15
- Klinkner, Roman
Akkreditierung und Qualitäts-
management im Labor 98
- Koch, Karl Heinz
Analytik und Metallurgie 88,128
- Lamotte, Stefan
Bessere Selektivität bei
polaren Analyten 211
- Lipinski, Jürgen
Expertensystem mit LIMS-Funktionen 9
- Malati, Mounir A.
Giftige Metalle abbauen, edle gewinnen 414
- Marotzki, Stefan
Vom Fadenwurm über HIV zu BSE 134
Bioanalytik des BSE-Erregers 164
- Martin; Hans-Dietrich
Der Herr der Ringe 338
Hohe Leitfähigkeit, gute Beständigkeit 364
- Müller, Wolfram
Das Ausbildungsspektrum abrunden 409
- Neubauer, Uta
Frauen in der Wissenschaft:
Hürden auf dem Weg nach oben 453
- Oppermann, Uwe
Deutlich bessere Nachweisgrenzen 181
- Orth, Jean Marc; Wenck, Helmut
Biochemische Brennstoffzellen 252
- Pieper, Thomas L.; Kleiner, Joachim
Arsen und die Qualität
des Bodenseetiefenwassers 144
- Prelle, Katja
Chancen und Risiken der Forschung 244
- Redaktion
BIOTECHNICA 2001 385
- Reimann, Bruno
Gezielter Analytikeinsatz führt zum Erfolg 284
- Schram, Jürgen; Diallo, Cheikh
Ein kommerzielles System 289
- Schwedt, Georg; de Carvalho, Leandro M.
Zur Analytik des reduktiven
Bleichmittels Dithionit 57
Stellenwert der Voltammetrie zur Spuren-
analyse von Metallionen in Wässern 139
- Sommer, Dieter
Gesucht sind „Best-Practice-Lösungen“ 204

Wingender, Jost; Strathmann, Martin;
Rode, Andreas;
Flemming, Hans-Curth; Kuß, Heinz-Martin
Extrazelluläre polymere
Substanzen in Biofilmen 44

Winkler, Hans-Günther
Chemie und Philatelie: Werner Heisenberg . 450

Wiskamp, Volker
Internationale Aspekte. 218
Eine Arbeitsgemeinschaft
hochbegabter Schüler 304

Wünschiers, Röbbbe
Gentechnik im Pflanzenschutz:
Ist die Chemie am Ende? 48
Biologische „Elektrolyse“
durch Mikroalgen 168
Die Biochemie des Gedächtnisses. 324

Wünschiers, Röbbbe; Zinn, Thomas;
Borzner, Steffen
Herstellung und Verwendung von
DNA-Mikroarrays 260

Rubriken

Umschau
19, 63, 106, 149, 184, 226, 269, 307, 338, 374,
422, 461

Forschung und Technik
29, 71, 103, 148, 183, 224, 267, 305, 353, 396,
434, 473

Literatur
31, 73, 113, 154, 231, 271, 311, 351, 395, 429,
469

Software
32, 72, 112, 153, 193, 234, 272, 315, 352, 394,
470

Wirtschaft
33, 74, 111, 152, 195, 232, 273, 312, 349, 393,
431, 471

Neue Produkte
34, 75, 114, 155, 196, 235, 276, 316, 356, 397,
436, 476

CLB-Memory 2001

Ellmer, Reinhold
Von Punkten, Geraden, Kurven und Peaks . .
. M19
Mit Software lernen M36
Jungforscher bearbeiteten praxisnahe Themen
. M46
Von tiefsten Temperaturen M70
Neues vom Sonnensystem M70
Eine von sieben Basiseinheiten: Das Mol
. M87
100 Jahre Nobelpreis M96

Furchheim, Bettina
Die Entwicklung von Medikamenten
Teil 1: Suche nach Schloss und Schlüsseln
. M42
Teil 2: Der lange Weg bis in die Apotheke
. M49
Teil 3: Auf die Verpackung kommt es an
. M57

Teil 4: Resistenzen bei Antibiotika . . . M65
Erläuterung von Fachausdrücken. M66

Gottwald, Wolfgang; Burggraf, Norbert
Die Neuordnung der Laborberufe und Weiter-
bildungsmöglichkeiten für Laboranten.
Teil 1: Umsetzung der Neuordnung am Bei-
spiel der Chemielaborantenausbildung . . . M1

Keller, Friedhelm
Differenzierung der Leukozyten . . . M9, M17
Kulturmedien für die Mikrobiologie
. M73, M81

Lemke, Ralf
Springbrunnen, die nächste Generation . . M41
Der feuerspeiende Drache M61

Malati, Mounir. A.
Thermodynamic Aspects of the Chemistry of
the s Block Elements M76, M89

Onken, Dieter
Wechselwirkungen von Arzneimitteln
. M28, M33

Richter, Harald
Die EN-Werte und ihre Historie
Teil 1: Ein wichtiges „something“ der Che-
mie M23
Teil 2: Die Theorie der elektrischen Pola-
rität der Atome nach Berzelius M31
Teil 3: Die Berzelius-Reihe der Grundstoffe
. M38
Teil 4: Berzelius und Döbereiner als Weg-
bereiter für das Periodensystem M39
Teil 5: Grenztypen und Zwischenstufen
chemischer Bindungen. M47
Teil 6: Die erste Intervallskala der
Elektronegativität. M55
Teil 7: Eine kräftige Stütze für
das EN-Konzept. M62
Teil 8: Erfolge und Misserfolge bei Anwen-
dung von Paulings EN-Konzept. M71
Teil 9: Das Dilemma in Paulings EN-Kon-
zept. M80
Teil 10: Ein Beispiel für die Vielfalt der
Wahrheit. M86
Teil 11: Paulings endgültige EN-Skala
. M95

Sorbe, Günter
Chlor – ein Dauerbrenner M15
Was ist ein „Giftanker“? M22
Laborbrände und Laborunfälle M45
Peroxide - Nein danke! M85
Asbest – eine latente Gefahr M91

Werner, Wolfgang
Labortipps M13, M53, M63, M79, M93
Eigennamen von Säuren M14
Legierungen M20
Etherperoxide. M26
Kohlenstoffverbindungen im Raum
Teil 1: Das asymmetrische Kohlenstoffatom
. M51

Wanke, Markus
Flammenfärbung deutlich M94

Wettbewerbe, Messen
Eine Fundgrube für Lehrer und Ausbilder:
Die Bildungsmesse 2001 M25

Programmiert geprüft
Bio-Sektor M16, M32, M48, M63, M88
Chemie- und Physiksektor M24, M40,
. M56, M72

Software, Bücher, Lehrmittel, Kurse
PCR-KitM 12
Lernen zu Lernen (Lit.) M12
CBT-Anwendungen professionell entwickeln
(Lit.) M12
Heidelberger Life Science Lab M12
Auf die Prüfung trainieren (Pharmatrainer)
. M53
Ein neues Lehrbuch M94

Schule, Ausbildung, Beruf
Wohin steuert unser Bildungsbereich? M7
Ausbildungsinitiative M12
Was die Azubis verdienten M21
Stipendiaten gesucht M40
Flammenfärbung – mal anders M54
Das Fach Naturwissenschaften M72
Pharmatrainer (Software) M79

Kurzmeldungen
Endlich (CLB-Jahresregister) M12
Expo-Nachlese M15
Amalgamverfahren ade M50
Rund um das SI M61
Wussten Sie, dass M88
Stilblüten M92

Sachwortregister

2,4 D 48
AAS 146, 181
Abscheidung von Metallen durch Photokatalyse
. 414
Abwasser; Marktdaten – 2000 349
Acetatschmelze; Umesterung in der – 206
Ada-Lovelace-Projekt 454
Adipositas-Gen 396
Adressverzeichnisse; Moderierte – 94
Aerosolchemie 25
Aerotolerante Anaerobier M75
Ätherische Öle sind im Kommen 233
Agar-Trockensubstanz M84
Agonist 245
Agrarforschung der BASF 195
Agrobacterium tumefaciens 50
AIDS 136
Akademikerinnen 454
Akkreditierung im Labor 98
Aktivkohle aus Tiermehl 435
Algenbiomasse 144
Algenproduktionsanlage 389
Alginat 45
Algorithmen; Evolutionäre – 413, 150
Alignments 412
Alkohol und Arzneimittel M35
Alkoholsucht 354
Alkylierungsreaktionen 458
Allotrope Formen des Wasserstoffs 450
AltaVista 94
Alternatives Splicing 413
Amalgamverfahren ade ;M60
Amöben im Wasser 150
Amyloide Plaques 137
Analysenstrategien 10
Analytik des Arsens 146
Analytik im Dienst der Kunst 26
Analytik und Metallurgie 88, 128
Analytik.de 95
Analytik-Lehrbuch (Literatur) 73
Analytische Strategie 205
Analytische(n) Chemie; Definition der – . . . 376

Analytische(n) Chemie; Die Rolle der –	25	Biochemie-Software	112	Chemie4you	M12
Analytisches Denken und Handeln	376	Biochemische Brennstoffzellen	252	Chemiepark Knapsack	462
Angina pectoris	M66	Biochips	184	Chemieunterricht der Klasse 11	218
Angst-Gen	396	Bio-Detektionssysteme	427	Chemikalienkontrolle	268
Anonymisierungssoftware Java Anon Proxy (JAP)	193	Biodiesel als Schmiermittel	396	Chemikernachwuchs	375
Antazida	M35	Biodiversität; Zentrum für –	396	Chemilumineszent	167
Anthropogenetik	386	Biofilme	44	Chemini.doc	347
Antibiotika	M66	Biogas für Brennstoffzellen	225	Chemische Nanotechnologie	191
Antibiotische Verbindungen	339	Biogene Festbrennstoffe	355	Chemische Technologie (Literatur)	271
Antidepressiva	M34	Bioinformatik	70, 310	Chemistry of the s Block Metals	M76, M89
Antiinfektiva	M29	Bioinformatik	M42, M66	Chemland (Software)	315
Antikörper: Wachstumsrausch	232	Bioinformatik; Studium der –	410	Chemokatalyse	424
Aplysia californica (Seehase)	327	Bioinformatik-Markt in USA	431	Chemolumineszenz	285
Aptamere	305	Biokatalytische Verfahren	422	Chemometrik (Literatur)	351
Arabidopsis-Pflanzen	70	Biologische Elektrolyse durch Mikroalgen	168	Chemoorganotrophe Mikroorganismen	M74
Arrhenius-Gleichung	415	Biologische Sonden	260	Chemotherapeutika	M67
Arsen im Bodenseewasser	146	Biologische Wasserspaltung	170	Chemotrophe Mikroorganismen	M74
Arsenbestimmung	181	Biomasse-Vergärung	66	Chinaschilf	355
Arsenhydrid	147	Biomasse-Vergasung	66	Chirale Zwischenprodukte	423
Arzneimittel(n); Wechselwirkungen von –	M28, M33	Biomolekulare Maschinen	309	Chitinpanzer von Krustentieren	355
Arzneimittelpreise	M59	Bionik-Formel der Harmonie	369	Chitosan	106, 355
Arzneistoff-Biotechnologie (Literatur)	113	Bionik-Netz	267	Chlor (Notfallchemie)	M15
Asbest– eine latente Gefahr	M91	Biopharmazie	M66	Chlorhydrinverfahren	111
Ashbya gossypii	422	Biophysik	310	Chloroplast	70
Assistent/in für Bioinformatik und Molekular- biologie	409	Bioreaktoren	173	Chlortoluron	55
Assoziatives Lernen	326	Biosensorchip	343	Chorea Huntington	409
Asthma; Nebenwirkungen von		BioTech mobil	27	Chromatin	380
Arzneimitteln bei –	M60	Biotech; 100 Mio. Euro für –	471	Chromatographie (Software)	315
Astrophysikalische Reaktionen	467	Biotechnik-Unternehmen in Deutschland	230	Chromatographiesäulen	M93
Atome; Theorie der elektrischen Polarität der – nach Berzelius	M31	Biotechnologie der Arzneistoffe (Literatur)	113	Chromatographische Porengrößenanalysen	60
Atomic Force Microscopy	26	BioTechnologie Jahr- und Adressbuch 2002	388	Chromatographische Untersuchung von Proteinen	176
Atomspektrometrie	130	Biotechnologie; Datenmenge in der –	387	Chromosomen	225
Atrazin	48	Biotechnologie; Mikroskopie in der –	380	Chromosomenlänge	314
Atto-Mol-Bereich	379	Biotransformation	M35	Chromosomenterritorien	381
Auktionen im Internet	352	Bioverfügbarkeit	27	Chronotrop	M35
Ausbluten bei verwässertem Beton	22	Bioverfügbarkeit von Arzneimitteln ;M57		CIP-Nomenklatur	M52
Autolog	245	Biphenyle; Bromierte –	306	Clean-up	5
Autosampler	85	Biuret-Reaktion	45	Clearance	M35
Autotherme Reformierung	68	Blastozyste	245	Club of Rome	M88
Autotrophe Mikroorganismen	M74	Blausäure	425	Cobalt-Bestimmung in Wässern	140
Autotrophie	M74	Bleibestimmung	181	Confirmation	11
Autoxidation bei Ethern	M26	Bluetooth	193	Corynebacterium glutamicum	423
Avermectin	379	Blutausstriche	M9	Creutzfeld-Jakob-Krankheit	138, 306
Axialtomographische Wellenfeldmikroskopie	382	Blutgerinnung	M33	Cumarine	M35
Azadirachtin	379	Blutgerinnungsfaktor	305	C-Waffen	426
		Blut-Hirn-Schranke	M60, M66	Cyanhydrin	425
		Bluthochdruck	M67	Cyanid gegen Krebs	30
		Bodenseetiefenwasser(s); Arsen und die Qualität des –	144	Cytochrom-P450-Monooxygenasen	54
		Borosilikat als Katalysator	183	Cytoplasma	136
		Borreliose	M67	Cytotoxische Eigenschaften	339
		Boteninformationsmoleküle	310		
		Bottom-up-Verfahren	9	Dampfsterilisatoren	333
		Bradford-Methode	45	Data Mining	149
		Brennstoffzellen mit Biogas betreiben	225	Datenanalyse	470
		Brennstoffzellen; Biochemische –	252	Datenmenge in der Biotechnologie	387
		Brennstoffzellenausos	69	DDT	30, 48
		BSE	134, 306	Debye-Scherrer-Aufnahmen	407
		BSE ermitteln und verfolgen	475	Degussa-Hüls legt Anlagen still	74
		BSE-Erreger(s); Bioanalytik des –	164	Dekan	5
		B-Waffen	426	Dephosphorylierung	23
				Destruktionswert	332
		Caprolactam	183	Detektionssysteme	426
		Carboline	30	Devardasche Legierung	M21
		Carrageenan	106	Dextrin	106
		CBT-Anwendungen professionell entwickeln (Literatur)	M12	Diamant	M52
		cDNA-Synthese	260	Dichlordiphenyltrichlorethan	30
		CD-ROM; Mini- –	M88	Dicyclopentadien	148
		CellChem (Software)	112	Dieselmotoren; Biodiesel als Zusatz zu –	396
		Chancen; Unternehmerische –	348	Difasol-Prozess	458
		Chemie (Literatur)	154	Differentialblutbild	M17
		Chemie für die pharmazeutische Praxis (Literatur)	113	Dihydroergotoxin	M35
		Chemie.de	95	Diphenylether; Bromierter –	306
		Chemie; Jahr der –	375	Dispiroacetale	379
				Dithionige Säure	57
				Dithionite	57

Diuretika	M35
DNA-Chip	305, 343
DNA-Hybridisierung	261
DNA-Mikroarrays	260
DNA-Replikation	309
DNA-Vergleiche	412
Dokumentation	101
Domain	153
Dow akquiriert bei Rohm and Haas	232
DPASV	139
DPP	140
Dreiphasengemisch	459
Druckgasbehälter	284
Düngemittel	269
Dünnschichtchromatographie	5
Duft als Waffe	148
Duraluminium	M21
Durchflussreaktor	299
Durchflussvoltammetrische Bestimmung von Selen in Wasser	142
Dynamit	405
E 605	48
Edelmetalle aus Lösungen zurückgewinnen	414
Edelmetalllegierungen	M21
Einheitensystem; Internationales – ;M61	
Einpunktkalibrierung einer pH-Messkette	303
Einstellverhalten einer pH-Messkette	302
Eintankgeschirrspülautomaten	220
Einzeller gegen Umweltgifte	434
Eisenerz	89
Eisengehalt in hydrothermaleme Meerwasser	141
Elastomere (Software)	72
Elektrisch leitfähige Kunststoffschichten	364
Elektrische Feldstärke	8
Elektrochemische Reduktion von Titandioxid	29
Elektronenstrahlmikroanalyse	93
Elektronikschrott	306
Elektrophoretische Beweglichkeit	7
Elektrostahlerzeugung	92
Elemente; Entstehung der – in den Sternen	467
Elementspeziesanalytik	289
ELISA	166
Email-Enten	M88
Embryonale Stammzellen ohne Embryonen	386
EndNote (Software)	394
Endosulfan	48
Engineering; Metabolic –	423
Englisch als Sprache der Wissenschaft	218
Entfärbler; Universal- –	57
Environmental Protection Agency (EPA)	268
ENVITEC	154
EN-Werte und ihre Historie (9 Folgen, ab:)	M23
Enzymatische Prozesse	422
Enzymatische Reaktionen	460
Enzyme	33, 422
Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay	166
Enzymkinetik (Software)	72
Enzymreaktor	425
EPA	268
Episodisches explizites Gedächtnis	325
Epithel	245
Epitop	245
Eppendorf wächst kontinuierlich	273
EPS	44
Erbgut im Zellkern	183
Erbkrankheiten	411
Erderwärmung	224
Erkennungsschwelle	15
Essentielle Spurenelemente	144
Ethan-Cracker	432
Etherperoxide	M26
Ethische Investments	313
Ethylammoniumnitrat	457
Ethylendioxiithiophen; Poly-3,4- –	364
Eukaryoten	135
Eutrophierung	144
Evolutionäre Algorithmen	413
Expertensystem mit LIMS-Funktionen	9
Explizites Gedächtnis	324
Export; Deutscher –	348
Extrazelluläre polymere Substanzen	44
Fachinformationszentrum Chemie GmbH	267
Färbebank	M10
Färbeküvette	M10
Fakultative Aerobier	M75
Farbenmarkt; Chinesischer –	313
Fast screening-Methoden	184
Feldstärke; Elektrische –	8
Fermentative Prozesse	422
Fernfeld-Fluoreszenzmikroskopie	381
Fernunterricht	M14
Fertiva GmbH	269
Festbrennstoffe; Biogene –	355
Festphasenchemie	299
Festphasenzymetrie für schnellen Nachweis von Keimen	150
Festplatten; Zwei – im Rechner	193
FIAS-Technik	147
Fibroblast	245
Field Programmable Gate Array	186
Filterreferenzmaterialien	314
Fireball	94
Flammenfärbung – mal anders	M54
Flammenfärbung	M94
Flammenionisationsdetektor	5
Flammschutzmittel	306
Flow Injection Analysis	26
Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung	381
Fluoreszenzkorrelationspektroskopie	382
Fluoreszenzmikroskopie; Fernfeld- –	381
Fonds der Chemischen Industrie	M40
Forschung und Entwicklung (Ausgaben international)	348
Forschungsaufwand für neue Medikamente	M43
Forschungsergebnisse im Unterricht	308
Fotovoltaik	154
FPGA	186
Frauen in der Wissenschaft	453
Fraunhofer UMSICHT	66
Fraunhofer; GMD in – integriert	313
Fraunhofer-Gesellschaft	473
Freeware	315
Friedel-Crafts-Acylierung	338
Fruchtsäfte und Arzneimittel	M36
Früchte; Exotische – (Literatur)	311
Frühjahrmessen	154
Functional Genomics	M42
Fungizide	52
Furfurylmercaptan	16
Galenik	M58
Gaschromatographie	55, 285
Gaschromatographie-Olfaktometrie	18
Gase(n); Herstellung von –	284
Gase; Vulkanische –	20
Gasgemische(n); Herstellung von –	284
GDCh-Jahrestagung 2001 in Würzburg	374
GDOS	294
Gefährdungspotentiale	M23
Gefahrensymbole	M23
Gelatine	334
Gelelektrophorese; Zweidimensionale –	377
Gel-Permeations-Chromatographie	334
Gene verschiedener ethnischer Gruppen	230
Gene(n); Was steht in den –	354
Genexpression	260
Genlabor auf Rädern	28
Genom; Menschliches –	342
Genomanalyse	70
Genomforschung	386
Genomics	M42
Genomkartierung; 3D- –	380
Genomprojekt	M67
Genomsequenzierung	386
Gen-Onlinedatenbank	275
Gensequenzen	70
Genechnik im Pflanzenschutz	48
Genechnik-Verfahren	342
Geneotechnisch hergestellte Medikamente	305
Gerbstoffe und Arzneimittel	M36
Gerüche	15
Geruchsschwelle	15, 16
Geschirrspülautomaten	220
Gesellschaft Deutscher Chemiker	267
Gicht-Therapie	M34
Giftdetektion	434
Glimmentladungsanalysatoren	294
Glimmentladungsspektrometrie	295
Globalisierung	111
GLP	100
Glucoseoxidase	256
Glycerolaldehyd	M52
Glyphosat	53
GMD in Fraunhofer integriert	313
GMP	84
Goldrubinglas	29
GPC	334
GPC von Proteinen und Immunglobulinen	444
GPC; Inverse –	60
GPC-Trennungen von Proteinen	176
Grand European Conference of the Chemical Societies	374
Graphitelektrode; 800-mm- –	195
Graphitrohrtechnik (AAS)	181
Größenausschlusschromatographie (GPC)	176, 334, 444
Großhirn	324
Guluronsäure	45
Gute Herstellpraxis	84
Gute Laborpraxis	100
Habituation	326
Hämatopoese	245
Hannover-Messe	154
Haut aus der Tube	343
Haut; Aufnahme von Arzneimitteln über die –	M60
HCB	30
Hedonik	17
Heisenberg, Werner	450
Helium	227
Hemmstoffe	328
Henkel engagiert in Biotechnologie	232
Hepatitis C; Chronische –	312
Herbizide	52
Heroin	354
Herzirksame Arzneimittel	M33
Heterotrophe Mikroorganismen	M74
Heterotrophie	M74
Hexachlorbenzol	30
High Throughput Screening	M44
High-Performance-Katalysatoren	69
Hilfsstoffe in Arzneimitteln	M57
Hippokampus	324
Hirnforschung	353
Histokompatibilität	246
HIV	134
HIV-Infektion	312
Hochbegabte(r) Schüler; Arbeitsgemeinschaft –	304
Hochleistungsverfüssiger für Beton	22
Hochofen; Reaktionen im –	88
Hochofenüberwachung	150
Hochstrompulstechnik	182
Homepage	153

CLB-MEMORY

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

Januar 2002

Mikrobiologie: Kultur aerober Bakterien ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■

Friedhelm Keller, Remscheid

Isolieren von Bakterien aus einer Mischkultur

Die Isolierung von Zellen aus einem Zellgemisch ist eine wesentliche Tätigkeit in der mikrobiologischen Praxis. Sie wird z. B. angewendet, wenn aus Patientenmaterial (wie Eiter) Keime isoliert werden müssen, um diese vor einer Antibiotikatherapie auf Sensibilität gegenüber Antibiotika zu prüfen.

1. Ziel der Untersuchung

Eine Mischkulturbouillon (hier: Ausgangskultur) enthält vermutlich mehrere mesophile Bakterienstämme, die als potenziell pathogen gelten. Diese Stämme sollen isoliert und als Reinkulturen auf Schrägagar (Stammkulturen) für weitere Untersuchungen bereitgehalten werden. Die Ausgangskultur ist in dem Zustand zu untersuchen, in dem wir sie erhalten haben. Um mögliche Selektionen des einen oder anderen Stammes zu minimieren, lagern wir die Kultur bis zur Untersuchung im Kühlschrank.

2. Arbeitssicherheit

Wegen der Infektionsgefahr beim Umgang mit Mikroorganismen (MO) sind die entsprechenden rechtlichen Vorschriften zu beachten, die an anderer Stelle der Mikrobiologie-Artikelserie besprochen werden. Da die MO der Kultur als potentiell pathogen gelten, ist mit größter Umsicht zu arbeiten. Das bedeutet u. a.: An den entsprechenden Stellen mit Schutzhandschuhen arbeiten, hygienische Händedesinfektion (z. B. Sterillium®), Gerätedesinfektion (z. B. Zephrol®) und Tischdesinfektion (z. B. Bura-

ton®). Im Übrigen muss sicher gestellt sein, dass das Labor, in dem die Arbeiten durchgeführt werden, der erforderlichen Sicherheitsstufe entspricht.

3. Grundlegende Arbeitstechniken

Die Übertragung der MO von einem Medium in/auf ein anderes nennt man **Überimpfen** oder **Inokulieren**. Bei dieser Tätigkeit muss gewährleistet sein, dass durch die MO der Kultur keine Kontaminationen der Umgebung wie Tisch, Arbeitskleidung, Hände usw. auftreten und die Kultur nicht durch MO aus der Umgebung verunreinigt wird. Die Technik, mit der dies erreicht wird, nennt man **Steriltechnik**, man arbeitet aseptisch, unter sterilen Bedingungen. Wenngleich hierbei die Benutzung einer Clean bench ideal wäre, so lässt sich auch ohne diese aseptisch arbeiten, wenn Luftzug durch offene Türen und Fenster vermieden und umsichtig gearbeitet wird. Dazu gehört z. B. dass man keine alten Kulturen – vor allem solche mit sporulierenden Pilzen – offen herumstehen lässt. Auch ein Mundschutz ist anzuraten, um Kontaminationen der Kulturen durch Mundkeime, die beim Sprechen als Aerosol frei werden können, auszuschließen. Sterile Arbeitstechnik bedarf dauernder, bewusster Aufmerksamkeit. Sie ist nicht schnell erlernbar und setzt zur sicheren Beherrschung viel Übung bestimmter Handgriffe voraus. Steriles Arbeiten ist unbedingte Voraussetzung für das Arbeiten mit Mikroorganismen. Da sich dieser Text an den Berufsanfänger richtet, der noch keine oder wenig Erfahrung im Umgang mit MO hat, werden zunächst – losgelöst von der

eigentlichen Isolierarbeit – wesentliche Arbeitstechniken erklärt. Der Geübte wird den einen oder anderen Arbeitsschritt u. U. anders ausführen. Für den Anfänger haben sich die hier beschriebenen Handgriffe aber bewährt.

4. Herstellung der Kulturmedien

Zur Gewinnung von Reinkulturen ist ein nicht selektives Isoliermedium zu verwenden, auf dem alle Stämme des Inokulums gleich gut Kolonien bilden können. Das Inokulum ist das Material, mit dem das Isoliermedium beimpft wird, hier also die Mischkultur. Die nach fraktioniertem Ausstreichen (siehe unten) der Ausgangskultur und anschließender Inkubation entstehenden distinkten (unterscheidbaren) Kolonien werden mikroskopisch daraufhin untersucht, ob sie nur aus einem Stamm bestehen; wenn ja, werden sie als Reinkultur weiterkultiviert.

4.1 Agar: Standard-I-Nähragar Merck 1.07881 (Abb. 1)

Nach Herstellervorschrift lösen wir in einem 300-ml-Erlenmeyerkolben bei Raumtemperatur 7,4 g Agar-Trockenmischung in 200 ml aqua demin. Da das Material als Granulat vorliegt, ist zum Lösen allenfalls eine leichte Erwärmung nötig. Das übliche Erhitzen des Agars auf 100 °C entfällt hier. Der Kolben muss sehr sorgfältig gereinigt sein und darf keine Spülmittelrückstände enthalten. Vor Benutzung ist er mit aqua demin. auszuspülen, er muss nicht steril sein. Nach dem Homogenisieren der Lösung wird sie in Kulturröhrchen für Petrischalen (ca. 20 ml) und für Schrägagar (ca. 8 ml) abgefüllt. Die Röhrchen müssen ebenso sauber sein wie der Kolben, und auch sie müssen nicht steril sein. Sie wer-

den mit Kunststoffkappen, Zellstoffstopfen oder Schraubdeckeln verschlossen und 15 min bei 121 °C autoklavieren. Schraubdeckel werden nur locker aufgedreht und erst fest verschraubt, wenn die Röhren nach dem Autoklavieren bei etwa 80 °C aus dem Autoklaven genommen werden. Oft werden Schraubdeckelröhren zunächst mit einem Zellstoffstopfen verschlossen und dann autoklaviert. Zu einem späteren Zeitpunkt – siehe Schrägröhren – wird der Zellstoffstopfen gegen einen sterilen Schraubverschluss ausgetauscht. Zellstoffstopfen werden vor dem Autoklavieren zum Schutz gegen Feuchtigkeit mit einer Aluminiumfolie umhüllt, die nach dem Autoklavieren verworfen wird. In einem Röhren ist nach Abkühlung auf ca. 50 °C der pH-Wert zu prüfen, er sollte bei $\text{pH } 7,5 \pm 0,2$ liegen. Welche Abweichungen toleriert werden können, hängt vom Versuchsvorhaben ab.

4.2 Herstellen der Schrägagarröhren (Abb. 2)

Die 8-ml-Röhren werden so auf den Tisch gelegt, dass der Stopfen etwa 2 cm höher liegt als der Boden. So erstarrt der Agar mit einer relativ großen Oberfläche. Nach ca. 30 min kann man die Röhren senkrecht stellen. Sie werden bis zur Verwendung im Kühlschrank aufgehoben.

4.3 Giessen der Agarplatten (Abb. 3)

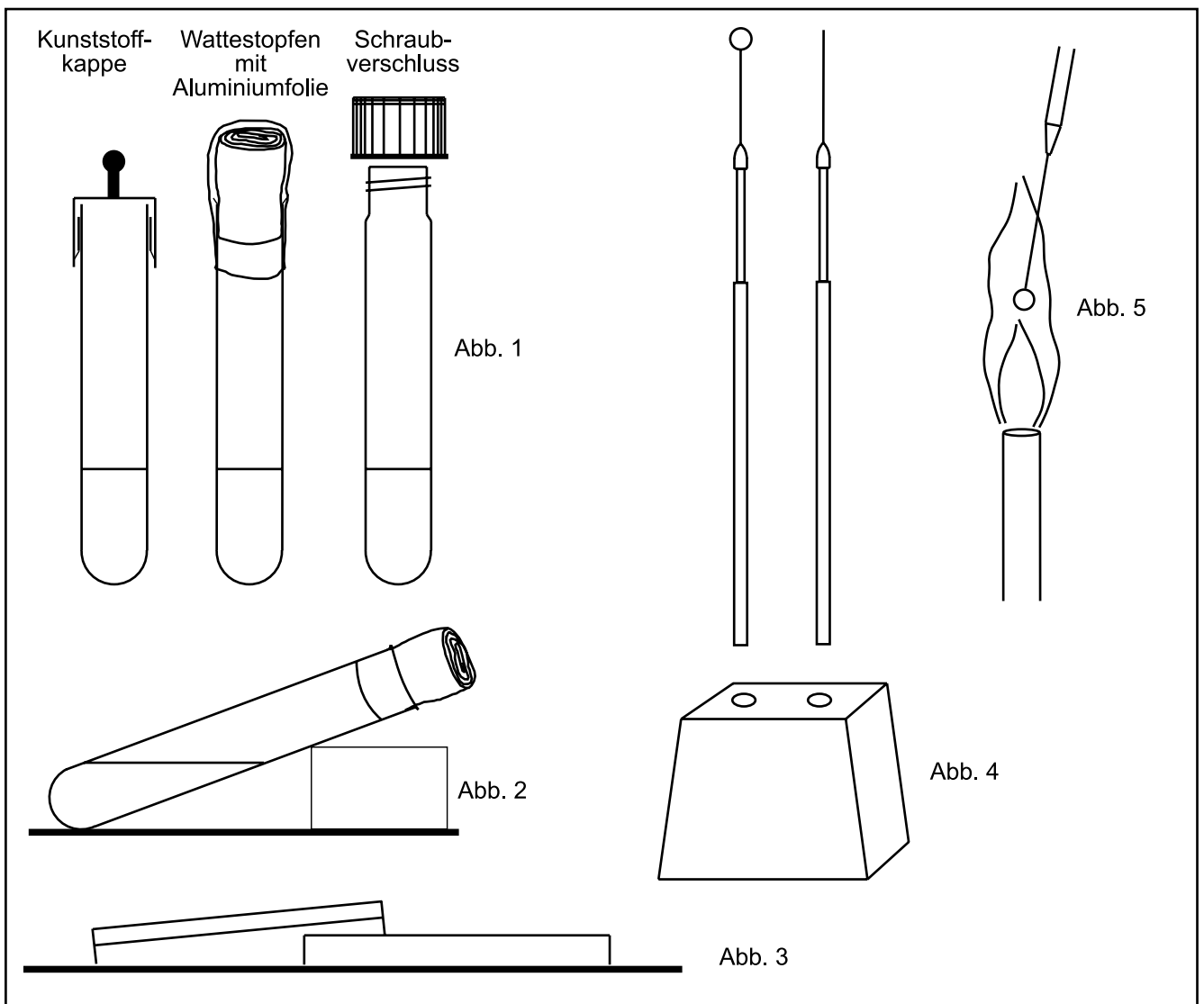
Bis zum Gießen wird der Agar in den 20-ml-Röhren in einem Wasserbad bei 45 °C bis 50 °C flüssig gehalten. Um den Röhreninhalt unter aseptischen Bedingungen in die Petrischalen (8 bis 9 cm Durchmesser) zu gießen, gehen wir wie folgt vor.

Der Deckel wird soweit geöffnet, dass man den Röhreninhalt in die Schale gießen kann. Dann legt man den Deckel auf und bewegt die Schale vorsichtig horizontal kreisförmig, damit sich das Sol

vor der Gelierung gleichmäßig verteilt. Nach dem Gießen lässt man den Agar in geschlossener Schale ca. 30 min erstarren. Zum Trocknen der Agaroberfläche und der Deckelinnenseite (Kondenswasser) legt man die Schalen geöffnet mit der Agarschicht nach unten für 15 min bis 30 min in einen geschlossenen Brutschrank bei 37 °C. Der Schrank soll während dieser Zeit nicht geöffnet werden, da bei den offenen Schalen durch Luftverwirbelung Kontaminationsgefahr besteht. Danach werden die Platten verschlossen. Sie können bis zur Verwendung – am besten eingepackt in Kunststofftüten oder in Aluminiumfolien – mehrere Wochen im Kühlschrank aufgehoben werden. Mit der Zeit werden sie durch Austrocknung unbrauchbar.

5. Übertragungsinstrumente

5.1 Handhabung von Impfösen und -nadeln (Abb. 4)



Ösen werden zum Übertragen von flüssigem oder festem Kulturmaterial in/auf Kulturmedien benutzt, Nadeln vor allem zum Übertragen von Koloniematerial. Die Ösen von ca. 3 mm Durchmesser und Nadeln bestehen meist aus einem Platin-Iridium-Draht. Sie sind mit einer Überwurfmutter an einem thermoisolierten Griff, dem sogenannten Kollehalter auswechselbar befestigt. Der Draht kann auch in ein 4-mm-Kapillarrohr eingeschmolzen werden. Wenn sich Ösen aus dem weichen Metall mit der Zeit verbogen haben, zieht man den Draht gerade und biegt die Öse um einen runden Stab oder mit einer speziellen Biegezange neu. Die Öse muss geschlossen sein, da in offenen Ösen Tropfen nicht hängen bleiben. Zum Übertragen von Pilzmycel werden oft Impfhaken aus festerem Material wie korrosionsfestem Stahldraht verwendet.

5.1.1 Ausglühen (Abb. 5)

Unmittelbar vor Gebrauch wird der Draht in der Flamme sterilisiert wozu man ihn am Griff fasst und nahezu senkrecht über den Kegel der rauschenden Gasflamme hält bis er auf eine Länge von ca. 3 cm glüht. Dann lässt man ihn einige Sekunden an der Luft abkühlen. Bevor man mit der Öse/Nadel eine Kolonie berührt, kühlt man sie kurz in einen Teil der Agarplatte, der nicht bewachsen ist, soweit ab, dass die dann zu entnehmenden MO nicht durch die Hitze geschädigt werden. Zur Entnahme aus einer Bouillon kühlt man die Öse einige Sekunden in

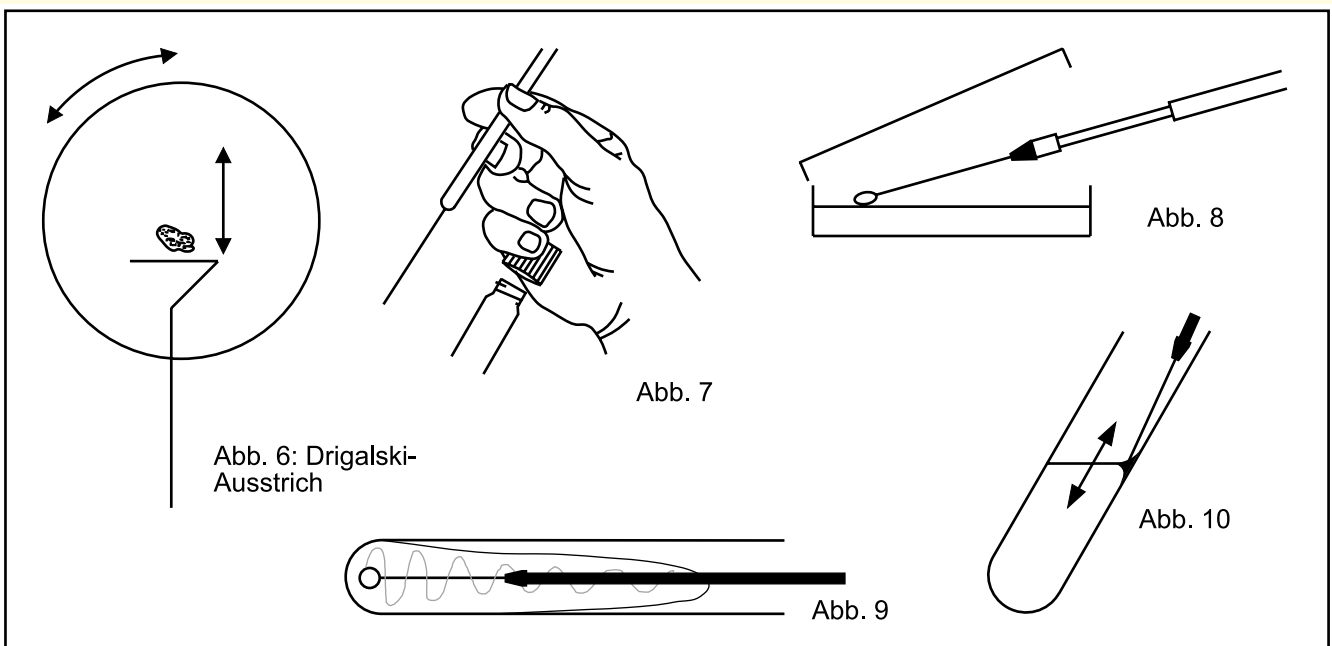
der Bouillon ab, die danach anhaftenden MO sind sicher nicht thermisch geschädigt. Das Ausglühen nach Gebrauch erfordert eine besondere Umsicht. Bringt man eine Öse oder Nadel direkt in die rauschende Flamme über den zentralen Kegel, dann kann durch die plötzliche Erhitzung Kulturmaterial wegspritzen bevor es sterilisiert ist. Daher sind Ösen und Nadeln nach Gebrauch langsam durch die äußere Flammenzone über den Kegel zu bringen und auszuglühen. Die Verwendung einer Abhagenschon Schutzglocke vermindert die Gefahr. Nach dem Ausglühen werden sie zum Abkühlen senkrecht in einen Ständer gestellt. Man darf sie nie auf den Tisch legen. Soll mit einer so sterilisierten Öse/Nadel, die bereits einige Minuten im Ständer steht, Material übertragen werden, so ist sie unmittelbar vor der Benutzung erneut auszuglühen. Einwegösen und -nadeln aus Kunststoff sind steril und müssen unmittelbar nach der Entnahme aus der Verpackung verwendet werden. Sie werden sofort nach Gebrauch in eine Desinfektionslösung gestellt, später autoklaviert und dann verworfen. Einwegösen sind so dimensioniert, dass man mit ihnen Volumina von ca. 0,1 bzw. ca. 1 µl übertragen kann. Impfösen und -nadeln dürfen unter keinen Umständen ohne sie auszuglühen oder in eine Desinfektionslösung zu stellen aus der Hand gegeben werden.

5.2 Handhabung von Drigalskispateln (Abb. 6)

Drigalskispatel werden benutzt um die Bakteriensuspension einer Bouillonkultur auf einer Agarplatte so zu verteilen, dass ein homogener Bakterienrasen wächst. Steril verpacktes Einwegmaterial ist im Handel erhältlich. Drigalskispatel kann man aus 4-mm-Glasstab auch selber herstellen. Der Spatel wird am unteren Drittel (Querstück und Schräge) in Aluminiumfolien verpackt und dann im Trockensterilisator sterilisiert. Man gibt unter aseptischen Bedingungen mit einer sterilen Pipette z. B. 0,3 ml einer Bouillonkultur in die Mitte der Agaroberfläche einer Platte. Den Plattendeckel legt man mit der Öffnung nach unten auf eine desinfizierte Tischstelle. Mit dem unmittelbar vorher ausgepackten Drigalskispatel verteilt man nun die Bouillon homogen auf der Agaroberfläche wobei die Platte gedreht und der Spatel hin und her geschoben wird. Platte schließen und mit dem Deckel nach unten abstellen. Das vermindert die Kondenswasserbildung im Deckel. Spatel in Desinfektionslösung stellen und später sterilisieren. Häufig werden Drigalskispatel aus Glas zur Sterilisation in Ethanol getaucht und dann abgeflammt. Ob dieses Verfahren sterilisierend wirkt ist fraglich. [Wallhäußer, Praxis der Sterilisation]

5.3 Handhabung von Pipetten

Pipetten werden vor allem für quantitative Übertragungen von Flüssigkulturen verwendet. Einwegpipetten aus Kunststoff werden steril verpackt geliefert, Glaspipetten werden vor Gebrauch



in Aluminium-Folie verpackt oder in Metallhülsen im Trockensterilisator sterilisiert. Auch Kunststoffspitzen für Kolbenhubpipetten kann man in thermostabilen Boxen im Trockensterilisator sterilisieren. Zur Kontaminationsvermeidung darf kein Material über eine Pipette mit dem Mund angesaugt werden.

Nach dem Gebrauch werden Pipetten in eine Desinfektionslösung gestellt, dann autoklaviert und gespült oder entsorgt. Wenn man eine Pipette aus der Verpackung genommen hat, darf man sie vor der Verwendung nicht mehr aus der Hand legen und man darf mit ihr keine unsterilen Gegenstände berühren. Unmittelbar bevor die Pipette mit der Kultur in Kontakt gebracht wird, muss sie zur Abtötung eventueller Luftkeime, die die Pipette kontaminiert haben, kurz durch die Flamme gezogen werden.

6. Vorbereiten von Färbelösungen

In Farbstofflösungen für mikroskopische Färbungen bildet sich nach längerem Stehen hin und wieder ein Bodensatz aus ungelösten Partikeln, die u. U. die Auswertung des gefärbten Präparates stören können. Man sollte daher vor der Färbung entsprechend kleine Volumina über Faltenfilter in abdeckbare Blockschälchen filtrieren. Von hier aus bringt man die Färbelösung mit einer Tropfpipette zur Färbung auf den Objektträger.

7. Überimpfen, Inokulieren

7.1 Öffnen von Kulturröhrchen (Abb. 7)

1. Das Röhrchen wird in der linken Hand gehalten.
2. Wattestopfen oder anderen Verschluss lockern aber nicht abziehen.
3. Die Öse in der rechten Hand halten und den Verschluss mit dem kleinen Finger und der Handkante der rechten Hand fassen und vom Röhrchen abnehmen. Dabei ist es oft einfacher das Röhrchen zu drehen als den Verschluss. Um Kontaminationen zu vermeiden ist die Röhrchenöffnung dabei kurz in die Flamme zu halten. Aus dem gleichen Grunde hält man das Röhrchen schräg, es können dann nicht so leicht Keime aus der Luft hineinfallen. Das Röhrchen ist nun so zu halten, dass man auf den Inhalt sehen kann.
4. Jetzt kann man mit der Öse Material entnehmen oder hereingeben; der

Verschluss wird dabei kontaminationssicher gehalten. Der sterile Verschluss darf nie auf den Tisch gelegt werden.

5. Röhrchen sofort an der Flamme verschließen.
6. Röhrchen nie länger als nötig offen lassen.
7. Öse ausglühen und abstellen.

7.2 Öffnen von Platten

1. Die Agarplatte liegt auf Tisch. Mit der linken Hand wird der Deckel so weit angehoben wie nötig.
2. Mit Öse oder Nadel Material von Platte entnehmen oder inokulieren.
3. Platte schließen.
4. Platte immer mit dem Deckel nach unten abstellen, so bildet sich weniger Kondenswasser.

7.3 Überimpfen von Bouillon in Bouillon

1. Röhrchen öffnen.
2. Öse in Kultur eintauchen. War sie zu heiß, dann zischt es, was zu gefährlicher Aerosolbildung führen kann.
3. Mit Öse beim Einführen nichts Unsteriles berühren.
4. Öse mit Tropfen entnehmen, dabei nicht die Innenwand des Röhrchens berühren, diese könnte durch Kontakt mit der Überwurfmutter des Kollektors kontaminiert sein.
5. Röhrchen verschließen.
6. Zu beimpfendes Röhrchen öffnen.
7. Öse mit Inokulum in die Bouillon tauchen, etwas bewegen, nicht hin und her schlagen, Aerosolbildung vermeiden. Öse und Halterteile dürfen nicht mit der Innenwand des Röhrchens in Kontakt kommen.
8. Röhrchen an Flamme schließen.
9. Öse ausglühen und abstellen.

7.4 Überimpfen von Bouillon auf Agarplatten (Abb. 8)

1. Röhrchen öffnen.
2. Öse in Kultur eintauchen.
3. Mit der Öse nur die Bouillon berühren.
4. Öse mit Tropfen entnehmen, dabei nicht die Wand des Röhrchens berühren.
5. Röhrchen verschließen.
6. Deckel der Platte 30° bis 40° anheben.
7. Öse mit Inokulum auf der Agaroberfläche austreichen. Oberfläche des Agars nicht mit der Öse verletzen.

Näheres siehe bei „Drei-Ösen-Ausstrich“.

8. Platte schließen und mit dem Deckel nach unten hinlegen.
9. Öse ausglühen und abstellen.

7.5 Überimpfen von Bouillon auf Schrägagar (Abb. 9)

1. bis 5 wie oben.
6. Schrägagarröhrchen öffnen.
7. Öse mit Inokulum unten beginnend in Schlangenlinien auf der Agaroberfläche austreichen. Oberfläche des Agars nicht mit der Öse verletzen. Röhrchenwand nicht berühren.
8. Röhrchen schließen.
9. Öse ausglühen und abstellen.

7.6 Überimpfen von Agar in Bouillon (Abb. 10)

1. Platte oder Schrägröhrchen öffnen.
2. Mit Nadel von einer ausgewählten einzeln liegenden Kolonie etwas (<1 µl) Material entnehmen. Darauf achten, dass kein Material einer anderen Kolonie an die Nadel kommt.
3. Platte/Röhrchen schließen.
4. Zu beimpfendes Röhrchen öffnen.
5. Öse/Nadel einführen ohne die Wand zu berühren.
6. Material von Nadel an der Bouillonoberfläche am Glasrand verreiben. Nicht schlagen – Aerosolbildung.
7. Röhrchen verschließen und Inhalt durch Schwenken mischen. Gegebenenfalls vortexen.
8. Nadel ausglühen und abstellen.

Eine große Schwierigkeit bereitet dem Anfänger oft, dass die Hand, die die Öse führt, beim gezielten Einführen in Röhrchen oder an kleine Kolonien oft kaum kontrollierbar zittert. Nur Übung, die das Selbstvertrauen in die sichere Arbeit stärkt, hilft mit der Zeit. Die richtige Handhabung der Mikroorganismen ist aus Gründen der Infektiosität so wichtig, dass alle Handgriffe zur Routine werden müssen. Man darf selbst eine ausgeglühte Öse gar nicht mehr unbewusst auf den Tisch legen oder sie unausgeglüht in den Ständer stellen können. Bis man so weit ist, das dauert eine Weile.

(wird fortgesetzt)

Für Seite 8

- 1 d; 2 b; 3 a; 4 a, b, c; 5 c, d; 6 a; 7 b; 8 d; 9 a, b; 10 c; 11 b; 12 b; 13 c; 14 a, d; 15 c; 16 b; 17 a; 18 a, b, d; 19 d; 20 a.

Notfallchemie: Explosionsgefahr durch Cyanid? ■ ■ ■ ■ ■

Ein Juwelier hat im September 2001 in Köln ein mittleres Chaos verursacht, als ihm beim Reinigen von Schmuckgegenständen mit Natriumcyanidlösung ein folgenschweres Missgeschick passierte, das er wie folgt der Presse zu Protokoll gab: „Es war nur ein kurzer Augenblick der Unaufmerksamkeit. Ich hatte mehrere Schmuckstücke gereinigt. Danach wollte ich die Flasche wieder in den Tresor einschließen, doch sie ist mir aus der Hand gefallen.“

Die Flasche enthielt etwa einen Liter Natriumcyanid-Lösung. Die Flüssigkeit breitete sich im Arbeitszimmer auf dem Fußboden aus. Geistesgegenwärtig schüttete der Juwelier ein Gegenmittel auf die Chemikalienlache. So wurde verhindert, „dass giftige Dämpfe freigesetzt wurden“. Vorsorglich alarmierte er die Feuerwehr.

Und nun beginnt das Chaos (Originaltext Presse): „Die Feuerwehr, die mit vierzig Mann nach Nippes eilte, befürchtete nach den Worten von Einsatzleiter J. H., dass nicht die gesamte Giftlache vom Gegenmittel bedeckt und ‘entschärft’ war. Wegen Explosionsgefahr wurde das Haus Nr. ... in der Neusser Straße geräumt, auch das benachbarte Reisebüro ... musste geschlossen werden. Die stark befahrene Straße wurde weiträumig abgesperrt, es kam zu erheblichen Verkehrsbehinderungen. Brandrat J. H. nahm schnell Kontakt mit der Bayer AG in Leverkusen auf, um mehr über die Flüssigkeit zu erfahren. Parallel dazu führten die Einsatzkräfte im zweiten und ersten Obergeschoss Messungen mit speziellen Teströhrchen durch, konnten jedoch in der Raumluft keine Blausäure nachweisen. Andere Kollegen näherten sich mit Schutzanzügen der gefährlichen Lache und neutralisierten mit Chemikalienbindemittel das ausgelaufene Zyanid. Danach wurden das Bindemittel sowie mehrere kontaminierte Gegenstände in der Wohnung in luftdicht verpackte Behälter verfrachtet.“ Nach 3 1/2 Stunden war der Gefahrstoffeinsatz der Kölner Feuerwehr vorbei, ein verärgerter Kioskbesitzer sprach von ‘Ausnahmezustand’.

Obwohl nicht verraten wurde, welche Auskunft die Bayer AG der Kölner Feuerwehr gegeben hat, ist folgendes festzuhalten:

Der Juwelier hat zunächst richtig gehandelt und die Entstehung von Blausäure durch das „Gegenmittel“ verhindert. Hier ist wohl oxidativ das Cyanid durch Hypochlorit, Wasserstoffperoxid oder ein Peroxo-Präparat „entgiftet“ worden. Da die Feuerwehr selbst mit Prüfröhrchen keine Blausäure festgestellt hat, bestand auch keine Explosionsgefahr. Gasförmige Blausäure bzw. Cyanwasserstoff hat eine Explosionsgrenze in Luft von 5,4 Vol. % bis 46,6 Vol. % oder von 60 mg/m³ bis 520 mg/m³. Woher sollte aber die für eine Explosion erforderliche Menge an Cyanwasserstoff kommen?

Wesentliches Gefährdungspotential ist aber bei wässrigen Cyanidlösungen nicht die Explosionsgefahr, sondern die Toxizität. Für diese Lösungen gilt in Konzentrationen ab 7 % das Gefahrensymbol T+ = hoch giftig, von 1 % bis 7 % T = giftig und von 0,1 % bis 1 % Xn = gesundheitsschädlich. Da keine Säure „im Spiel“ war und die ausgelaufene Lösung schnell entgiftet und aufgenommen werden konnte, bestand kaum Vergiftungsgefahr durch Blausäure. Diese ist durch den Geruch nach Bittermandel gut wahrnehmbar. Die Geruchsschwelle liegt bei 0,2 bis 5,1 ppm, der MAK-Wert beträgt 10 ppm bzw. 11 mg/m³ (ab 2002:

2,1 mg/m³), liegt also wesentlich über der Geruchsschwelle. Konzentrationen bis zu 35 ppm werden meist von leichten Vergiftungserscheinungen begleitet. Konzentrationen über 50 ppm können nach mehrstündiger Aufnahme zu erheblichen Vergiftungserscheinungen führen. Als absolut tödlich gelten 0,05 g reine Blausäure, wenn diese Menge vollständig vom Körper aufgenommen wird.

Alle Personen, die mit Blausäure oder Cyaniden in jeglicher Form beruflich umgehen müssen, sind in Erste-Hilfe-Maßnahmen zu unterweisen; das trifft auch für den Juwelier zu.

Im Umgang mit der NaCN-Lösung ist dem Juwelier daher eine gewisse Fahrlässigkeit zu unterstellen. Was wäre geschehen, wenn die Lösung in den Fußboden eingedrungen wäre oder sich im Haus ausgebreitet hätte? Gewiss keine Explosion, aber eine akute Vergiftungsgefahr für die Mitbewohner. Und was ist auf dem Foto in der Zeitung zu sehen? Drei Feuerwehrleute in Chemikalienschutzanzügen mit Gasmaske beim Hantieren mit 200-Liter-Fässern, daneben aber steht ein Feuerwehrmann in Uniform – ohne Gasmaske. Hier hat die Kölner Feuerwehr offensichtlich einen nicht unerheblichen Nachholbedarf beim Umgang mit Gefahrstoffen.

Günter Sorbe

Interaktive Tafelwerke ■ ■ ■

Tabellenbücher sind eine feine Sache, denn was man Schwarz auf Weiß besitzt, kann man getrost nach Hause tragen: Naturkonstanten, alles über die Elemente, Schmelzpunkte usw. usw. Früher hatten die Chemiker ihren Chemikerkalender, unvergessen ist auch der Küster-Thiel, ohne den frühere Generationen nicht auskamen, wenn sie Analysen logarithmisch berechnen wollten. Die genannten Werke enthielten nicht nur Zahlentabellen, sondern auch Formeln, denn alle irgendwann mal nötigen Formeln kann man ja nicht im Kopf haben.

Ein ähnliches Ziel verfolgt der nach der Wende entstandene Paetec-Verlag (www.paetec.de), der sich mittlerweile vom klassischen Schulbuchverlag zum Verlag für Bildungsmedien wandelte, mit seinen Tafelwerken (www.Tafelwerk.de). Es gibt integrative und spezielle Tafelwerke und Ausgaben für die Sekund-

arstufe I sowie für die Sekundarstufen I und II. Mittlerweile gibt es für SI und SII zusammen auch ein elektronisches Tafelwerk, das rechnen kann, weil zum Lieferumfang entweder die Mathcad-Vollversion 8.03 oder der Mathcad-Explorer 8.03 gehört. Der Lernende kann also üben und wird den Stoff so besser behalten.

Interessenten mögen sich bei den angegebenen Internet-Adressen informieren. Wir nennen hier nur ein Beispiel: Das elektronische Tafelwerk mit Formeln und Tabellen aus den Gebieten Mathematik, Physik, Chemie, Informatik, Astronomie und Biologie für SI und SII (Buch und CD-ROM) mit Mathcad-Vollversion 8.03 (ISBN 3-89517-636-2) kostet etwa 25 Euro.

Denken Sie daran: Der Einsendeschluss für das Preisrätsel im Dezember-Heft ist der 31.1.2002. Sie können Ihre Lösung auf einer Postkarte, als Fax oder als Email schicken.

Chemie- und Physiksektor programmiert geprüft ■ ■ ■ ■ ■ ■

Es kann mehr als eine Antwort richtig sein.

1. Welches der folgenden Elemente gehört *nicht* zur Gruppe der Erdalkalimetalle?

- a Calcium
- b Magnesium
- c Barium
- d Titan
- e Strontium

2. Welches der folgenden Hydroxide ist amphoter?

- a Fe(OH)₃
- b Al(OH)₃
- c Mg(OH)₂
- d Ca(OH)₂

3. Welches der folgenden Metallhalogenide ist *nicht* schwerlöslich?

- a AgF
- b AgBr
- c CuI
- d Hg₂Cl₂

4. Welche Eigenschaften der Alkalimetalle nehmen in der Reihenfolge Lithium – Natrium – Kalium – Rubidium – Caesium zu?

- a Ordnungszahl
- b Reaktionsfähigkeit
- c Dichte
- d Schmelzpunkt

5. Welche Sauerstoffsäuren des Chlors sind starke Säuren?

- a HClO
- b HClO₂
- c HClO₃
- d HClO₄

6. In welchem der Fälle ist die Masse der Atome am kleinsten?

- a 0,1 mol C-Atome
- b 0,1 mol O-Atome
- c 0,1 mol S-Atome
- d 0,1 mol P-Atome

7. Wie groß ist die Anzahl der Heliumatome in 2 g des Gases?

- a $1,5 \cdot 10^{23}$
- b $3,0 \cdot 10^{23}$
- c $4,5 \cdot 10^{23}$
- d $6,0 \cdot 10^{23}$

8. In welchem der folgenden Fälle handelt es sich um die Summenformel eines Alkens?

- a C₇H₈
- b C₆H₆
- c C₄H₁₀
- d C₃H₆
- e C₃H₄

9. In welchen Fällen handelt es sich bei den durch die Gleichungen beschriebenen Reaktionen um eine Reduktion?

- a $\text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu}$
- b $2 \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2$
- c $2 \text{I}^- \rightarrow \text{I}_2$
- d $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+}$

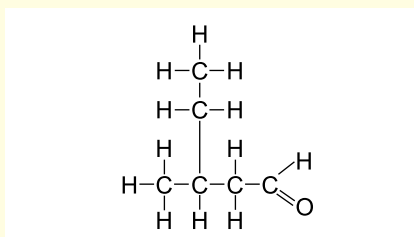
10. In welcher Zeile passen Formel und Name *nicht* zusammen?

- a CH₂OHCHOHCH₂OH Glycerin
- b CHCl₃ Chloroform
- c CH₃CO₂CH₃ Aceton
- d HCHO Formaldehyd

11. Welcher der folgenden Stoffe ist ein Kohlenhydrat?

- a DNA
- b Cellulose
- c Insulin
- d Saccharin
- e Penicillin

12. Welcher Name ist der richtige für die durch die Formel dargestellte Verbindung?



- a Hexanal
- b 3-Methylpentanal
- c 2-Methylpentanal
- d 3-Ethylbutanal
- e 2-Ethylbutanal

13. Was entsteht, wenn Butan-1-ol unter geeigneten Bedingungen dehydratisiert wird?

- a Butin
- b But-2-en
- c But-1-en
- d 2-Methylpropan

14. Welche Aussagen treffen für Aldehyde und Ketone zu?

- a Sie entstehen durch Oxidation von Alkoholen.
- b Aus ihnen entstehen neue Verbindungen nur durch Addition.
- c Sie sind ungesättigt und entfärben Brom.
- d Sie enthalten die Gruppe C=O.

15. In der Gravimetrie werden Fällungsform und Wägeform unterschieden. Welche Zeile enthält einen Fehler?

Ion	Fällungsform	Wägeform
a Ag ⁺	AgCl	AgCl
b Ba ²⁺	BaSO ₄	BaSO ₄
c Mg ²⁺	Mg(NH ₄)PO ₄	Mg ₂ (PO ₄) ₃
d Al ³⁺	Al(OH) ₃	Al ₂ O ₃

16. In welchem Fall ist bei dem Sorbens *nicht* das u. a. stattfindende Trennverfahren angegeben?

- a Kieselgel Adsorption
- b Cellulose Adsorption
- c Umkehrphase Verteilung
- d Al₂O₃ neutral Adsorption

17. Welche Analysenmethode ist *keine* elektrochemische Analysenmethode?

- a Argentometrie
- b Coulometrie
- c Polarographie
- d Konduktometrie
- e Amperometrie

18. Bei welchen Analysenverfahren kommt das Lambert-Beersche Gesetz zur Anwendung?

- a Atomabsorptionsspektroskopie
- b UV-VIS-Spektroskopie
- c NMR-Spektroskopie
- d IR-Spektroskopie

19. Welche Aussage zum Wasser auf der Erde ist *falsch*?

- a Mehr als zwei Drittel der Erdoberfläche sind von Wasser bedeckt.
- b Das Meerwasser hat einen Salzgehalt von etwa 3,5 %.
- c Der überwiegende Teil des Süßwassers befindet sich im Eis der Polkappen und Gletscher.
- d Etwa 60 % der Süßwasservorräte stehen für die Trinkwassergewinnung zur Verfügung.

20. Welcher Energieträger hat den höchsten Kohlenstoffgehalt?

- a Steinkohle
- b Braunkohle
- c Erdöl
- d Erdgas

Lernen Sie auch fern?

In der Fernunterrichtsstatistik werden jetzt auch Online-Lehrgänge aufgeführt. Der Bereich EDV-Lehrgänge/Online-Lehrgänge verzeichnet 9505 Teilnehmer, das macht einen Anteil von 6,3 Prozent der gesamten Teilnehmerzahl (150878) aus. 76 Prozent der Fernunterrichtsanbieter setzen elektronische Medien in ihren Lehrgängen ein.

Hormone	M30	Karzinogene Pestizide	26	Latentwärmespeicher	63
HPTLC	46	Katalysatoren; Recycling von	474	Laxanzien	M35
HTS	M44	Katalyse	338	Lecksuche in Rohmetzen	67
Humanbiologie	246	Kathetereingriffe trainieren	193	Legierungen	M20
Humangenetik	270	Kautschuk; Ethylen-Propylen-Dien-	111	Legionärskrankheit	M68
Humaninsulin	305	Keramikschaum	225	Lehrerfortbildung	375
Hybridtechnik bei der Elementspeziesanalytik	290	Kernporenkomplexe	310	Leitfähigkeit; Elektrische	285
Hydratisierung des Zements	21	Kernreaktionen in den Sternen	467	Leitstrukturen bei Arzneimitteln	M44
Hydridtechnik (AAS)	182	Kernresonanz; Magnetische	124	Lernen zu Lernen (Literatur)	M12
Hydrogenasen	171	Kernresonanzspektroskopie	27	Lernfeldkonzept	M1
Hydrophobe Wechselwirkungschromatographie	176	Kesselwasser	90	Lernprogramm Qualitätsmanagement	352
Hydroxid-Radikale greifen Treibhausgase an	28	Kinetische Racematspaltung	424	Leuchtdioden; Organische	366
Hypophyse	324	Kleidung; Geruchshemmende	107	Leukozyten; Differenzierung von	M9
Identitätsprüfung	84	Kleinhirn	324	Leukozytendifferenzierung	M17
Immobilisierung	424	Klima; Damit das – stimmt	63	Lichtmikroskopie; Auflösung der	380
Immunglobuline	180	Klinische Prüfung bei der		Lichtstreuendetektor	334
Immunhistochemie	246	Medikamentenentwicklung	M49	Life Sciences; Grundlagen der – (Literatur)	31
Immunofluoreszenz-Hybridisierung	150	Klonen; Therapeutisches	244	Ligand-Chips	185
Immunsuppressive Verbindungen	339	Klonierung in der Tierzucht	248	Ligninsulfonate	22
Implizites Gedächtnis	324	Knowledge Discovery	150	Limbisches System	325
Imprinting	246	Koffein; Synthetic- in Energy Drinks	462	LIMS-Funktionen	14
Impulse zwischen Nervenzellen und Siliziumchip	353	Kohlenstoff im Stahl	89	Linamarase	30
Indanomycin	379	Kohlenstoff in der Oberflächenschicht	294	Linearität von pH-Messketten	301
Indigo; Pflanzliches – wiederentdeckt	354	Kohlenstoffatom; asymmetrisches	M51	Link-Roboter	96
Indinavir	137	Kohlenstoffdioxid aus Permafrostboden	148	Linux; 10 Jahre –	394
Industriepark Höchst	461	Kohlenstoffdioxid; Überkritisches	341	Lipase	424
Inferotemporalortex	325	Kohlenstoffdioxid; Helium-Fusion	467	Liquid Chromatography (Software)	315
Informationstechnik in Europa; Größte		Kohlenstoffmonoxid in der Atmosphäre	466	Lizenz zum Forschen	306
Forschungsgruppe für –	313	Kohlenstoffverbindungen im Raum	M51	Lochleiter	365
Infrarotkamera Conica	468	Kohlenwasserstoffe; Analytik der	4	Lösungsmittel; Molekulare	457
Insekten-Fraßhemmer	379	Kokain; Herkunft von	71	Lösungsmittelverbrauch in der Industrie	457
Insektenresistenzen	51	Kollagen	335	Lowry-Methode	45
Insektizide	52	Kombinatorische Chemie	M43	Lysimeter	268
Insertionsmutation	246	Kommunizieren; Erfolgreich – (Literatur)	73	Lysin; L- –	423
Insulin	23	Komplexe Materialien	267	Magnesiumdiborid als Supraleiter	183
Integrative Qualifikationen	M2	Konditionierung; Klassische	326	Magnetische Kernresonanz	124
Interferon	312	Konstantan	M21	Makroelemente	144
Internationales Einheitensystem	M61	Konzentrationstiefenprofilanalyse	296	Maldi-Massenspektroskopie	377
Interphasechromosomen	381	Kopplungstechnik bei der		Maleinsäurehydrazid als Pestizid	27
Intrazytoplasmische Spermatozoeninjektion	390	Elementspeziesanalytik	290	Malissa; Professor Doktor Dr. h.c –	24
Intron	413	Korrelationskoeffizient	M19	MAMS	305
Inverse GPC	60	Korrosion; Flächen- – des Kupfers	383	Managementwissen (Literatur)	395
Investments, Ethische –	313	Korrosionsforschung für sauberes Trinkwasser	383	Mandelsäure	425
Ionenaustauschreaktionen	458	Krebs	M68	Mangan im Stahl	89
Ionenchromatographie	7	Krebs; Mit Cyanid gegen –	30	Mann ohne Y-Chromosomen	225
Ionenpaarchromatographie	291	Krebsdiagnostik	306	Mannitol	141
Ionentrennung ohne Probenvorbereitung	7	Krebsforschungszentrum; Deutsches –	306	Mannuronsäure	45
Ionische Flüssigkeiten	457	Kreislaufmittel	M33	Marker	167
Ionotrop	M35	Kristallisationswärme	63	Marker; Chemische –	378
Isoelektrischer Punkt	335	Kryophile Mikroorganismen	M74	Massenspektrometrie	285
Isoproturon	48	Kulturmedien	M81	Massenspektroskopie; Maldi- –	377
Isotachophorese	7	Kunststoffschichten; Elektrisch leitfähige –	364	Materialien; Offenporige –	60
Isotope Coded Affinity Tags (ICAT)	378	Kupfer(s); Flächenkorrosion des –	383	MCPA	48
Iso-Vanillin	15	Kurzzeitgedächtnis	324	Mebendazol	134
ITP (Isotachophorese)	7	Kuturmedien für die Mikrobiologie	M73	Mediator Methylenblau	255
Jahr der Chemie	375	Kyoto-Protokoll	465	Medikamente; Gentechnisch hergestellte –	305
Jugend forscht; Bundeswettbewerb –	M46	LabGeneration (Web-Portal)	216	Meer; Giftige Pellets im –	148
Junior-Professur	375	Lab-on-a-chip	191	Mehrpunktkalibrierung einer pH-Messkette	303
Kalibration versiegelter flüssiger Zellen	314	Laborakkreditierung	286	Melarsopol	134
Kalibrierfunktion	288	Laborberufe; Neuordnung der –	M1	Merck Index (Software)	394
Kalorimetrisch	167	Laborbrände	M45	Mesophile Mikroorganismen	M74
Kampfpolymer; Polyacrylat- –	22	Labordiagnostik; Kardiologische –	471	Messtechnik (Literatur)	395
Kapillarelektrophorese	59	Labortipps	M13, M53, M79	Metabolic Engineering	423
Kapillarzonelektrophorese	7	Laborunfälle	M45	Metabolit	M35
Kapustinskii-Gleichung	M89	Lacke	33	Metalle; Toxische –	414
Kardiomyozyt	246	Lackindustrie in Konsolidierung	233	Metallionen in Wässern; Spurenanalyse von –	139
Karyoplast	246	Lactamase; Beta- –	136	Metallkatalysatoren	424
		Lactamsynthese mit Zeolith	183	Metallorganische Katalysatoren	339
		Landwirtschaft; Produktivitäts-entwicklung in der –	M88	Metallorganische Reagenzien	379
		Langmuir-Hinshelwood-Kinetik	415	Metathese	341
		Langzeitgedächtnis	324	Methan aus Gewässern	109
		Lasergestützte Screeningverfahren	353	Methan in der Atmosphäre	28
		Laser-Scanning-Fluoreszenzmikroskop	381	Methanolreformer	68
				Methoxyessigsäureester	425

Methylenblau als Mediator	255	Nikotin und Krebs	71	Phenylketonurie	411
Methylquecksilber-Bestimmung	292	NIR/Raman/RFA	87	Phosphit-Oxidation durch Sulfat-Reduktion	71
Mettler Toledo; R&D 100 Award an –	473	NIR-Spektrum	86	Phosphorylierung	23
Microbalance Array / Mass Spectrometry	305	Nitrilase	425	Photokatalyse	414
Mikroaerophile Aerobier	M75	Nitrogenasen	173	Photometrische Analyse	58
Mikroalgen kostengünstig züchten	389	Nitrophenoska	269	Photomultiplier	296
Mikroalgen-Bioreaktor	168	NMR-Mouse	124	Photosynthese	169
Mikroarray	184	NMR-Spektroskopie	125	Phototrophe Mikroorganismen	M74
Mikrobiologische Überprüfung von		Nobel; Alfred	404	Photovoltaik	169
Geschirrspülautomaten	220	Nobelpreis; 100 Jahre –	M96	Photowasserstoff	171
Mikroelektronik	343	Nomenklatur; CIP- –	M52	Physikalische Chemie (Literatur)	231
Mikrokapseln für Latentwärmespeicher	64	Notfallchemie: Chlor	M15	Phytoplanktonzellen	145
Mikroorganismen	422	Nukleinsäuren; Analyse von –	314	Piezoelektrischer Transfer	264
Mikroorganismen; Unkultivierte –	396	Nukleosomen	310	Piezokeramik	434
Mikroproduktionsanlagen	191	Nutzpflanzen	48	Pilz-Medien	M83
Mikroreaktionstechnik	190	Nylon	183	Plancksche Konstante	414
Mikroreaktor; Monolithischer –	298			Plaques; Amyloide –	137
Mikroskopie in den Materialwissenschaften	383	Oberflächeninspektion bei der Stahlerzeugung		Plasmaresonanz	184
Mikroskopie; 4-Pi- –	382		149	Platelia-BSE-Test	166
Mikroskopie; Biomolekulare –	309	Obex-Region des Gehirns	165	PLED	367
Mikrosystemtechnik	189, 343	Obligate Aerobier	M75	Pluripotente Zellen	244
Milbemycin	379	Obligate Anaerobier	M75	Polar embedded Phasen	211
Milch/Milchprodukte und Arzneimittel	M35	Obsolet	M35	Polarographie (Literatur)	469
Milchsäure	M52	Ocadainsäure	379	Polarographie; Differentielle Pulse- –	140
MindMapping	153	Octylmethoxycinnamat	29	Polarographische Analyse	58
Mineralien (Literatur)	154	Ökopor (Keramikschaum)	225	Polyacetylen	364
Mineralölkohlenwasserstoffe(n); Bestimmung	4	OLED	367	Polyacrylat-Kampfpolymer	22
von –	4	Olfaktometrie	15	Polyanilin	364
Miniaturisierte Glassäulen	298	Oligotrophierung	144	Polycarbonat: Bayer will führen	74
Mischkultur	M73	On-column-Technik	6	Polyethylen (historisch)	469
Mitochondrien	136	Optimierung bei Arzneimitteln	M44	Polyethylenglykol für Medikamente	312
Mitochondrien-DNA	183	Organic-LED	366	Polyethylenterephthalat (PET)	206
Mol; Eine von sieben Basiseinheiten: Das –	M87	Ortho-Wasserstoff	451	Polymer Assisted Solution Phase Synthesis by	
Moleküle; Geladene –	7	Osmophore Gruppen	15	flowing through	298
Molmassenstandard	334	Ototoxisch	M35	Polymer repariert sich selbst	148
Molmassenverteilung	334	Otto-Kraftstoff; Bestimmung der		Polymerase-Kettenreaktion	347
Monoklonale Antikörper	232	Kennzahl von –	304	Polymerdispersionen	366
Monolinuron	48	Ozean wird saurer; Der –	108	Polymerkondensator	366
Moschusverbindungen	341	Ozeane als Abfalltonne; Die –	108	Polymer-LED	366
MST (Mikrosystemtechnik)	189	Ozeane als Ressourcen; Die –	109	Polyoxidation	365
Mucoide	44	Ozon in der Atmosphäre	28	Polypropylen (historisch)	469
Mukoviszidose	409			Polypyrol	364
Multikomponentenanalytik; EDV-gestützte –	11	Paraffine	64	Polythiophen	364
Multilayer-PET	210	Parasiten	M74	Polyurethan	111
Multiple Sklerose	M68	Para-Wasserstoff	451	Pony tail-Katalysator	474
Multiresistenz	M66	Parkinsonsche Krankheit	M68	Porengrößenanalysen; Chromatographische –	60
Museum; Radioaktives –	183	PASSflow	298	Porosimetrie; GPC- –	60
Mutagene Pestizide	26	PCR	347	Positionseffekt	247
Mutationsrate bei Männern	230	PCR-Kit	M12	Postmortem	165
Muttermilch	30	Peaksymmetrien; Verbesserte –	212	Präklinische Entwicklung bei der Medikamenten-	
		PEDT	364	entwicklung	M49
		Pegasy; Medikament –	312	Prionen	137
		Peglylierung	312	Prionentest; Neuer – entwickelt	306
		Pektinat	106	Prionprotein	165
		Pellets; Giftige – im Meer	148	Produktivitätsentwicklung in der Landwirtschaft	
		Penicillin G	136		M88
		Peroxide	M85	Programmed Temperature Vaporizer	6
		Pestizide	48	Programmieren im Lego-Stil	193
		Pestizidrückstände als Risiko; Gebundene –	26	Promotor	247
		PET-Recyclinganlage	347	Proof of Principle	353
		PET-Recycling-Methoden	206	Propranolol	M35
		Pflanzen; Exotische – (Literatur)	311	Propylenoxid	111
		Pflanzengenom entziffert; Erstes –	70	Protein-abhängige Kinase 1	23
		Pflanzenschutz; Gentechnik im –	48	Proteinanalytik	444
		Pflanzenschutzmittel	33, 268	Proteine	106
		Pflanzenschutzmittel in der Landwirtschaft	268	Proteine und Arzneimittel	M36
		Pflanzenschutzrecht	26	Proteine(n); Auftrennung von –	445
		Pflanzliches Indigo wiederentdeckt	354	Proteinidentifikation	377
		Pflichtqualifikationseinheiten	M3	Proteinkinasen	330
		Pharmakodynamik	M28, M69	Protein-Mikroarrays	266
		Pharmakogenetik	342	Proteinsynthese; Zellfreie –	250
		Pharmakokinetik	M28, M69	Proteom	305
		Pharmakologie	M28, 247	Proteomanalytik	377
		PharmaTrainer (Software);	M53	Proteomforschung	387, 444
		Phasenumwandlung	63	Proteomik	250
				Protozoen	135
				Prozesskontrolle	294

Prozessvernetzte Qualifikation	M5	Rohreisen; Prüfung von – mit der Bruchprobe	89	Springbrunnen-Experiment	M41
Prüfkörper für Spülautomaten	221	Rohöl aus Tiermehl	435	Spülgutform wichtiger als Spülmittel	220
Prüfungsfragen (Software)	M79	Rohmetze(n); Lecksuche in –	67	Spurenelemente	144
Pseudo-Exonen	413	Roseophilin	341	Stahl; Kohlenstoff- und Mangan-	
Pseudomonas aeruginosa	44	Rotwein; Resveratrol im –	29	bestimmung im –	89
Psychopharmaka	M34	Roundup-Ready-Soja	54	Stahlproduktion optimieren	149
PTV-Injektionstechnik	6	Routinnocin	379	Stammzellen; Embryonale – ohne Embryonen	
Pullulane	334	RP-Phasen bei der HPLC mit wässrigen			386
Pulverlacke bei Akzo Nobel	274	Eluenten	212	Stammzellenforschung	244, 386
Pumpen aus Silizium	434	Saluretika	M35	Stammzellentechnologie	230
Puripotenz	247	Sandwich-Plate-System-Technik (SPS)	473	Staphylokokken	M69
Pyrethrin I	49	Saprophyten	M74	Statistik (Literatur)	395
Qualitätsbeurteilung	294	SAR (Structure Activity Relationship)	15	Steilheit von pH-Messketten	301
Qualitätskontrollen an Gelatinen	334	Sauerstoff(s); Eine neue Form des – Z5474		Sterilisation	332
Qualitätslenkung	130	Sauerstoffblastentechnik	128	Stickstoff beim Schweißen	396
Qualitätsmanagement (Literatur)	469	Säuren; Eigennamen von –	M14	Stickstoff fixierende Bakterien	355
Qualitätsmanagement im Labor	98	Scanning Electron Microscopy	26	Stickstoff in der Oberflächenschicht	294
Qualitätsmanagement; Lernprogramm –	352	Schichten; Ultradünne –	192	Stickstoffoxide in der Atmosphäre	466
Qualitätsmanagement-Handbuch für		Schlafmittel	M34	Stoffwechsel von Mikroorganismen	M73
Laboratorien	154	Schleifendiuretika	M35	Störfallverordnung	311
Qualitätsmanagementhandbücher	131	Schleime	44	Strahlung; Röntgen- –	405
Qualitätsprüfung	84, 130	Schlüssel-Schloss-Prinzip	M42	Streptokokken	M69
Qualitätssicherung (Software)	72	Schmelzwärme	63	Stripping-Voltammetrie; Differentielle-Pulse	
Qualitätssicherungsarbeiten	13	Schmerzmittel	M34	anodische –	139
Quantenmechanik	450	Schokoholics	30	Studienmodell "Technische Biotechnologie"	
Quantometer	128	Schulungsfolien für das Labor (Literatur)	113		389
Quecksilber in aller Munde	M21	Schutzgas Argon	340	Styrol	111
Quecksilber(II)-Bestimmung	292	Schwedt; Auszeichnung für Georg –	462	Suchmaschine in www.chemie.de	352
Quecksilber-Hochdruckstrahler	139	Schwefel im Stahl	93	Suchmaschinen	94
Quecksilber-Xenon-Lampen	414	Schwefeldioxid aus dem Vulkan Oyama	183	Superabsorber	111
Racematspaltung; Kinetische –	424	Schwefeldioxid in der Atmosphäre	466	Surfer(s); Interaktionen eines – im Internet	193
Radioaktives Museum	183	Schwefelverbindungen; Ausstoß von –	29	Sympatomimetika	M35
Radioaktives Trinkwasser	148	Screening	11, M69	Synapsen	324
Raman-Spektrometer; Kombiniertes		Screeningverfahren; Lasergestützte –	353	Synchrotronstrahlung	435
NIR/Raman- –	84	Sekundär-Neutralteilchen-Massenspektrometrie		Synergismus	M35
Raman-Spektroskopie	59		132	Synthese; Effektivere –	457
Raman-Spektrum	86	Selbstverdichtender Beton	23	Synthesen; Stereoselektive – von Naturstoffen	
Rasterelektronenmikroskopie	25	Selektivität	353		379
Rauschgiftsucht	354	Selektivität bei polaren Analyten; Bessere –	211	Tags	378
Reaktionen in Glassäulen	298	Selen-Spurenanalytik	141	Teach/me (Software)	470
Recycling von Katalysatoren	474	Self-Sharpeneffekt	8	Teach/Me Data Analysis (Software)	272
Reduktion; Elektrochemische – von Titandioxid		Seltene Gase bei Messer-Griesheim	226	Technologiefolgenbeurteilung	270
	29	Semantisches explizites Gedächtnis	325	Technologietransfer	306
Redundanz	85	Serotonin	329	Telomer	247
Referenzmaterialien (Literatur)	351	Sexualhormone	M30	Temperaturen; Von tiefsten –	M70
Regressionskoeffizient	M20	Sichelzellanämie	411	Teratokarzinom	247
Regulus	89	Siemens-Martin-Verfahren	91	Testanschmutzung bei Spülautomaten	221
Reinheitsorientiert	M6	SigmaPlot (Software)	153	Tetrachlorethan; 1,1,2,2- –	15
Reinigungsmittel für Spülautomaten	221	Signalproteinforschung	475	Tetracontan	5
Reinkultur	M73	Signalverstärkung	328	Tetraeder	M51
Relaxanzen	M35	Silberputzmittel	58	Tetrahymina	434
Reoligotrophierung	144	Silbertauchbad	58	Tetra-n-propylammoniumpererruthenat	379
Repigmentierung	343	Silizium; Pumpen aus –	434	Textilien; Geruch von –	71
Reproduktionstoxikologie	246	Siliziumchip leitet Impulse von Nervenzellen		Textilien; Neue Eigenschaften für –	106
Reproduzierbarkeit	181	weiter	353	Thalamus	324
Resistenz; Natürliche und erworbene	M65	Simazin	48	Therapeutisches Klonen	244
Resorption	M35	Size Exclusion Chromatography	334	Thermophile Mikroorganismen	M74
Responsible Care	M6	SNMS	132	Theta-Mikroskopie	382
Restgasverwertungsanlage	226	Solarelektrolytische Wasserspaltung	169	Thiazide	M35
Resveratrol	29	Solver (Excel)	M37	Thioschwefelsäure	57
Retentionsvergleich	214	Sommersmog	28	Thomas-Verfahren	89, 128
Reversed Phase Chromatographie	176	Sonden; Biologische –	260	Thorium im Museum	183
Rezeptorologie	16	Sonnenenergie zur Wasserstoffproduktion	169	Tiefenprofilanalyse GDOS	294
Rezeptortheorie	M28	Sonnenschutzmittel	29	Tiermehl zu Rohöl und Aktivkohle	435
Ribosomen	136	Sonnensystem; Neues vom –	M70	Tierversuche bei der Medikamentenentwicklung	
Riechen	15	SOP-Speed (Software)	470		M50
Ringschluss-Olefin-Metathese	341	Spasmolytika	M35	Tierzelle	135
Robotik	270	Speicherplatz; 50 Gigabyte –	467	Tissue-Engineering	343
Röntgen, Wilhelm Conrad	405	Spektrometrie; Röntgen- –	406	Titan aus Titandioxid; Gewinnung von –	29
Röntgenfluoreszenzanalyse	86	Spermatozoeninjektion; Intrazytoplasmische –		TOC-Wert	392
Röntgenfluoreszenz-Spektrometer	407		390	Totipotenz	247
Röntgenfluoreszenzspektrometrie	26	Spezialbiozide(n); Absatz von –	314	Toxikologie	M70
Röntgenspektrometrie; Energiedispersive –	408	Speziesanalytik	289	Toxiproteomics	379
		Splicing; Alternatives –	413	TPAP	379
		Spotting-Verfahren	264	Tranquilizer	M34

Transdifferenzierung	248	Uran im Museum	183	Wasserqualität	431
Transfektion	248	Urikostatum	M35	Wasserstofferzeugung mittels Elektrolyse	169
Transfer von DNA-Sonden	263	Uronsäuren	45	Wasserstofferzeugung; Primärenergetische	168
Transgene Pflanzen	50	URRC-Verfahren	347	Wasserstoffgas aus Gärungsprozessen	169
Transgene Tiere	248	Urzeugung	380	Wasserstoffperoxid	111, 140
Transkriptionsanalyse	260			Webportal für die Laborbranche	216
Transkriptionsregulation	310	Valenzband	414	Wechselwirkungen von Arzneimitteln	M28
Transportbeton	22	Validierung; Handbuch – in der Analytik	31	Weine chemisch unterscheiden	71
Treibhausgas Wasserdampf	224	Vanillin	15	Weiterbildung über das Internet	389
Treibhausgase	465	Verantwortlichkeit	101	Wellenfeld-Mikroskopie	381
Treibstoff-Alternative; Methanol als –	68	Verbreitung von Hepatitis C und HIV	312	Weltraumteleskop Hubble	468
Trendlinie (Excel)	M36	Verpackung von Arzneimitteln ;M57		Western-Blot	166
Trennung nach molekularar Größe	176	Verschlüsselung von Daten	32	Wimpertierchen	434
Trennzahl	5	Verträglichkeit von Arzneimitteln ;M58		Windkraft	154
Trichinen	134	Verwechslungsprüfung	84	Windows Scripting Host (Software)	72
Trihydroxystilben	29	Viren als Vektoren	52	Wirksamkeitsprüfung bei Arzneimitteln	M43
Trinkwasser; Keimfreies –	109	Virtuelle Fachhochschule/Hochschule	194	Wissenschaft populär (Software)	72
Trinkwasser; Radioaktives –	148	Virusvermehrung; Hinderung der –	29	Wohnklima	64
Triphenylzinn (Pflanzenschutzmittel) nicht mehr erlaubt	355	Visual Basic; 10 Jahre –	352	Wolfforschungsinstitut	435
Trockeneis; Granuliertes –	111	Visualisierung im Wissenschaftsunterricht	307	Woodsches Metall	M21
Trockenhefe	257	Vitamin B2	422	Wurzelsymbiose	355
Trypanosomen	134	Volkswirtschaftslehre für Chemiker (Literatur)	231		
Tuberkulose	M70	Voltammetrie (Literatur)	469	Xenon	228
		Voltammetrie; Stellenwert der –	139	Xenotransplantation	270
Überkritisches Kohlenstoffdioxid	341	Vulcanus als Chemiker	19	XLAB für Schüler in Niedersachsen	463
Übersteilheit von pH-Messketten	302	Vulkan speit Schwefeldioxid	183	X-Strahlung	405
UHTS	M44	Vulkanische Gase	20		
Ultra High Throughput Screening	M44			Y-Chromosomen	225
Ultradünne Schichten	192	Wahlqualifikationseinheiten	M3, M6		
Ultraspurenbereich	182	Wahrnehmungsschwelle	15	Zellen; Pluripotente –	244
Umesterung in der Acetatschmelze	206	Wanderungsgeschwindigkeit	8	Zellfreie Proteinsynthese	250
Umkehrphasen zur Optimierung von RP-Trennungen	211	Wasser; Amöben im –	150	Zement	21
Umwelt; Saure –	29	Wasser; Biochemische Bewertung von – (Literatur)	351	Zertifizierung nach ISO 9001	98
Umweltatlas Ökobase	194	Wasser; DFG lässt – erforschen	475	Ziegler, Karl	469
Umweltbelastung in Deutschland	355	Wasser; Hocheines – im Industriepark Höchst	111	Zielstruktursynthesen	339
Umweltschutz bei Bayer; 100 Jahre –	464	Wasseranalysen (Literatur)	271	Zuckersequenz in Alginaten; Bestimmung der –	46
Umweltschutzzinvestitionen	154	Wasserdampf ist Treibhausgas Nr. 1	224	Zweifارben-Fluoreszenz-Kreuzkorrelations-Spektroskopie	167
Universal-Entfärber	57	Wassergefährdungsklassen	M22	Zytotoxin in Sonnenöl	29
Unternehmerische Chancen	348	Wassermangel droht	109		
Untersteilheit von pH-Messketten	302				
Unterweisungsfolien für das Labor (Literatur)	113				

CLB
Chemie in Labor und Biotechnik ISSN 0943-6677

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

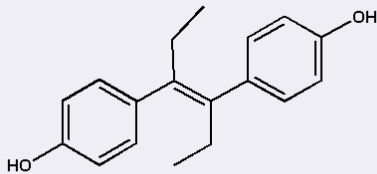
Herausgeber:
Dr. Dr. U. Fitzner, Düsseldorf · Prof. Dr. W. Fresenius, Taunusstein · Prof. Dr. K.-H. Koch, Dortmund · Priv. Doz. Dr. H.-M. Kuß, Duisburg · Prof. Dr. Georg Schwedt, Clausthal-Zellerfeld · Prof. Dr. G. Weichbrodt, Aalen · Prof. Dr. G. Werner, Leipzig.

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

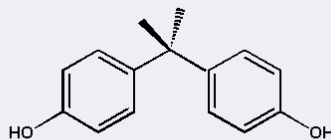
Redaktion CLB-Memory:
Reinhold Ellmer, Am Kornfeld 49, 58239 Schwerte
Telefon (0 23 04) 8 18 54, Fax (0 23 04) 8 32 71

Ständige Mitarbeiter:
Dr. Mechthild Käser, 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.

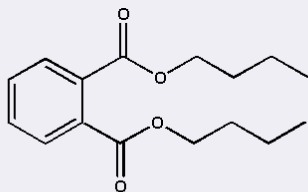
VBTA-Verbandsmitteilungen:
Thomas Wittling, Raiffeisenstraße 41, 86420 Diedorf,
Telefon (08 21) 3 27-23 30, Fax (08 33 8) 96 48 50



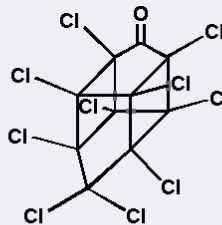
Diethylstilbestrol (DES)



Bisphenol A



Phthalsäure-n-dibutylester



Chlordecon

Einige Beispiele für Xeno-Ostrogene:

DES, Parade-Xeno-Östrogen, synthetische Verbindung, ist sehr stark östrogen wirksam.

Bisphenol A: Spielt als Monomer in der Kunststoffproduktion eine große Rolle (Epoxyharze).

Phthalate, werden als Weichmacher in vielen Produkten eingesetzt, als typischer Vertreter der östrogen-aktiven Phthalate ist hier der n-Dibutylester gezeigt.

Chlordecon, ein Cuban-Derivat und persistentes Insektizid.

tel aufnimmt. Nicht einmal die Größenordnung war bekannt, ob Milligramme, Mikrogramme, Nanogramme oder Picogramme. Es ist aber zur Risikoabschätzung für den Verbraucher sehr wichtig, den Daily Intake von Xeno-Östrogenen über die aufgenommenen Lebensmittel zu kennen, um dann die Frage zu untersuchen: Haben die über die Nahrung aufgenommenen Mengen eine Relevanz für den Normalverbraucher? Wenn man eine genaue Zahl hat, kann man toxikologische Untersuchungen an Tieren machen und schauen, ob das möglicherweise eine Wirkung hat.

Wir haben uns 1998 entschlossen, Lebensmittel auf ihren Gehalt an Nonylphenolen zu untersuchen. Das waren weltweit die ersten systematischen Untersuchungen dieser Art. Zur Auswahl der Lebensmittel haben wir die Daten der Nationalen Verzehrsstudie und der Verbundstudie Ernährungserhebung in Deutschland verwendet. Sie basieren auf der Befra-

gung von 25.000 Personen im Zeitraum von 1985 bis 1989 in den Alten Bundesländern über ihre Ernährungsgewohnheiten. Die Studien teilen die Lebensmittel in 24 Gruppen ein. Aus jeder Gruppe wurde mindestens ein Lebensmittel untersucht, aus vielen Gruppen auch noch weitere. Es wurden dabei besonders gängige Produkte ausgewählt, also bekannte Marken mit hohen Verkaufszahlen. Die Lebensmittel wurden im Supermarkt erworben und auf Nonylphenole untersucht.“

■ Komplizierte Analytik

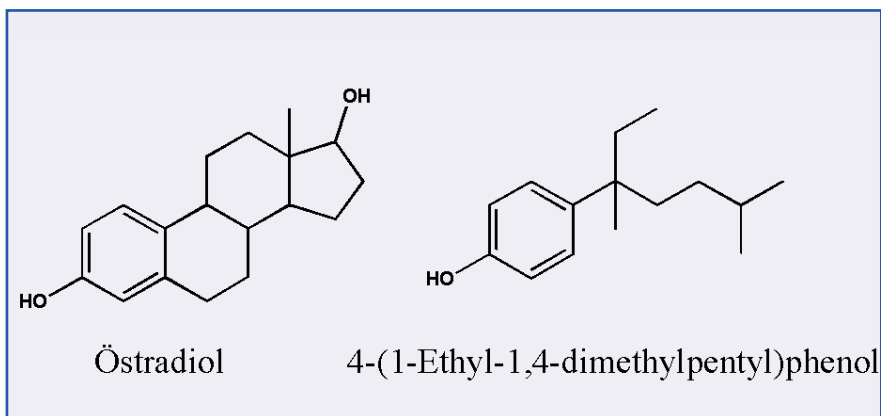
Die Analytik der Nonylphenole ist sehr komplex. Es gab bisher kein Verfahren, um Nonylphenole in den verschiedenen Lebensmitteln zu bestimmen – Lebensmittel sind ja äußerst komplexe Matrices. Wenn man beispielsweise Schokolade, Wurst, Käse oder Fisch untersucht, ergeben sich jedesmal vollkommen andere Probleme. Auf jeden Fall hat es lange gedauert,

ein sehr flexibles Verbundverfahren zu entwickeln, das isomerenspezifisch Nonylphenole in Spurenkonzentrationen in diesen verschiedenen Lebensmitteln nachweisen kann.

Dieses Verfahren besteht zu Anfang im Wesentlichen aus einer Wasserdampfdestillation mit anschließender Flüssig-Flüssig-Extraktion. Diese Kombination war die erfolgreichste Methode zur Anreicherung der flüchtigen Nonylphenole. Dann erfolgt eine Normalphasen-HPLC als weiterer clean-up-Schritt, und schließlich werden in den Fraktionen der HPLC durch GC-MS die NPs isomerenspezifisch quantifiziert. Günther: „Mit diesem flexiblen und robusten Verfahren kann man in der ganzen Lebensmittelpalette arbeiten, das war uns wichtig. Das Verfahren ist hier von Doktoranden, Diplomanden und fest angestellten Mitarbeitern in drei, vier Jahren erarbeitet worden. Inzwischen kommen auch Leute von außerhalb, die das bei uns lernen. Die Analyse war das Herzstück unserer Arbeiten.“

■ Isomerenspezifische Untersuchung

Auf die Frage, ob Nonylphenole auch in der Natur vorkommen, antwortet Günther: „Meines Wissens nein, und wir kommen damit zu der isomerenspezifischen Analytik. Man kann ja sehr gut das technische Produkt mit dem Isomerengemisch in der Umwelt vergleichen, und da sieht man eine starke Korrelation. Ein Organismus müsste Nonylphenole genau so herstellen wie es im technischen Prozeß geschieht, und das ist unwahrscheinlich. Zur genauen Untersuchung der Nonylphenolproblematik und zur kompletten Strukturaufklärung der einzelnen Verbindungen wurden in Kooperation mit externen Partnern unterschiedliche Nonylphenol-Isomere synthetisiert. Auch das war Neuland. Außerdem versuchen wir zur Zeit, ein Numerierungs-



Strukturformeln des weiblichen Hormons Östradiol und eines wichtigen Isomers von technischem Nonylphenol (besteht aus ca. 30 verschiedenen Konstitutions-Isomeren).

system für alle möglichen Isomere aufzustellen. Es gibt über 200 mögliche Strukturen. Etwa 30 davon haben wir im technischen Produkt trennen können. Als interner Standard wurde ein Nonylphenol mit gerader Nonylkette genommen, das in dem technischen Gemisch nicht vorkommt. Als komplizierender Faktor kommt dann noch hinzu, daß viele der Konstitutionsisomere chirale C-Atome besitzen und damit auch noch optische Isomere zu berücksichtigen sind, die dann möglicherweise unterschiedliche biologische Wirkungen haben.“

Die östrogene Wirkung der verschiedenen Isomere könnte man im Tierversuch bestimmen, aber bisher wurden die Verbindungen aus Günthers Arbeitsgruppe lediglich mit einem in-vitro-Assay getestet. Hierbei handelt es sich um einen genetisch veränderten Hefestamm, in den zwei Plasmide eingeschleust wurden. Das erste generiert den menschlichen Alpha-Östrogen-Rezeptor. Wenn man die Testsubstanz zugibt, dockt sie mehr oder weniger stark an den Rezeptor an, und dieser verändert dann entsprechend seine dreidimensionale Struktur. Dieser Rezeptor-Komplex bindet dann an das zweite Plasmid an, je nachdem wie stark die Struktur verändert wurde. Das zweite Plasmid steuert dann die Bildung eines Marker-Enzyms, dessen Aktivität man dann messen kann. So bekommt man dann einen Wert für eine enzymatische Aktivität, der in diesem Test durch die so-

genannten Miller-Units ausgedrückt wird. Die Miller-Units sind in erster Näherung proportional der östrogenen Wirkung der zugesetzten Substanz. In diesem Test wurden bei den verschiedenen Isomeren Aktivitäten gefunden, die von Null Miller-Units für das lineare Nonylphenol bis zu 40 000 Miller-Units für ein 4-(2-Ethyl-1-methylhexyl)phenol reichen. Man kann dabei sehen, je verzweigter die Struktur wird und je ähnlicher sie dem 17- β -Östradiol wird, umso höher wird auch die Östrogenität. Zusammenfassend kann man also sagen, daß die östrogene Wirkung von Nonylphenolen sehr stark von deren Struktur abhängig ist und damit eine isomerenspezifische Analytik wichtig ist.

■ Ubiquitäre Nonylphenole

Nonylphenole sind in Lebensmitteln ubiquitär. In allen untersuchten 24 Lebensmittelgruppen hat Günthers Team Nonylphenole gefunden, z. B. in Tomaten 18 μg pro Kilogramm Frischgewicht (=ppb), in Äpfeln 20, in Butter 14. In Milch sind ungefähr 1 ppb enthalten. Generell liegen die Werte im Bereich von 0,1 bis 20 ppb.

Aus den täglichen Verzehrsmengen dieser 24 Lebensmittelgruppen und den ermittelten Nonylphenolgehalten kann man jetzt eine Abschätzung für den Daily Intake machen. Er liegt beim bundesdeutschen Normalverbraucher bei 7,5 Mikrogramm pro Tag, wobei dieser Wert für Personen ab 4 Jahren gilt. Die täglich aufge-

nommene Menge entspricht in etwa dem Daily Intake von anderen umweltrelevanten Substanzen. PCB's liegen nach einer groben Schätzung bei 10 Mikrogramm täglich, ebenso Bisphenol A. Die Menge der täglich aufgenommenen Phthalate dagegen ist mit etwa 2000 Mikrogramm wesentlich höher.

Da man bei Kleinkindern und Säuglingen eine besondere Empfindlichkeit gegenüber Xeno-Östrogenen vermutet, wurden auch typische Produkte für die Altersgruppen von 0 bis 6 Monaten und ab 6 Monaten untersucht. In Muttermilch fand man 0,3 Mikrogramm pro Liter, und in einer hypoallergenen Säuglingsanfangsnahrung waren es ungefähr 2 ppb im fertigen Milchgetränk und auch in der Milchfolgenahrung. Bei der ausschließlichen Ernährung durch Muttermilch oder Milchanfangsnahrung ergibt sich ein Daily Intake von Nonylphenolen bei Säuglingen von ca. 0,2 Mikrogramm bei Muttermilch und 1,4 Mikrogramm bei der Milchanfangsnahrung. Das heißt, schon Säuglinge nehmen mit der Muttermilch Nonylphenole auf. Auch in Fertigbreien für Kinder ab 6 Monaten wurden überall Nonylphenole im Bereich von 0,2 bis 4 ppb gefunden. Dabei besteht kein Unterschied zwischen normalen Produkten oder Bioprodukten.

Kann man eine steigende Tendenz feststellen? Dazu Günther: „Seit etwa 50 Jahren werden APEO's verwendet, die Produktion begann nach dem Zweiten Weltkrieg, und wir stellen jetzt fest, dass Nonylphenole in deutschen Lebensmitteln ubiquitär sind. Eine steigende oder fallende Tendenz ist schwierig auszumachen.“ Hat man Lebensmittel aus den 50er Jahren untersucht? Günther: „Das wäre interessant, uralte Konserven zu untersuchen, oder vergessene Einmachgläser, aber das haben wir noch nicht gemacht.“ Und wie sieht es aus mit Lebensmitteln z. B. aus Entwicklungsländern? Günther: „Wir haben drei oder vier Proben aus Indonesien untersucht und dabei wesentlich höhere Messwerte bekommen. Das waren aber nur Stichproben, die ein Mitarbeiter von einer Dienstreise mitgebracht hatte. Man müsste das vor Ort systematisch untersuchen, um eine verlässliche Aussage



Professor Dr. Klaus Günther ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Leiter einer Forschungsgruppe am Institut für Chemie und Dynamik der Geosphäre im Forschungszentrum Jülich.

zu treffen, aber in unseren Proben – Krabbenbrot – war wesentlich mehr drin.“

■ Anreiz für sustainable Development

Kann man irgendetwas sagen oder vermuten, ob diese täglich aufgenommenen 7,5 µg Nonylphenole einen östrogenen Effekt beim Menschen haben oder nicht? Günther zögert mit der Antwort: „Das ist die Frage, die uns immer wieder gestellt wird. Ich meine – mit aller Vorsicht –, dass das ein relativ positives Ergebnis ist, weil es eine sehr geringe Menge ist, die auch im Bereich von anderen Umweltchemikalien liegt. Es hätten ja bei dem massenhaften Einsatz dieser Chemikalie auch ganz andere Werte herauskommen können. Aber ob diese 7,5 µg einen östrogenen Effekt beim Menschen haben, das kann ich zur Zeit noch nicht beantworten. Östrogene Substanzen wie die Nonylphenole haben ja nur einen Bruchteil der Wirkung von 17-β-Östradiol, also wesentlich niedriger als die Standardsubstanz.

Allgemein akzeptiert ist wohl, dass die östrogene Aktivität von Nonylphenolen nur zwischen 1/1000 und 1/5000 gegenüber der von Östradiol liegt, aber andere Gruppen sagen wieder, daß Nonylphenol nicht an Transportproteine gebunden wird wie z. B.

Östradiol und deshalb frei im Blut vorliegt und damit besser bioverfügbar ist. Deshalb könnte die östrogene Wirkung doch stärker sein. Wir haben das nur am Rande verfolgt. Für uns stand die Analytik im Vordergrund und das Produkt sowie seine Strukturaufklärung.

Sollte die Verwendung aller Nonylphenolethoxylate verboten werden? Günther antwortet darauf mit einem interessanten Vorschlag: „Die heute verwendeten Nonylphenolethoxylate sind relativ grobe Massenchemikalien, keine High-Tech-Produkte. Man könnte deshalb versuchen, die Zusammensetzung des Gemischs bei der industriellen Synthese so zu steuern, dass es nur Nonylketten mit geringer Östrogenität enthält und gleichzeitig eine schnelle Abbaurrate erreicht wird. Mit dieser Problematik beschäftigen wir uns auch, also gewissermaßen mit dem Design eines Nonylphenols, das den modernen Anforderungen an ein sustainable Development entspricht. Das ist auch für die Industrie höchst interessant. Wenn man die Strukturen jetzt intelligent abändert, dann hat man eine sehr schönes Produkt, das das alte ‚Dinosaurier-NPEO‘ ersetzen kann. Ich denke, es ist ganz wichtig, dass man in der Umweltforschung nicht immer nur nach Verboten schreit, sondern auch Lösungen für bestehende Probleme anbietet.“

Wie in allen unseren Interviews die abschließende Frage: „Worauf sind Sie besonders stolz?“ Günther zögert ein wenig, meint dann aber: „Ja, darauf dass wir hier die Analytische Chemie direkt im Verbraucherschutz einsetzen konnten. Dass wir mit modernen Techniken die Frage beantworten konnten, in welchem Bereich die tägliche Aufnahme einer wichtigen Industriechemikalie liegt. Wir konnten Fakten auf den Tisch legen, übertriebene Behauptungen zurechtrücken und die Emotionalität aus der Diskussion etwas herausnehmen. Jetzt muss man überlegen, was dieser Wert bedeutet. Analytische Chemie im Verbraucherschutz – übrigens auch ein wichtiges Thema der Analytica Conference 2002 in München - bedeutet, dass wir hier wirklich etwas Konkretes für den Verbraucher tun konnten.“

LifeCom
SYMPOSIUM & EXPOSITION

INTERNATIONAL SYMPOSIUM FOR LIFE SCIENCES

an der

**Heinrich-Heine-
Universität
Düsseldorf**

**12. - 14.
März
2002**

Vorträge

Firmenseminare

Workshops

Praxiskurse

Poster

Industrierausstellung

Heinrich Heine
**HEINRICH HEINE
UNIVERSITÄT
DÜSSELDORF**

Der Natur abgeschaut und im Labor nachgebaut

Welche Gene lassen Pflanzen in der Wüste wachsen? Welche Gene erhöhen den Gehalt an gesunden Ölen und Vitaminen in Pflanzen? Die ersten Genome, die „genetischen Blueprints“, von Pflanzen sind zwar bereits entschlüsselt, damit lassen sich aber die Fragen nach der Funktion der Gene noch nicht eindeutig beantworten.

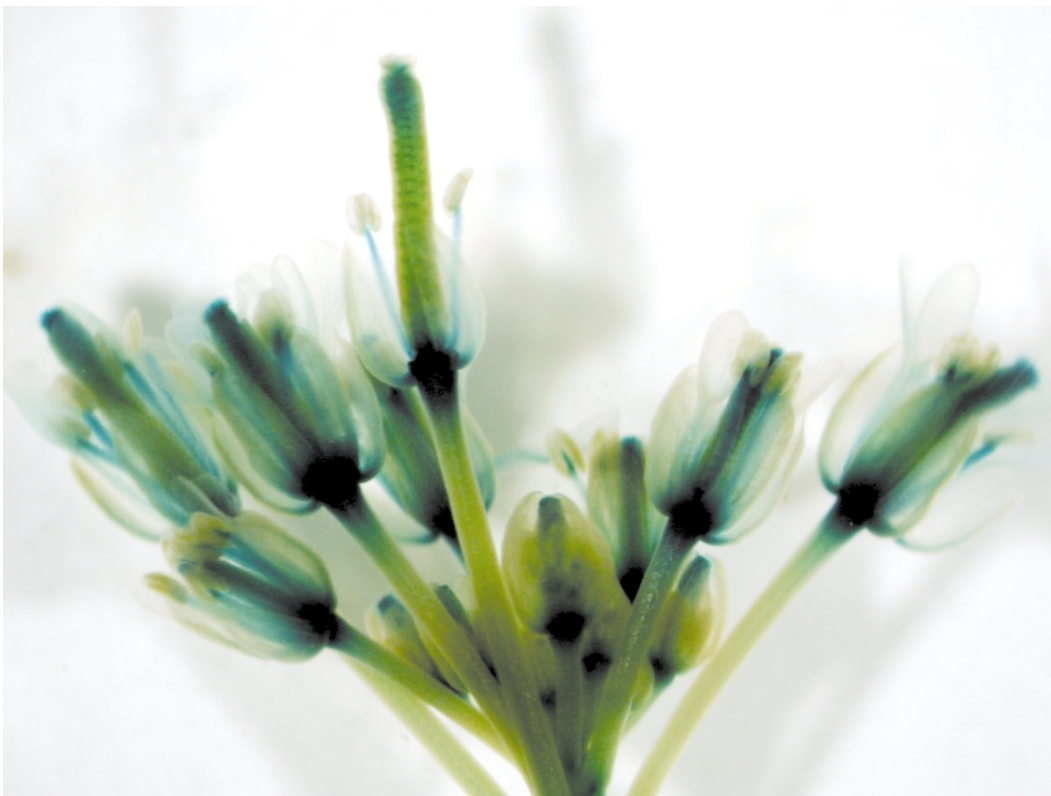
Die Zahl der Gene in Pflanzen wird auf ungefähr 25 000 geschätzt (zum Vergleich: Bakterien: 1 500, Hefe: 6 000, Mensch: 34 000). Bis heute kennt man die Funktion von höchstens 10 Prozent dieser Gene. Um das enorme genetische Potenzial von Pflanzen nutzen zu können, müssen die Funktionen der rest-

lichen 90 Prozent aufgeklärt werden. Wie kann man aber auf Basis der Gen-Information erkennen, welches Gen welche Funktion in der Pflanze ausübt und wie die Gene gesteuert werden? Der schnellste Weg zur eindeutigen Identifizierung der Genfunktion ist die Untersuchung der Wirkung einzelner Gene direkt auf den Stoffwechsel und die Leistungsfähigkeit von Pflanzen.

Die Übersetzung der Gen-Information in Gen-Funktionen geschieht bei allen Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen nach dem gleichen Prinzip, über mehrere Stufen, gesteuert in komplexen Netzwerken. Bei der BASF-Tochterfirma metanomics in Berlin werden die Gene identifiziert, die für die Ausprägung einer

gewünschten Eigenschaft in einer Pflanze verantwortlich sind. Sie klärt im Hochdurchsatz (über 100.000 Experimente im Jahr) die Funktion von Genen auf, indem sie Veränderungen im Stoffwechsel der Pflanzen charakterisiert. Das Ziel ist, alle 25.000 Gene in Pflanzen auf ihre Funktion zu untersuchen. Dazu sind mehrere hunderttausend Experimente notwendig, um die komplexen Zusammenhänge zwischen Genen, ihren Funktionen sowie die Regulation der Gen-Funktionen zu erforschen.

Als Test- oder Modellpflanze wird unter anderem *Arabidopsis thaliana* (Ackerschmalwand), das „Haustier“ der Pflanzenbiotechnologie, genutzt. Wichtige Vorteile dieses Ackerkrautes für die Forschung: Der gene-



Mit Hilfe eines Farbtests lässt sich erkennen, in welchen Teilen einer Blüte gerade bestimmte Gene aktiv sind. Entscheidend für die Aktivität sind Genschalter, so genannte Promotoren. Bei dem Farbttest wird ein Promotor mit einem Enzym-Gen gekoppelt. Aktiviert der Promotor dieses Gen in einem Gewebe der Pflanze, so färbt sich dieses bläulich. Für die Pflanzenbiotechnologie sind Promotoren interessante Forschungsobjekte. Denn oft wollen die Forscher mit gentechnischen Methoden ein neues Merkmal erzeugen, das nur in einem bestimmten Pflanzengewebe ausgeprägt sein soll.



Sorgfältig verpackt ein Mitarbeiter des BASF-Jointventures metanomics Blütenstände von Arabidopsispflanzen. Dieses Ackerunkraut ist für die Forscher auf dem Gebiet der Pflanzenbiotechnologie ein ideales Studienobjekt zur Erarbeitung wertvollen Grundlagenwissens.

tische Bauplan ist bekannt, die Pflanze enthält weitgehend alle Gene von Kulturpflanzen, sie wächst schnell und produziert enorm viele Nachfahren. Die in Arabidopsis eingeschleusten molekularen Werkzeuge schalten ihre eigenen Gene an oder aus.

Über 100 000 genetische Typen

Einer der wichtigen Meilensteine, die metanomics bereits erreicht hat, ist die Produktion einer Kollektion von über 100 000 unterschiedlichen Linien, das heißt genetischen Typen, von Arabidopsis. Ihre einzigartige Qualität besteht darin, dass in jeder Linie nur ein Gen verändert ist. Dies ist entscheidend, um bei den nachfolgenden Funktionsprüfungen dieser Pflanzen interessante Funktionsänderungen rasch und eindeutig auf ein bestimmtes Gen zurückführen zu können.

Mit zielgerichteten Verfahren werden die Veränderungen von Pflanzeninhaltsstoffen untersucht, die besonderen kommerziellen oder wissenschaftlichen Wert besitzen, zum Beispiel Vitamine, Öle, Zucker und Aminosäuren. Zusätzlich setzt metanomics ein neuartiges analytisches

Screening-Verfahren ein, mit dem auch Veränderungen von bislang unbekannt Substanzen erfasst werden. Hier konzentriert sich das Unternehmen nicht auf bestimmte Zielsubstanzen, sondern sammelt und bewertet die enorme Zahl aller analytischen Signale, die während einer Stoffwechselanalyse anfallen.

Das Ergebnis der Untersuchung einer Pflanzenlinie kann zum Beispiel sein: Der Gehalt der Pflanze an einer bestimmten Fettsäure ist dramatisch gesunken. Ist in dieser Pflanze ein bestimmtes Gen abgeschaltet, kann damit dieses Gen für die Produktion der speziellen Fettsäure eindeutig identifiziert werden. Ein neues Leitgen ist gefunden. Parallel zur Stoffwechselanalyse werden die Einflüsse der Gene auf weitere wichtige Eigenschaften von Pflanzen gemessen, etwa auf das Aussehen, die Leistungsfähigkeit und die Stressresistenz.

Die große Zahl unterschiedlichster Untersuchungen führt zu riesigen Mengen an komplexen Daten. Metanomics produziert pro Jahr mehr als 20 Millionen Datenfiles und Datenmengen von mehreren Terabyte (mehrere tausend Gigabyte). „Mit Hilfe eines eigens entwickelten Softwaresystems

filtern und identifizieren wir aus diesen komplexen Daten die wertvollen und interessanten Gen-Wirkungsbeziehungen und Steuerungsmechanismen“ sagt Dr. Arno Krotzky, Geschäftsführer der metanomics GmbH & Co. KGaA. „Es entsteht dadurch allmählich ein immer klareres Bild, wie Gene in Pflanzen funktionieren und wie sie geregelt werden.“

Neue pflanzliche Leitgene

Die Ergebnisse sind neue pflanzliche Leitgene, das heißt Gene, mit denen die Leistungsfähigkeit, Resistenz, der Ernährungswert oder auch die industrielle Nutzung von Pflanzen verbessert werden können. Diese Leitgene stellt metanomics den Entwicklungsplattformen der BASF Plant Science zur Verfügung, die dann die Verbesserungen in Kulturpflanzen bis zum Marktprodukt weiterentwickeln. Der Forschungsansatz der metanomics zeigt bereits Erfolge: Gene zur Erhöhung der Stresstoleranz wurden identifiziert, darüber hinaus Gene, die den Gehalt an wichtigen Pflanzeninhaltsstoffen, wie gesunden Fetten und Ölen, entscheidend beeinflussen. Die ersten Patente zu diesen Leitgenen wurden bereits angemeldet.

Sind die gesuchten Leitgene identifiziert, charakterisiert und – um eine kommerzielle Nutzung zu ermöglichen – in ihrer Funktion patentiert, müssen sie in die gewünschte Kulturpflanze, deren Eigenschaften wir verändern wollen, „eingebaut“ werden. Dieser Vorgang wird als Transformation bezeichnet. Es gibt verschiedene Transformationstechniken, die je nach Pflanzenart unterschiedlich effektiv sind. Die Herausforderung besteht darin, isolierte Gene mit möglichst hoher Ausbeute gezielt, stabil und sicher in die Pflanzen einzubringen. Um schnell das notwendige Know-how zu erarbeiten, hat die BASF dazu interne und externe Ressourcen gebündelt. Die Sun-



Welche Gene lassen Pflanzen auf versalzten Böden wachsen? Wie kann man den Gehalt an wertvollen Ölen und Vitaminen erhöhen? Die BASF Plant Science GmbH arbeitet mit moderner Biotechnologie an Kulturpflanzen, die Ernteaufträge vermeiden helfen und eine gesündere Ernährung ermöglichen. In etwa fünf Jahren sollen die ersten Produkte auf den Markt kommen.

Gene GmbH & Co. KGaA ist ein Jointventure der BASF Plant Science GmbH mit Professor Dr. Uwe Sonnewald, Dr. Karin Herbers und dem Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK) in Gatersleben.

Dabei gibt es zwei Schwerpunkte:

- Biotechnologische Verfahren zur nachhaltigen Herstellung von wertvollen Inhaltsstoffen in Pflanzen.
- So genannte Enabling-Technologien. Das sind die Werkzeuge, mit denen man die Eigenschaften von Pflanzen gezielt verändern kann.

Wie die Mikroorganismen besitzen auch Pflanzen komplexe metabolische Netzwerke. Viele enzymatische Synthesewege wirken zusammen, um aus Wasser, Kohlendioxid und Licht wertvolle Inhaltsstoffe herzustellen. Die Extraktion dieser Verbindungen aus Pflanzen ist heute nur in wenigen Fällen wirtschaftlich von Bedeutung, da ihre Konzentration in den Pflanzen viel zu gering ist. „Deshalb wollen wir den Gehalt solcher wertvollen Inhaltsstoffe

deutlich steigern“, berichtet Dr. Harald Seulberger, Geschäftsführer SunGene GmbH & Co. KGaA. „Können wir so die Herstellung in der Pflanze wirtschaftlich machen, würde das in besonderer Weise der Anforderung der Nachhaltigkeit entsprechen.“ Der Schlüssel zu einem solchen Verfahren liegt im Verständnis der komplexen Stoffwechselwege.

Steigerung des Vitamin-E-Gehaltes

Die gentechnische Beeinflussung dieser Stoffwechselwege mit dem Ziel, einzelne Synthesewege stärker ablaufen zu lassen, bezeichnet man auch als „Metabolic Engineering“. SunGene arbeitet dabei an einem konkreten Beispiel: an der Steigerung des Vitamin-E-Gehaltes von Ölpflanzen. Vitamin E hat eine wichtige Funktion bei der Prävention von Krankheiten wie etwa Arteriosklerose. Es schützt nämlich unter anderem Membranlipide und Vitamin A vor der Oxidation durch Sauerstoffradikale, die im Zellstoffwechsel entstehen. So verhindert es Schäden an Blutgefäßen, am Ner-

vensystem, am Immunsystem und an der Muskulatur.

„Wenn wir die Synthese von Vitamin E verstärken wollen“, so Seulberger, „müssen wir zunächst herausfinden, an welcher Stelle des pflanzlichen Stoffwechsels wir ansetzen können.“ Der Syntheseweg ist bekannt: Über den Shikimisäureweg und den Isoprenoidweg werden zwei Bausteine gebildet, aus denen dann in den eigentlichen Biosyntheseschritten das Vitamin entsteht. Fast alle daran beteiligten Enzyme und die dazugehörigen Gene waren schon beschrieben. Zwei zu Projektbeginn unbekannte Enzyme, die Homogentisat-Phytyltransferase und die 2-Methyl-6-Phytylchinol-Methyltransferase sowie die dazugehörigen Gene haben die Forscher selbst aufgeklärt.

Die Frage ist jetzt, ob sich durch eine Verstärkung oder Abschwächung der Enzymaktivität für einen bestimmten Biosyntheseschritt im Vitamin-E-Stoffwechsel eine Steigerung des Vitamin-E-Gehalts erreichen lässt. Ein wichtiger Schritt ist bereits gelungen: In den Modellpflanzen Tabak und *Arabidopsis thaliana* konnten SunGene-Wissenschaftler zeigen, dass Enzyme des Shikimisäurewegs eine bedeutende Rolle spielen. Durch Überexpression bestimmter Gene für Enzyme aus diesem Stoffwechselweg konnte der Vitamin-E-Gehalt in den Blättern bis auf das Dreifache gesteigert werden.

Damit wurde auch der Nachweis erbracht, dass durch die Verstärkung von bestimmten Biosynthesegenen der Gehalt an Vitamin E in Pflanzen erhöht werden kann. Im Test ist nun eine neue Genkombinationen, um den Gehalt noch weiter zu steigern.

Die richtigen Werkzeuge schaffen

Zur Entwicklung von Kulturpflanzen mit neuen Merkmalen braucht man die entsprechenden Werkzeuge, Enabling-Technologien. Das sind alle Technologien, um Gene in Kulturpflanzen einbringen und in ihrer Wirkung beeinflussen zu können. Bei der Entwicklung solcher Technologien achten die Wissenschaftler besonders darauf, transgene Pflanzen so sicher zu machen, dass von ihnen für Mensch, Tier

und Umwelt keinerlei Gefahr ausgehen kann.

Obwohl jede Zelle einer Pflanze die gleiche Genausstattung hat, sind manche Gene nur in den Blättern, andere nur in der Wurzel aktiv. Verantwortlich für diese Unterschiede sind Genschalter, so genannte Promotoren, die direkt vor den entsprechenden Genabschnitten sitzen und nur in bestimmten Geweben auf „an“ stehen. „Für uns sind diese Promotoren interessante Forschungsobjekte“, meint Seulberger. „Oft wollen wir nämlich mit gentechnischen Methoden ein neues Merkmal erzeugen, das nur in einem bestimmten Pflanzengewebe ausgeprägt sein soll. Wie etwa beim Vitamin E: Hier wollen wir die Synthese vor allem im Samen verstärken, damit das Vitamin später einfach aus dem Öl der Samen gewonnen werden kann.“

Zusammen mit dem IPK identifizierten Seulberger und seine Kollegen einen samenspezifischen Promotor aus der Ackerbohne. Zunächst wurde untersucht, welche Proteine im Samen der Ackerbohne spezifisch und besonders häufig vorkommen. Tatsächlich identifizierte man ein Speicherprotein und

den dazugehörigen Promotor.

Ist dieser Promotor aber tatsächlich samenspezifisch? Dazu wurde die Promotor-DNA mit einem anderen Enzym-Gen gekoppelt. Wird dieses Gen durch den Promotor „angeschaltet“, dann bildet es ein Enzym namens β -Glucuronidase, das im pflanzlichen Gewebe zu einer blauen Farbreaktion führt. Mit diesem Farbttest wurde in verschiedenen Pflanzen gezeigt, dass der Promotor wie gewünscht nur im Samen aktiv ist und nicht in anderen Geweben.

Transgene Pflanzen sicher erkennen

Eine andere wichtige Enabling-Technologie bezieht sich auf Markergene zur Selektion von transgenen Kulturpflanzen. Man braucht solche Markergene, um Pflanzen, in die man ein neues Gen eingebracht hat, von solchen zu unterscheiden, die unverändert sind. Beim Übertragen von Genen mit einem verbesserten Merkmal, der Transformation, nimmt nämlich im Schnitt nur eine von 10.000 Pflanzenzellen die DNA mit dem neuen Merkmal auf. Man bringt also

mit dem Gen für das verbesserte Merkmal auch ein Gen zur eindeutigen Selektion der transformierten Zelle ein. Bisher nutzt man hier meist Markergene, die eine Antibiotikaresistenz bewirken. Diese Marker sind in die öffentliche Kritik geraten, da man eine Übertragung der Resistenz auf Krankheitserreger befürchtet.

Als mögliche Alternative untersuchen die Forscher von SunGene eine Phosphatase aus der Bäckerhefe. Sie erlaubt eine einfache Unterscheidung zwischen transformierten und nicht-transformierten Zellen, indem nur die veränderten Zellen in einem bestimmten Medium überleben. Dies macht eine traubenzuckerähnliche Verbindung 2-Desoxyglucose möglich, die nach der Transformation dem Pflanzenregenerationsmedium zugefügt wird. Diese Verbindung – sie kommt in der Natur nicht vor – wird wie ein normaler Zucker von der Pflanze aufgenommen, mit einer Phosphatgruppe versehen und wirkt dann toxisch auf die Zelle. Bringt man zusammen mit dem merkmalsverändernden Gen die genannte Phosphatase ein, wird die Phosphatgruppe sofort wieder abgespalten, und die Pflanze mit den neuen Eigenschaften überlebt.

Dieses System wurde inzwischen erfolgreich an der Modellpflanze Tabak getestet. Die Anwendung bei anderen Kulturpflanzen wird zurzeit untersucht. Im Gewächshaus zeigte sich, dass der Stoffwechsel der Pflanzen durch die eingefügte Phosphatase nicht beeinflusst wird. Und für die Zukunft? „Für das nächste Jahr planen wir gemeinsam mit dem IPK entsprechende Freilandversuche mit Kartoffeln, die den neuen Selektionsmarker enthalten“, berichtet Seulberger.

Bettina Furchheim

Wie hier beim Forschungs-Jointventure SunGene in Gatersleben (Sachsen-Anhalt) arbeiten Forscher der BASF Plant Science GmbH weltweit daran, Pflanzen resistenter gegen Kälte und Trockenheit zu machen, ihre natürlichen Inhaltsstoffe wie beispielsweise Vitamine zu verbessern oder eine höhere Ausbeute an Ölen, Proteinen und Kohlenhydraten zu erzielen.



Titankapsel schützt vor Vakuum

Die amerikanische Raumsonde „2001 Mars Odyssey“ kreist seit Oktober um den Mars. Im Moment schwenkt sie sich gerade in ihre endgültige Umlaufbahn ein, um im Februar mit den geplanten Messungen zu beginnen. Mit an Bord ist eine kleine Blechkapsel aus Titan, die Ingenieure der Zentralabteilung Technologie des Forschungszentrums Jülich mitentwickelt und -konstruiert haben. Sie schützt einen Germanium-Detektor, der Gammastrahlen misst.

Die neueste Mars-Mission der NASA widmet sich vor allem wieder der Frage nach Wasservorkommen auf dem Roten Planeten. Daneben fahndet die Sonde „2001 Mars Odyssey“ aber auch nach Mineralien. Dazu haben drei Spürnasen mit den wohlklingenden Namen THEMIS, GRS und MARIE an Bord der Odyssey die lange Reise zum Mars angetreten.

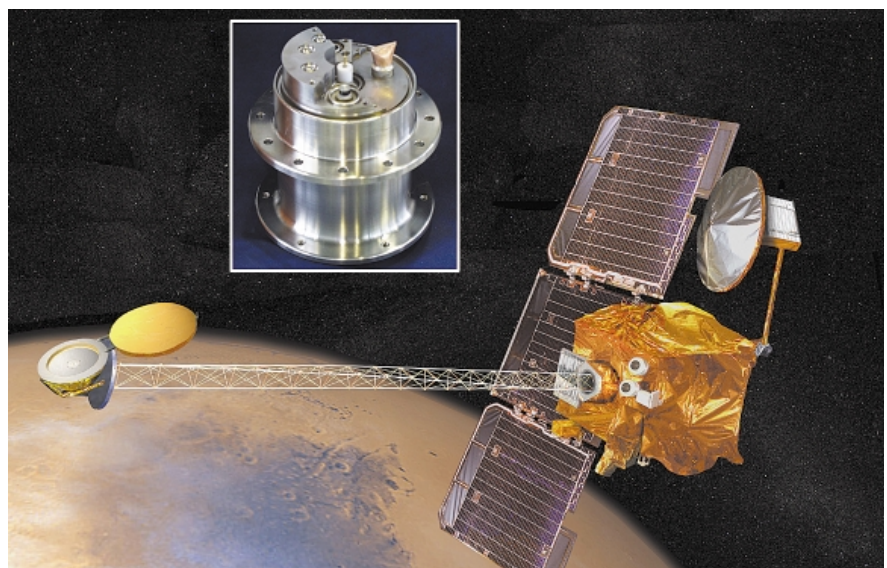
GRS steht für „Gamma Ray Spectrometer“. Jedes chemische Element sendet bei Bombardierung mit kosmischer Strahlung Gammastrahlen aus, anhand derer es identifiziert werden kann. Darüber hinaus verrät die Intensität dieser charakteristischen Strahlung etwas über die Häufigkeit des Elements. Der eigentliche Gammastrahlen-Detektor ist ein Einkristall aus Germanium. Er sitzt auf der „Mars Odyssey“ am Ende eines sechs Meter langen Auslegers, der zu Beginn der Messungen ausgefahren wird. Zum Schutz ist der hoch empfindliche, etwa Kaffeetassen große Kristall in eine vakuumdichte Verpackung aus Titan eingeschweißt.

Detektoren aus Germanium sind die empfindlichsten Gamma-Schnüffler der Welt. Als Wissenschaftler vom Institut für Kernphysik (IKP) und der Zentralabteilung Technologie (ZAT) des Forschungszentrums Jülich, der Universität Köln und der französischen Firma Eurisys Mesures (damals noch Intertechnique) vor mehr als zehn Jahren ein Verfahren entwickelten, um solche Germanium-Detektoren zum Schutz vor äußeren Einwirkungen ultrahochvakuum-

dicht einzuschweißen, hätten sie wohl nicht gedacht, dass sich die NASA eines Tages dafür interessieren könnte. Sie wollten die Detektoren hauptsächlich in der Grundlagenforschung einsetzen wie zum Beispiel in dem vom Jülicher Forscher Prof. Rainer M. Lieder initiierten, weltweit größten Gammaskpektrometer „Euroball“. Mittlerweile sind die „hermetisch gekapselten Germanium-Detektoren“ patentiert – eingepackt in eine Aluminium-Dose aus Jülich verrichten sie auch in der Umwelttechnik und als Gammastrahlen-Teleskop, das um die Erde kreist, ihre Arbeit.

Da Aluminium neben etwa 20 weiteren chemischen Elementen selbst auf der Fahndungsliste der NASA-Wissenschaftler steht, ist die Alu-Kapsel für den Ausflug zum Mars ungeeignet. Der Ausweg: Titan. Doch Titan ließe sich angeblich nicht schweißen, hieß es. „Wir haben aber gezeigt, dass man Titan doch schweißen kann“, erzählt Hans Kämmerling, von der ZAT. Unter Leitung von Dr. Rudolf Lison wurde in der Fachgruppe „Sonderverfahren und Entwicklung“ ein Schweißverfahren entwickelt, das alle Anforderungen der NASA erfüllte. Deshalb erhielt die Detektor-Firma Eurisys den Auftrag: Wie

Am Ende des sechs Meter langen Auslegers der Sonde „2001 Mars Odyssey“ misst ein Germanium-Detektor, eingeschweißt in eine Titan-Kapsel aus Jülich (kleines Bild), Gammastrahlen auf dem Roten Planeten (Bilder: Forschungszentrum Jülich).



Schülerwettbewerb: Lernsoftware für Naturwissenschaft

Wer hat Spaß daran, „trockene“ Fakten aus den Naturwissenschaften, der Mathematik oder Informatik in spannende Computerprogramme umzuwandeln? Bis zum 15. Juni können sich Schülerinnen und Schüler von der ersten Klasse bis zum Abitur um den Klaus Tschira Preis für Jugendsoftware 2002 bewerben. Die Klaus Tschira Stiftung vergibt den Preis in drei Alterskategorien. Es sind sowohl einzelne Bewerbungen möglich als auch Arbeiten von Gruppen oder ganzen Klassen.

Eingereicht werden können:

- interaktive Multimediaprogramme, die Wissen aus den erwähnten Bereichen besonders anschaulich und unterhaltsam vermitteln
- Software mit Simulationen von naturwissenschaftlichen Phänomenen oder Experimenten.

Gesucht werden ideenreiche Programme, die die Faszination der Physik, Chemie, Biologie, Mathematik oder Informatik spielerisch vermitteln. Weitere Informationen findet man unter www.lmz-bw.de.

schon beim Gammaskpektrometer „Euroball“ produziert Eurisys die Germanium-Detektoren und lässt sie am Forschungszentrum Jülich verpacken.

Instrumentelle Analytik

G. Rücker, M. Neugebauer, G. Willems: **Instrumentelle pharmazeutische Analytik. Lehrbuch zu spektroskopischen, chromatographischen, elektrochemischen und thermischen Analysemethoden.** Dritte, völlig neu bearbeitete Auflage. XX + 709 Seiten mit 238 Abb. und 78 Tab. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart. ISBN 3-8047-1739-X. Euro 76,-.

Die erste Auflage dieses Lehrbuches erschien 1988, die jetzt vorzustellende dritte Auflage im Frühjahr 2001. Die gegenüber der 2. Auflage deutlichen Veränderungen sind uneingeschränkt als Verbesserungen anzusehen. Der nun einspaltige Satz läßt im 5 cm breiten Rand genügend Platz für Randbemerkungen, die oft durch Hervorhebungen des Wesentlichen eine nützliche Lernhilfe sind. Der frühere Anhang wurde nun zum ersten Kapitel „Bewertung von Analysemethoden“ (32 Seiten). Es ist empfehlenswert, die Begriffe dieses Abschnittes für die folgenden Kapitel verinnerlicht zu haben, da zur instrumentellen Analytik die Qualifi-

zierung und Validierung von Meßgeräten und Methoden gehört. Für die weiteren vier Hauptkapitel (Anzahl der Seiten in Klammern) zeichnen verantwortlich: Rücker, Kapitel II „Optische und spektroskopische Analysemethoden“ (348), Neugebauer, Kapitel III „Chromatographische Analysemethoden“ (102), Willems, Kapitel IV „Elektrochemische Analysemethoden“ (172) sowie Kapitel V „Thermische Analysemethoden“ (27). Die Literaturhinweise stehen jeweils am Ende eines Abschnitts bzw. Kapitels. Den Abschluß des Buches bildet ein 16 Seiten umfassendes Sachregister.

Die Darstellung der Sachverhalte, die Erklärungen der Methoden und der Geräte ist durchweg sehr gelungen, unterstützt durch die guten Graphiken. Farbige Abbildungen fehlen, dafür kann das Preis-/Leistungsverhältnis als sehr gut bezeichnet werden.

Dieses Buch ist ein absolutes Muß für jedes Labor, in dem Auszubildende, Studenten und Praktikanten in instrumenteller Analytik unterwiesen werden! Der gebotene theoretische Hintergrund ist selbst

für das Pharmazie-Studium absolut ausreichend. Hilfreich für die praktische Durchführung der beschriebenen Analysemethoden sind die Hinweise auf weiterführende, auch neueste Publikationen zum jeweiligen Thema.

Auf der Rückseite des Buches steht: „Der etablierte Wagen der Oberklasse unter den Lehrbüchern zur instrumentellen Analytik. Ein noch stärkerer Motor in neu gestalteter Karosserie für komfortables Fahrgefühl. Schalten Sie eine Gang hoch... und genießen Sie das einzigartige Fahrerlebnis und die sichere Straßenlage – im Studium und im Beruf.“ Ganz so würde ich das Buch sicher nicht beschreiben, empfehle es aber uneingeschränkt dem von den Autoren angesprochenen Leserkreis.

Elke Hahn-Deinstrop

Spezielle Chemiegeschichte

Ute Deichmann: **Flüchten, Mitmachen, Vergessen. Chemiker und Biochemiker in der NS-Zeit.** XII + 596 Seiten mit zahlreichen Abbildungen und Tabellen. WILEY-VCH, Weinheim. ISBN 3-527-30264-6. Euro 34,90.

Dieses Buch erschien bei WILEY-VCH in der Reihe „Erlebnis Wissenschaft“. Aus dieser Reihe hat CLB schon mehrfach Bücher vorgestellt, zuletzt im November des vergangenen Jahres. Bei dem vorliegenden Buch trifft der Reihentitel ganz besonders zu: Dem Leser werden nicht nur Wissenschaftler vorgestellt, sondern auch ihre Arbeiten, und das Lesen des Buches wird zum Erlebnis.

In der Einleitung erhält der Leser einen Überblick über das, was ihn erwartet. Um Missverständnissen vorzubeugen, erklärt die Autorin am Ende ihrer Einleitung den Begriff Jude. Das erste Kapitel behandelt die Zeit bis 1933, auch zu dieser Zeit gab es bekanntlich jüdische Wissenschaftler. Als Stichwörter mögen hier Fritz Haber und der Gaskrieg im Ersten Weltkrieg genügen.

Das zweite Kapitel ist in der Hauptsache dem Jahr 1933 mit der Vertreibung jüdischer Wissenschaftler und dem Verhalten nichtjüdischer deutscher Kollegen gewidmet, doch die Autorin unternimmt – Fritz Haber betreffend – auch einen Ausflug in die Zeit nach 1945. Hieran schließen sich sechs weitere Kapitel und eine Zusammenfassung an. In ihnen erfährt der Leser viel über die wissenschaftliche Bedeutung von Emigranten der Chemie und Biochemie in ihren Zufluchtsländern, über die Forschung und Karrieren einzelner Chemiker und Biochemiker im nationalsozialistischen Deutschland, aber auch über die Auswirkungen des Nationalsozialismus auf Chemie und Biochemie in Deutschland.

Die heutige breite Öffentlichkeit hat keine Ahnung davon, was deutsche Chemiker und Biochemiker während der mehr als 12 Jahre getan bzw. nicht getan haben, und selbst die heutigen Chemiker wissen es in der Regel nicht. Würde ich hier einen Namen nennen, so wäre dies nicht fair gegenüber einem Nichtgenann-

ten, gleich aus welchem Anlass. Zwar habe ich die Wissenschaft in dieser Zeit nicht erlebt, aber die Zeit noch in guter Erinnerung. Die Ausführungen über einige Wissenschaftler, die

ich später auf Tagungen erleben konnte oder mit denen ich sogar sprechen konnte, haben mich natürlich besonders gefesselt und oft sehr nachdenklich gemacht.

Ein gewisses Interesse an der Geschichte der Chemie und an ihren Persönlichkeiten muss jeder mitbringen, der sich diesem Buch zuwendet. Das Werk der Autorin – es ist ihre Habilitationsschrift – ist aber nicht nur ein Geschichtsbuch, es ist auch ein Chemiebuch, denn es ist voller Fakten und Zusammenhänge aus unserem Fach, die man sonst nicht in Lehrbüchern findet.

R. Ellmer



The global Lab – Science in the E-frame

Zu einem Workshop mit dem in der Überschrift angegebenen Thema hatte die Zentrale Forschung der Bayer AG Anfang Dezember 2001 eingeladen. Die über 210 Teilnehmer des Workshops waren Mitarbeiter des Unternehmens oder kamen von Hochschulen, Firmen, Behörden und von der Presse. Viel benutzt wurde an diesem Tag auch der Begriff E-science. Während das E meistens für Electronic steht, stellte sich (allerdings erst am Nachmittag) heraus, dass E-science (mal) nicht aus USA, sondern aus England kommt und enhanced science bedeutet. CLB kann dem Lesern nur einen kleinen Ausschnitt aus der Infor-

Professor Heiker, Leiter der Zentralen Forschung der Bayer AG, betonte eingangs, dass Science in the E-frame eine Notwendigkeit für jedes international tätige Unternehmen ist, das Industrieforschung betreibt und nach Prozessen zur Effizienzsteigerung bei Forschung und Entwicklung sucht. Das Ziel muss sein, die Einstellungen der Forscher und die Prozesse der Zusammenarbeit so weiter zu entwickeln, dass Freiräume bestehen bleiben und das Ziel des Nutzens für den Menschen nicht aus dem Auge verloren wird. Der Ressortleiter Hochschulkontakte/Wissensmanagement der Bayer AG, Professor Jörg Stetter, erinnerte daran, dass sich rund um den Globus in großer Vielfalt Wissenschafts-Netzwerke gebildet haben, durch die Wissen über nationale, ethnische und weltanschauliche Grenzen hinweg transportiert und ausgetauscht wird. Jetzt gehe es darum, die isolierten Netzwerke zu ver-

knüpfen. Der Bayer-Konzern knüpft stetig Kontakt- und Kooperationsnetzwerke mit Start-up-Firmen, privaten und öffentlichen Forschungsinstituten und Hochschulen. Vorhandene Beispiele zeigen, was heute schon möglich ist und was in Zukunft noch erwartet werden kann. Stetter zeigte sich überzeugt, dass durch bessere Koordination und Kommunikation die Forschungs- und Entwicklungszeiten verkürzt werden und das Forschungsbudget besser genutzt wird.

Jenseits des Kanals

Professor Hey zeigte auf, was derzeit in Großbritannien geschieht. Dort wurde zwar nicht der Euro eingeführt, aber man gibt viel Geld von verschiedenen Quellen für ein Hochleistungsnetz und die zugehörige Software aus. Das Netz soll nicht nur der Wissenschaft, sondern z. B. auch dem Gesundheitsdienst Nutzen bringen. Alle Netz-Zentren werden mit der gleichen Software betrieben. Im Endstadium soll es z. B. möglich sein, ganz unterschiedliche Datenbanken zu einer großen Datenbank und multidisziplinäre Simulationen zusammen zu führen.

Die Europäische Union schenkt laut Dr. Grabert dem Thema Forschung große Aufmerksamkeit. Derzeit gibt die EU vier Prozent ihres Budgets aus, um internationale Forschungsprojekte – auch im Bereich der Informationstechnologie – zu fördern und damit Hochschulen und Industriefirmen aus Ländern der ganzen Welt zusammen zu bringen. Leider sind nationale Regularien oft ein Hindernis.

Nur die Gedanken sind frei

In einem exzellenten Vortrag ging Rechtsanwalt Brenner aus Bonn auf die rechtlichen Rahmenbedingungen zu diesem Thema ein, z. B. Urheberrecht, Patentrecht und Arbeitnehmererfindung. Wenn die Gedanken oder die Arbeitsergebnisse eines Urhebers oder Erfinders als Text, Sprache, Bild oder als Teil einer Sache in Kontakt mit Dritten getreten sind, kann die Rechtsposition des Urhebers/Erfinders nur noch schwer gesichert werden, wenn dies nicht schon geschehen ist. Oder einfacher: Was in Fachzeitschriften oder gar im Internet veröffent-

licht wurde, wird stand der Technik und ist nicht mehr patentfähig.

Realitäten und Wünsche

Professor Conrady wies darauf hin, dass das Internet längst die kritische Masse überschritten hat, denn gut 50 Prozent aller Deutschen zwischen 14 und 69 Jahren nutzen das Internet. Auf der ganzen Welt bedienen sich etwa 480 Millionen Menschen des Internets. 88 Prozent aller Internet-Nutzer informieren sich vor dem Kauf eines Produktes im Internet; 37 Prozent davon treffen bereits eine Kaufentscheidung vor dem Bildschirm. 50 Prozent aller Dotcom-Firmen (.com) machten im Jahre 2001 Gewinn; 22 Prozent stehen kurz vor der Gewinnschwelle. Wie der Vortragende Erwartungen und Realität von Internet und E-Business einschätzt, ist unten abgebildet. Professor Conrady ist davon überzeugt, dass Forschung und Entwicklung durch E-Science in zeitlicher, räumlicher und qualitativer Hinsicht optimiert werden. Der Endverbraucher kann damit rechnen, dass er künftig in weit stärkerem Maße in Forschungs- und Entwicklungsprozesse integriert wird. Mass Customization – der Kunde wird zum Entwickler – ist ein Megatrend.

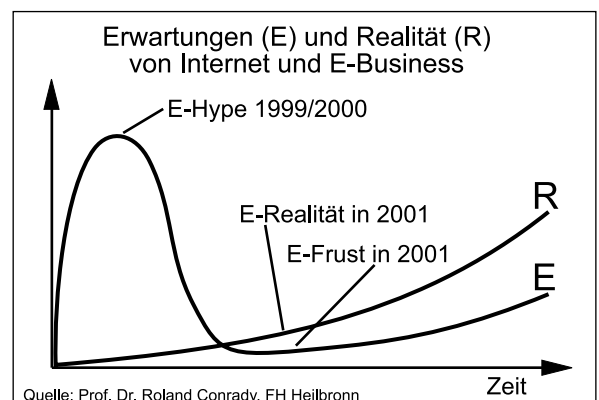
Instrumente der E-Science

Welche Instrumente vorhanden sind und welche in Zukunft für E-Science gebraucht werden, erläuterte Professor Jessen von der TU München, derzeit auch Präsident des Deutschen Forschungsnetzes (DFN). Seine Ausführungen über Computer, Netze, Speicherung und Auffindung von Wissen sollen im nächsten CLB-Heft auf der Software-Seite ausführlicher vorgestellt werden.

R. Ellmer



Gastgeber am 5. 12. im Kommunikationszentrum der Bayer AG in Leverkusen war Prof. Dr. Fred-Robert Heiker., ab 1995 Leiter der Forschung Pharma, ab 1996 Leiter der Forschung Pflanzenschutz, seit Januar 2000 Leiter des Unternehmensbereiches Zentrale Forschung.



Degussa will bei F&E Exzellenz und Zielorientierung

Nichts mehr mit Gold und Silber zu tun hat die Degussa, 1873 als „Deutsche Gold- und Silberscheideanstalt“ gegründet. Vielmehr handelt es sich bei dem Unternehmen, dessen neuer Verwaltungssitz bewusst fernab des historischen Stammsitzes Frankfurt nach Düsseldorf gelegt wurde, um das drittgrößte deutsche Chemieunternehmen und um das zweitgrößte Unternehmen in dem Bereich Spezialchemie weltweit. Und das auch nach noch durchzuführenden Desinvestitionen, betonte Prof. Dr. Utz-Hellmuth Felcht Mitte Dezember auf der Veranstaltung „Degussa Meets Science“.

Diese Konzentration auf die Spezialchemie und das Abstoßen von Bereichen, die nicht dem Kerngeschäft angehören, nannte der Degussa-Chef als eine der drei Aufgaben, die gleichzeitig durchzuführen seien. Die zweite ist die Strukturierung des neuen Konzerns, die dritte ist Wachstumsorientierung. Der jüngste wichtigste Schritt der letztgenannten Aufgabe ist der Erwerb der Britischen Firma Laporte für 1,8 Mrd. Euro. Mittelfristig will das Unternehmen seinen Umsatz insbesondere in der Wachstumsregion Asien deutlich ausweiten. In den Kerngeschäften erzielt Degussa derzeit mit etwa 45 000 Mitarbeitern einen Umsatz von rund 10 Mrd. Euro. Insgesamt beschäftigte das Unternehmen Ende September 2001 57 532 Mitarbeiter. Der Umsatz von Januar bis September 2001 betrug 12,4 Mrd. Euro; davon entfielen auf das Kerngeschäft 8,3 Mrd. Euro.

Den etwa 200 Teilnehmern der Veranstaltung stellte Felcht als strategisches Ziel des Unternehmens ein jährliches organisches Wachstum (ohne Akquisitionen) von fünf Prozent vor. Der Weg dahin führe über innovative Lösungen hinsichtlich neuer Produkte und Dienstleistungen. Daher hänge die Spezialchemie von exzellenter Wissenschaft ab.

Dass dabei auch Geld eine Rolle spielt, belegte Vorstandsmitglied Dr. Alfred Oberholz mit Zahlen: Degussa gebe 3,3 Prozent des Konzernumsatzes für F&E aus, zur Zeit etwa 360 Millionen Euro pro Jahr. Man sehe sich damit



Peilt auch mit Hilfe sehr guten F&E-Managements für Degussa ein jährliches organisches Wachstum von fünf Prozent an: Vorstandsvorsitzender Utz-Hellmuth Felcht (Mitte, hier mit Forschungsvorstand Alfred Oberholz und Pressesprecherin Hannelore Gantzer).

im Vergleich zur Konkurrenz gut positioniert, zumal man die F&E-Struktur strategisch steuere. Zudem stelle ein Projektmanagement sicher, dass „Endlosprojekte“ und „Lieblingsprojekte“ keine Chance hätten.

Eine bemerkenswerte Struktur zur Förderung von Forschung und Entwicklung hat der Spezialchemiekonzern in seinen „Projekthäusern“ verwirklicht. Zur intensiven Entwicklung bestimmter Projektbereiche finden sich dabei Mitarbeiter aus verschiedenen Geschäftsbereichen für eine begrenzte Dauer von typischerweise drei Jahren an einem zentralen Standort zusammen. Der Konzern unterstützt die Geschäftsbereiche mit einer 50-prozentigen Finanzierung und durch seine Infrastruktur. Oberholz stellte heraus, dieser flexible Ansatz vermeide eigenfokussierte Abteilungsbürokratien ebenso wie abgehobene Forschungsaktivitäten weit entfernt von jeder Marktrealität.

Zur Zeit unterhält der Konzern drei Projekthäuser:

- Entwicklung neuartiger Prozesse zur Herstellung maßgeschneiderter Nanopartikel für spezifische Anwendungsbereiche (endet 2002);
- Exploration enzymatischer Reaktionswege, die mittels Biotechnologie zu verbesserten und effizienteren Synthesen von Spezialchemikalien führen;
- Untersuchung von neuartigen Katalysatoren mittels kombinatorischen Designs und Hochdurchsatzscreening.

Dennoch verzichtet Degussa nicht auf weit in die Zukunft ausgerichtete Forschungen. Dazu unterhält der Konzern die 100-prozentige Tochter Creavis GmbH (Geschäftsführer: Prof. Dr. Michael Dröscher) in Marl. Einen Großteil der wissenschaftlichen Projekte bearbeitet Creavis mit externen Partnern; weltweit unterhält der Degussa-Konzern insgesamt übrigens etwa 700 Forschungsk Kooperationen. Wenn sich aus Creavis-Projekten neue Geschäfte ergeben, gliedert man diese in die bestehenden Geschäftsbereiche des Konzerns ein oder oder profitiert an einem Spin-off. Creavis arbeitet gegenwärtig an:

- Kunststoffoberflächen mit Selbstreinigungseffekt (Lotuseffekt),
- umweltfreundlichen, aktiv antimikrobiellen Polymeren,
- flexiblen keramischen Membranen;
- Oligonukleotiden für die Herstellung von synthetischer DNA.

Grundsätzlich sichert sich Degussa sein Wissen auch durch Patente ab. Wie Oberholz der CLB erläuterte, gestehe man aber jedem Geschäftsbereich eine eigene Patentstrategie zu. Zwar nehme die Zahl der Patente zu, aber „Manches patentiert man besser nicht“, ergänzte er. Und Felcht meinte zum Thema „International Property Rights“, man müsse gerade auch hinsichtlich fernöstlicher Konkurrenz aufpassen wie ein Luchs...

Als zusätzliche Motivation dienen den Degussa-Forschern konzerninterne

Innovationspreise. Die Preisträger des Jahres 2001 wurden auf der Veranstaltung ausgezeichnet. Preise gab es für „Neue Produkte“, „Neue oder verbesserte Produktionsprozesse“ sowie für „Neue Anwendungen bestehender Produkte“, jeweils dotiert mit 25 000 Euro.

Dass sich dieses Preisgeld auszahlt zeigt beispielsweise die Entwicklung der ersten kontinuierlich arbeitenden Anlage für die Produktion von Polyamid 12. Dies zählt zu den hochpreisigen Spezialpolymeren mit außergewöhnlichen Eigenschaften hinsichtlich beispielsweise chemischer Beständigkeit und mechanischer Haltbarkeit. Man findet den Kunststoff u.a. bei Kraftstoff, Druckluftbrems- und Hydraulikleitungen, aber auch bei hochwertigen Oberflächenbeschichtungen, etwa der von Geschirrkörben in Spülmaschinen.

Der Kunststoff wurde bislang in Marl in Chargen produziert, kam sozusagen „aus dem Kochtopf“. Der Vorteil dieses Batch-Verfahrens liegt in spezifischer Produktformulierung kleinerer Mengen je nach Einsatz. Größere Mengen hingegen ergaben Schwierigkeiten in der Reproduzierbarkeit. Ebenso gab es Verluste beim Chargenwechsel. Ein Grund dafür: Das Polymer ist bei 20 bar glasklar und gut flüssig. Öffnet man den Reaktor, muss man ein „Überkochen“ wie dem von heißer Milch vermeiden. Dann wird der Kunststoff honig-zäh.

2003 10 000 Jato-Neuanlage

Der neue Prozess läuft in einem Schleifen- und Röhrenreaktor kontinuierlich ab. In den Öl-geheizten Röhren polymerisiert Lauro lactam zu Polyamid 12 unter Kontrolle eines Online-Viskosimeters. Die Vorteile des neuen Verfahrens: Höhere Produktionskapazität bei gleichzeitig höherer Qualität (niedrigerer Monomergehalt im Produkt als bei der Batch-Produktion bei gleichem Anteil von Ringmolekülen (2%)), niedrigerem Abfall und geringeren Emissionen. Der erste Röhrenreaktor mit einer Jahreskapazität von 5000 Tonnen ging im Herbst in Marl in Betrieb und übertraf nach kurzer Zeit die Erwartungen. Daher wird bereits 2003 eine weitere Anlage in Marl in Betrieb gehen, Kapazität höher als 10000 Tonnen pro Jahr. Dennoch hat der Batch-Reaktor nicht ausgedient: Während man mit den Röhrenreaktoren Rohstoffe für Massenprodukte liefert, produziert man in dem Batch-Reaktor Spezialitäten.

Als „Neues Produkt“ zeichnete man die Entwicklung der SAM-Polymere aus, die aus der Creavis-Schmiede stammen und gerade ihren Weg in den Markt finden. SAM steht für „Sustainable Active Microbicidal Polymers“. Additive auf deren Basis schützen Farben und Lacke sowie Kunststoffe nachhaltig gegen den Befall mit Mikroorganismen. Die wirksamen Komponenten

werden nicht ausgewaschen oder in die Umwelt abgegeben.

Das Geheimnis von SAM-Polymeren liegt in besonderen Ladungskonzentrationen an Stickstoffatomen, aber auch an der Struktur der zugrunde liegenden Moleküle. So soll die biozide Funktion verloren gehen, wenn man die Substanzen nicht mit den richtigen Lösungsmitteln synthetisiert. Die mikrobizide entfaltet sich auch erst im Polymer; die Rohstoffe zeigen keine vergleichbare Aktivität. Da SAM-Polymere hochwirksam gegenüber Bakterien, Algen, Hefen und Pilzen sind und die Bildung von Kolonien selbst äußerst widerstandsfähiger Keime wie Pseudomonaden oder Legionellen unterdrücken soll, schätzt Degussa das Marktpotential auf mehr als 50 Mio. Euro im Jahre 2005 ein. Eine Toxizitätsstudie der SAM-Polymere soll in diesem Frühjahr fertig werden.

Der Preis für „Neue Anwendungen“ wurde für die Entwicklung von siloxanhüllten Kieselsäure-Nanopartikeln in flüssigem, UV-vernetzbar Binde-mittel vergeben, die kratzfeste Beschichtungen ermöglichen. Anwendungen liegen etwa in Fußbodenbeschichtungen, Spezialfolien und -papieren.

Rolf Kickuth



Der Nebel um die Entwicklung neuer Technologie lichtete sich; Dr. Alfred Oberholz (links) zeichnete die Gewinner der Innovationspreise 2001 aus (v.l.): Dr. Friedrich Sosna (teils verdeckt), Dr. Peter Ottersbach, Dr. Uwe Paulmann, Dr. Beate Kossmann (SAM-Polymere); Rüdiger Simon, Dr. Klaus Rudolf Meyer, Rolf Augenstein (Polyamid 12-Produktion); Roland Edelmann, Dr. Björn Borup, Dr. Jaroslaw Monkiewicz (kratzfeste Beschichtungen; Fotos: rk).

Auftrieb in Deutschland Mitte 2002

Die Konjunktur in Deutschland wird sich später und zögernder erholen als noch im Herbst 2001 erwartet. Erst nach der Jahresmitte werden sich die Auftriebskräfte durchsetzen. Insbesondere werden die Ausfuhren von der anziehenden Weltkonjunktur profitieren. Im Jahresverlauf 2002 erhöht sich das Bruttoinlandsprodukt (BIP) nur um 1,75 Prozent, im Jahresdurchschnitt ist der Zuwachs mit 0,8 Prozent noch niedriger. 2003 gewinnt die gesamtwirtschaftliche Produktion bei zunehmend lebhafterer Gesamtnachfrage – auch die Bautätigkeit trägt erstmals wieder zum Wachstum bei – an Dynamik; im Jahresdurchschnitt nimmt das BIP um 2,6 Prozent zu. Das meldete im Dezember das Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung e.V. in Essen.

Die Beschäftigung steigt erst in der zweiten Hälfte des kommenden Jahres mit der Stärkung der Wachstumskräfte wieder; im Jahresdurchschnitt ist die Zahl der Erwerbstätigen noch geringfügig niedriger als im Vorjahr (-20 000). Im Jahr 2003 nimmt die Nachfrage nach Arbeitskräften deutlicher zu (250 000) und die Zahl der Arbeitslosen sinkt auf 3,72 Millionen (Quote: 8,7 Prozent).

Nachdem sich die Teuerung Ende 2001 im Vorjahresvergleich wieder auf unter 2 Prozent abgeschwächt hat (Jahresdurchschnitt: 2,5 Prozent), geht der Preisanstieg im kommenden Jahr infolge geringer steigender Energie- und Nahrungsmittelpreise angesichts der noch verhaltenen Konjunktur weiter zurück (1,6 Prozent). 2003 verstärkt er sich leicht (1,8 Prozent).

Die Schwäche der Weltwirtschaft wird die deutsche Konjunktur in den kommenden Monaten also noch erheblich belasten. Allerdings entlastet der Preisrückgang am Rohölmarkt, und die merklich expansivere Geldpolitik der Europäischen Zentralbank beginnt zu greifen. Zudem ist mit der weiterhin insgesamt moderaten Lohnpolitik eine günstige Kostenentwicklung zu erwarten. Dagegen wirkt der Konsolidierungskurs der Finanzpolitik restriktiv.

In den Vereinigten Staaten ist – auch im Gefolge der Anschläge – die Gefahr

einer längeren Rezession gestiegen – mit entsprechenden Folgen für die Weltwirtschaft. Die bislang offenbar nur geringe Reaktion auf die dort getroffenen massiven geldpolitischen Maßnahmen lässt auf eine unübliche Verzögerung ihrer Wirkung schließen. Damit ist auch das Risiko einer Verschärfung der Rezession in Deutschland bzw. im Euro-Raum erheblich gestiegen. Spätestens jetzt sind – dies schlug das Institut schon im Sommer 2001 vor – auch hier konjunkturpolitische Maßnahmen angesagt.

Dies bedeutet einmal, dass der noch vorhandene geldpolitische Lockerungsspielraum zügig genutzt wird. Zum anderen ist die Finanzpolitik im Rahmen ihrer begrenzten Möglichkeiten gefordert. In Frage kommt hier an erster Stelle ein Vorziehen von Projekten im Bereich der in den letzten Jahren stark vernachlässigten Infrastruktur. Das Vorziehen der zweiten Stufe der Steuerreform als Impuls gleicher Größenordnung (7,5 Mrd. Euro) ist zwar rascher realisierbar, in seiner nur mittelbaren Wirkung über die Nachfrage der Konsumenten jedoch weniger durchschlagend. Allerdings dürften diese Maßnahmen das BIP-Wachstum jeweils um nicht mehr als einen halben Prozentpunkt steigern und kaum vor dem Sommer wirken.

Weltwirtschaft: Tal in vielen Ländern erreicht

Die Weltwirtschaft befindet sich zur Jahreswende 2001/02 am Rande der Rezession und damit in der schwierigsten Lage seit 20 Jahren, wertete das Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung im Dezember. Zwar ist der Tiefpunkt in den meisten Ländern inzwischen erreicht, doch lässt eine durchgreifende Erholung noch auf sich warten. Erst in der zweiten Hälfte 2002 wird das BIP der Indu-

strieländer wieder kräftig wachsen, im Jahresdurchschnitt wird aber nur ein Zuwachs um 0,5 Prozent erreicht nach 0,9 Prozent im Jahr 2001. Im Jahr 2003 ist dann mit einem Wachstum von 2,7 Prozent zu rechnen.

Gegenwärtig wird die ohnehin schwächere konjunkturelle Grundtendenz von Schocks überlagert. Zur Jahreswende 2000/01 wurde die Abwärtsentwicklung durch das Ende des Booms im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie verstärkt. Die bereits kränkelnde Wirtschaft wurde dann durch die Anschläge des 11. September getroffen. Deren Folgen sind zwar zum Teil nur vorübergehender Natur, jedoch wurden Verbraucher, vor allem aber Investoren nachhaltig verunsichert.

Nachdem schon zuvor die Investitionen zurückgingen, entwickelt sich nun auch der private Verbrauch, der die Konjunktur noch lange stützte, schwach. Da sich die meisten Länder in einer ähnlichen Lage befinden, verstärken sich die Abwärtstendenzen noch gegenseitig. Obwohl die Wirtschaftspolitik fast überall einen expansiven Kurs eingeschlagen hat, erholt sich die Wirtschaft erst allmählich; so schrittweise wie der Wirtschaftsgang belastet wurde, werden die Einflüsse überwunden.

Entscheidend für die Weltwirtschaft ist nach Einschätzung des Instituts – wieder einmal, wie rasch sich die Vereinigten Staaten erholen. Hier ist erst für die zweite Jahreshälfte 2002 mit einem kräftigen Anstieg der Produktion zu rechnen. Im Jahresdurchschnitt 2002 wird das BIP um 0,5 Prozent zunehmen, nach einem Prozent im Vorjahr. Die Europäische Union ist – dank zahlreicher Strukturereformen – in einer hinreichend robusten Verfassung, dass es hier insgesamt nicht zu einer Rezession kommen wird, bei allerdings großen Unterschieden zwischen den Ländern. Das BIP wird im kommenden Jahr um 1,2 Prozent gesteigert, nach 1,6 Prozent in diesem. Die Arbeitslosigkeit nimmt dabei zu, und der Preisauftrieb schwächt sich ab. In Japan wird die Gesamtwirtschaft auch im kommenden Jahr noch schrumpfen und sich erst allmählich, auch mit Unterstützung des verbesserten internationalen Umfelds, erholen.

Ob in Silizium oder in Kunststoff: Bald sind wir von Chips umzingelt

Noch immer folgt die Chipentwicklung der Voraussage von Intel-Gründer Gordon Moore aus dem Jahre 1965, nach der sich die Anzahl von Komponenten (Transistoren) auf einem Chip alle 18 Monate verdoppelt. In der neuesten ITRS (International Technology Roadmap for Semiconductors, ITRS 2001), die von führenden Chipherstellern aus aller Welt zusammengestellt wird, geht man davon aus, dass sich die Chipstrukturen bis zum Jahre 2007 auf 65 Nanometer, bis zum Jahre 2016 gar auf nur 22 Nanometer verfeinern lassen. Das soll dann zu Chips führen, die über etwa sechs Milliarden Transistoren verfügen und mit knappen 30 Gigahertz getaktet werden.

Die ITRS-Studie verschweigt nicht, dass bis dahin eine Menge Probleme zu lösen sind. Ein Beispiel: Größe und Leistungsmerkmale der Chiptransistoren hängen wesentlich von sehr dünnen elektrisch isolierenden Schichten (Gatteroxid). Entscheidend für die Funktion ist das Verhältnis der Stromstärke bei Leitung und derjenigen bei Nichtleitung, dem Leckstrom. Seit etwa drei Jahrzehnten besteht das Gatteroxid aus Siliziumdioxid. Wenn die Schicht eine Dicke von nur noch wenigen Atomlagen hat, verliert sie ihre isolierenden Eigenschaften, sodass Leckströme das präzise Schalten des Transistors verhindern.

Neue Werkstoffe isolierender Materialien, die eine höhere Dielektrizitätskonstante aufweisen, sollen das Problem lösen. Die Europäische Union fördert entsprechende Entwicklungen unter dem „Invest“-Projekt (Integration of very high-k dielectrics with silicon CMOS technology), an dem neun europäische Forschungsinstitute und Unternehmen beteiligt sind. Im Mittelpunkt des Projekts steht die Einführung neuer Metalloxide mit einer relativ hohen Dielektrizitätskonstante als Gatteroxid. Damit produzierte Transistoren sollen trotz ihres relativ dicken Gatteroxids von drei bis zehn Nanometern die Leistungsmerkmale von Bauelementen aufweisen, die auf der Basis von Siliziumdioxid nur mit ultradünnen Schichten von zwei Nanometern erzielt werden könnten. Um komplexe Metalloxide als Gatteroxide direkt auf Silizium aufwachsen zu lassen, setzt INVEST auf die Molekularstrahlepitaxie (MBE). Die Wissenschaftler von „Invest“ gehen davon aus, dass die neuen Metalloxide es erlauben, die seitlichen Ausdehnung der Transistoren von gegenwärtig 130 bis auf 50-100 Nanometer zu reduzieren. Simulationen zeigen, dass herkömmliche Transistordarstellungen auf Chips bis zu einer Gatellänge von 20 Nanometern funktionieren sollten.

Bochumer Forscher um Prof. Ulrich Kunze entwickeln neue Chip-Produktionsmethoden. Sie funktionierten das Rasterelektronenmikroskop für die Elektronenstrahl-Lithographie um.

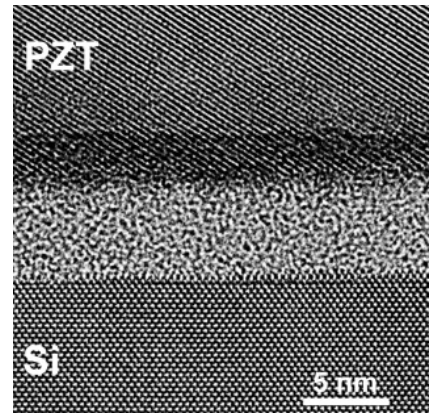
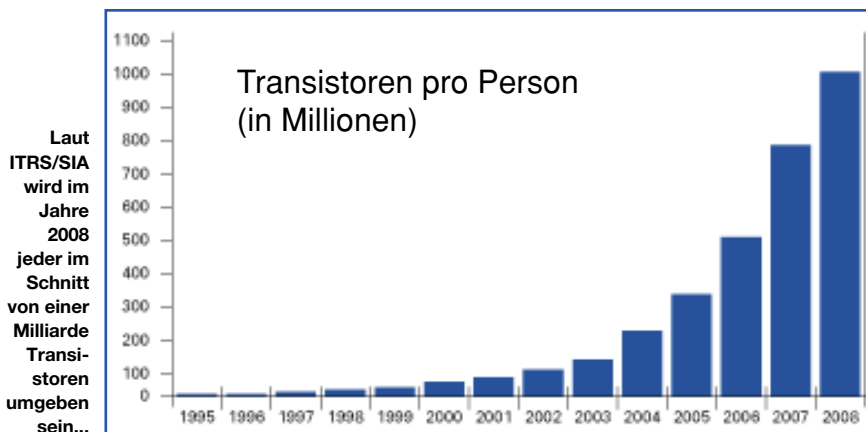


Abbildung aus dem „Invest“-Projekt: Grenzfläche zwischen einer Schicht aus Bleizirkonat-Titanat (oben) und einem Silizium-Wafer (unten) in einer Nanostruktur von weniger als 100 nm Kantenlänge (Transmissionselektronenmikroskop-Abbildung, Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik).

Durch ein Zusatzgerät kann mit dem fokussierten Elektronenstrahl entlang vorgegebener Linien und Flächen über eine Probe geschrieben werden, die zuvor mit einem Polymerfilm von einigen zehn Nanometern Dicke beschichtet wurde. Die auftreffenden Elektronen zerschlagen die Molekülketten des Polymers in kleine Bruchstücke. Nachdem diese in einem Entwicklerbad herausgelöst wurden, liegt der Halbleiter dort bloß und kann durch Ätzen in einer wässrigen Lösung angegriffen werden. Dabei entsteht unter den Linien ein Graben, dessen Abmessungen durch die Form der Öffnungen im Polymerfilm sowie von der Reaktivität der Ätzlösung und der Ätzdauer bestimmt wird. Die minimale Strukturbreite dieses Verfahrens liegt bei etwa 20 Nanometern. Durch eine Verfeinerung des Verfahrens erzeugten die Bochumer Forscher eine freitragende Struktur aus Silizium, die „kleinste Brücke der Welt“: 20 Nanometern breit, 12 Nanometer dick und 360 Nanometer lang.

Bei Transistorstrukturen unterhalb einer Gatellänge von 20 Nanometern erhalten quantenmechanische Effekte die Oberhand. Die ihnen zugrunde liegenden Effekte deuten aber auch weitere Entwicklungen. Dazu zählen SET-Bauteile (single electron tunnel). Derartige Ein-Elektronen-Schaltungen, die ebenfalls in europäischen Forschungsprojekten entwickelt werden, können mit einzelnen Elektronen rechnen bzw. Informationen speichern; heutige Bauelemente benötigen im besten Fall eini-

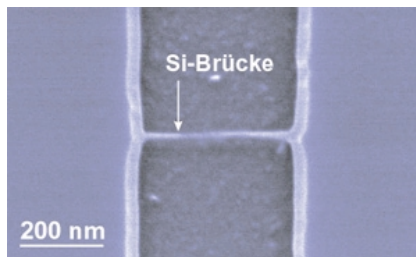


ge Zehntausend Elektronen. Hauptproblem bei der Verwirklichung ist die hohe Ladungsempfindlichkeit. Berechnungen von SETs zeigen, dass damit Speicherbausteine möglich sind, die 1000 mal kleiner und 1000 mal schneller sind als heutige Elemente und dabei 1000 mal weniger Leistung benötigen.

Offenbar beschleunigt das Zusammenwirken verschiedener Lösungen die Entwicklung insgesamt. Die ITRS bemerkt, dass in der Vorgängerstudie von 1999 noch das Erreichen der 100 Nanometer-Stukturgröße als „red brick wall“ galt, als ein Ziel, für dessen Verwirklichung noch kein klarer Weg erkennbar war. Jetzt sei sicher, dass dieses Ziel bereits 2003 erreicht werden könne. Gerade diese Synergien technischer Entwicklungen werden auch dazu führen, dass Chips zu einer Alltagsumgebung für uns werden, ohne dass die elektronischen Helfer noch von uns wahrgenommen werden. Und nicht nur das: Sie werden billig sein, Wegwerfprodukte, und sie werden kaum Energie verbrauchen.

In Japan untersucht man beispielsweise, wie Sensoren in Toiletten die Ausscheidungen von Menschen prüfen und bei pathologischen Werten automatisch Alarm geben können. Chips wird man in alle vorstellbaren Dinge des täglichen Lebens integrieren. Etikettenartige Chips ermöglichen, dass sich der Aufenthaltsort eines verloren gegangenen Anzugs in der chemischen Reinigung über das Internet ebenso verfolgen lässt wie der Weg einer Postsendung.

Einen Eckpfeiler dieses „ubiquitous computing“ wird die Polytronic bilden. Damit sind elektronische Komponenten, Bauteile und Systeme gemeint, die nicht Silizium, sondern organische Kunststoffe zur Basis haben. Zwar sind die Ladungsträger in elektrisch leitenden Kunststoffen weniger beweglich; vergleichbare Bauteile sind daher mehr als einhundert Mal langsamer als Siliziumchips. Es gibt jedoch eine Vielzahl von Anwendungen, wo es auf den Preis und nicht so sehr auf die Leistung ankommt, und da wird die Polytronic unschlagbar sein. Zudem sind Hybridlösungen beider Technologien denkbar. Das Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM) hat superdünne Siliziumwafer hergestellt,



Die mit nur 20 Nanometern Breite „kleinste Brücke der Welt“ haben Forscher an der Universität Bochum in Silizium erzeugt (Bild: Kunze/Universität Bochum).

weniger als zehn Mikrometer dick. Mit neuen Verarbeitungstechniken lassen sich so biegsame Chips in Kunststofffolien laminieren, in Papier einbetten oder auch übereinander stapeln, auch mit polymerbasierter Elektronik verbinden. Entscheidend für die Massenverwendung intelligenter Etiketten und Verpackungen ist der Preis, aber auch die Massenverfügbarkeit. Der Weltmarkt an Etiketten beläuft sich immerhin auf über 500 Milliarden pro Jahr, eine Menge, an der die bisherige Halbleiterfertigung scheitert. Preislich durchsetzen dürften sie sich nach Einschätzung von Dr. Karlheinz Bock, Abteilungsleiter am IZM in München, wenn sie Bruchteile von einem Euro kosten. Der Weg dahin besteht durch Fertigungsverfahren der Drucktechnik, nicht durch Beschichtungs- und Ätztechniken in Reinräumen. Und weil sich die meisten Polymere gut in Lösung bringen lassen, kann man die Schaltungen drucken, und zwar mit Strukturbreiten von einigen zehn Mikrometern. Lucent Technologies und Siemens experimentieren mit Stempeln und einer Art Offset-Technik, Philips und andere setzen eher auf Lithographie- und hochauflösende Tintenstrahlverfahren. *Rolf Kickuth*

TERMINE

Magnetwerkstoffe für technische Anwendungen

Fachveranstaltung, Haus der Technik, Essen, 19. und 20. Februar 2002, Tel. 0201/1803-344

ICP OES

Anwenderkurs für Fortgeschrittene (speziell Optima-Benutzer), FH Weihenstephan, Abt. Triesdorf, 91746 Weidenbach, 4. bis 8 März 2002, Tel. 07 557/929 6909

Integrierte Reaktionstechnik in Brennstoffzellen

Statusseminar und Kolloquium, DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. Frankfurt/Main, 7. März 2002, Tel. 069/7564 375

Praktische UV/Vis-Spektroskopie I (A3)

Grundlagenkurs, WIT Tübingen, 15. bis 17. April 2002, Tel. 07071/29-76439 oder -76872

Akkreditierung und Qualitätsmanagement von Prüf- und Forschungslaboratorien nach DIN EN 45001 und ISO/IEC 17025

Seminar, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, 17. und 18. April 2002, Tel. 07247/82-4045 oder -4044

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 €!**

Neue Produkte



Für Kurse und Routine

Das neue Kurs- und Routinemikroskop CX31 von Olympus ist mit der unendlich korrigierten UIS-Optik ausgestattet. Darüber hinaus bietet es einen Weitfeld-Beobachtungstubus (Sehfeldzahl 20), eine 30W-Halogen-Beleuchtung, einen neuentwickelten, fest angebrachten Kreuztisch sowie einen einstellbaren Grob/Feinfokus mit Fokussier-Anschlag. Die neuentwickelte UIS Plan C Achromat-Objektivreihe, die als Set (4x, 10x und 40x) mit der Option 100x verfügbar ist, führt zu einer deutlichen Verbesserung der Plankorrektur und liefert Bilder, die auch an den Rändern des Sehfelds scharf und klar bleiben. Hinsichtlich dieser Plankorrektur rangiert das CX31 unter den Besten seiner Klasse. Der nach hinten geneigte Objektivrevolver mit vier Positionen eröffnet die freie Sicht auf das Präparat. Ein neuartiger Anschlagmechanismus für den Grobfokus schützt Objektträger und Objektiv vor Beschädigung.

Olympus Optical Co. (Europa) GmbH
Wendenstr. 14-16, D-20097 Hamburg
Tel.: 040/237730, Fax: 040/230761
microscopy@olympus-europa.com

Gaschromatographie á la Carte

Eine optimaler Chromatographie-Arbeitsplatz entsteht durch die Kombination der leistungsfähigsten Geräte, durchaus von verschiedenen Herstellern, die mit einer integrativen Software und dem Support durch ein Unternehmen ein in sich geschlossenes Komplettsystem bilden. So ein System besteht aus 3 wesentlichen Komponenten, dem Trace GC 2000 als Gaschromatograph, der CTC Pal Serie als Autosampler und dem Datensystem Chrom Perfect. Alle drei Komponenten gehören zu den leistungsfähigsten Systemen ihrer Geräteklasse, zusammen bilden sie ein Komplettsystem mit denkbar günstigen Preis/Leistungsverhältnis. So bietet der Trace GC alle erdenklichen Arten von Injektoren, angefangen vom Injektor für Gepacktsäulen über einen S/SL bis hin zu echten On-Column Injektoren und Kaltaufgabesystemen mit speziellen Optionen für die Large Volume Injektion. Einzigartig ist die Säulenevaluierung, die selbsttätig bestimmt, welche Druckverhältnisse eingestellt werden müssen, um einen vorgegebenen Trägergasfluss sicherzustellen. Als Detektoren stehen WLD, FID, ECD, FPD, PID, PDD sowie spezielle Detektoren wie gepulste Flammenphotometer und elektrolytische Leitfähigkeitsdetektoren zur Verfügung. Die Detektoren sind auch in Tandemkonfiguration lieferbar, massenspektrometrische Detektionsverfahren (IonTrap oder Quadrupol) sind ebenfalls erhältlich.

Als Autosampler kommt der GC PAL der Firma CTC zum Einsatz, der auf der Technologie der seit Jahren bewährten CombiPal Autosampler basiert und das für seine Zuverlässigkeit bekannte Modell A200S ersetzt. Dieser Flüssigprobengeber bietet höchste Reproduzierbarkeit der Injektionsmenge kombiniert mit der unerreichten Zuverlässigkeit. Spritzengrößen von 1.2 bis 50Qpl Volumen, Injektionsvolumina von 0.1 bis 5001IL, frei konfigurierbare Probenabletts für bis zu 600 Proben, Injektionsgeschwindigkeiten von 0.01p1/s bis zu 500p1/s machen diesen Autosampler zu einem wahren Alleskönner.

Diese beiden Geräte werden gesteuert von der Software Chrom Perfect, ein Multiuser Chromatographiedaten-



system auf Client Server Basis. Chrom Perfect ist frei skalierbar vom preiswerten Einzelplatzsystem mit voller Funktionalität bis hin zur unternehmensweiten Chromatographiesoftware im Netzwerkbetrieb. Chrom Perfect ist frei skalierbar vom preiswerten Einzelplatzsystem mit voller Funktionalität bis hin zur unternehmensweiten Chromatographiesoftware im Netzwerkbetrieb.

Axel Semrau GmbH & Co.
Stefansbecke 42, D-45549 Sprockhövel
Tel.: 02339/1209-0, Fax: 02339/6030
info@axelsemrau.de

Auf Dichtheit prüfen

Das handliche Wasserstoff-Lecksuchgerät H2000 von Sensistor Technologies ist speziell für die industrielle Lecksuche und Dichtheitsprüfung konzipiert. Es ist wartungsarm, robust und extrem sensibel gegenüber kleinsten Mengen von Wasserstoffgas, bis hin zu Leckraten von 5×10^{-7} mbar/l/s. Als Spurengas dient üblicherweise ein kostengünstiges Standardgasgemisch aus 5 Prozent Wasserstoff und 95 Prozent



Stickstoff, das umweltfreundlich, ungiftig, völlig unbrennbar und nicht korrosiv ist.

Die besonderen Vorzüge der Wasserstoff-Methode – sie ist einfach, schnell, genau und kostengünstig – ergeben sich aus den physikalischen Eigenschaften des Spurengases: Wasserstoff ist die leichteste Substanz überhaupt, hat die geringste Viskosität aller Gase und lässt sich darum problemlos in ein Prüfobjekt einbringen und leicht wieder auslüften. Wasserstoff verteilt sich im Prüfling schnell und gleichmäßig. Aufwendige Messungen im Vakuum sind mit Wasserstoff (anders als zum Beispiel mit Helium) unnötig.

Sensistor Technologies GmbH
Friedensstr. 116-118, D-63165 Mühlheim am Main,
Tel.: 06108/809096-52, Fax: 06108/809096-59
matthias.block@sensistor-technologies.de

Dichtemessung portabel

Egal, ob eine Reinheitsbestimmung von Wasser oder eine Qualitätskontrolle von Speiseöl durchgeführt wird, das neue portable Dichtemessgerät DENSITO zeigt das Resultat der Messung direkt in der gewünschten Einheit an. Mit seiner zuverlässigen Schwingkörpermethode, kombiniert mit einer hochpräzisen Temperaturmessung und einer bedienerfreundlichen Software, ermöglicht DENSITO präzise Messun-



gen in wenigen Sekunden. Einfach Ansaugrohr eintauchen – Messung starten – ablesen – fertig!

Gemessene Werte werden als Dichte oder als spezifische Dichte angezeigt und auf Wunsch automatisch temperaturkompensiert. Viele gängige Parameter wie z.B. Brix oder %Alkohol können direkt angezeigt werden. Für spezielle Applikationen können eigene Berechnungsformeln definiert werden.

DENSITO misst auf 3 Stellen genau. Es erlaubt ein problemloses Arbeiten nach GLP. 1100 Messresultate können zusammen mit allen wichtigen Parametern gespeichert werden und jederzeit via Infrarot-Schnittstelle auf einen Drucker oder Computer übertragen werden.

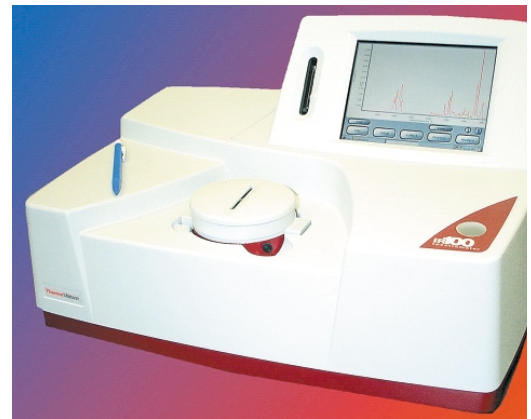
Mettler-Toledo GmbH
Ockerweg 3
35396 Gießen
Tel.: 0641 / 507 300
Fax: 0641 / 507 128
www.portablelab.com

Kompaktes FT-IR-Spektrometer

Mit äußerst kompakten und preiswerten Routine FT-IR Spektrometern rundet Thermo Mattson seine FT-IR Familie ab. Vier Spektrometer der Thermo Mattson IR100 Serie nehmen die gleiche Fläche ein, wie ein einziges konventionelles FT-IR Spektrometer inklusive PC. Mit den Ausmaßen 48,3 x 35,6 cm passen die neuen kompakten Thermo Mattson auch in das kleinste Labor. Aufgrund ihres geringen Gewichtes (16 kg) kann das Spektrometer mühelos auch als mobiles Messgerät verwendet werden. Dabei erfüllt die IR Serie in der Routineanalytik die gleichen Aufgaben mit der gleichen Brau- vour, wie ein großes FT-IR Spektrometer der Forschungs-klasse, wodurch sich die Geräte hervorragend für Ausbildung und Qualitätssicherung eignen.

Das IR100 verfügt über einen eingebauten Rechner und Monitor. Die Kommunikation mit dem Spektrometer erfolgt bequem über eine handelsübliche PS2-Maus. Zur Speicherung von Daten und Spektrenbibliotheken, die in großem Umfang auch von Thermo Mattson erhältlich sind, dienen preiswerte Compact-flash Cards, welche sich heute bereits in der digitalen Photographie als Standard-Speichermedium durchgesetzt haben.

Das IR200 ist die PC-Variante des IR100. Die Kommunikation zwischen Rechner und Spektrometer wird hier durch eine schnelle USB Schnittstelle gewährleistet. Die Datenaufnahme und -bearbeitung übernimmt bei beiden Spektrometern die intuitive, leicht erlernbare ENCOMPASS Software. Das IR200 kann alternativ auch mit der leistungsfähigen EZ OMNIC Software bedient werden, die im Funktionsumfang deutlich erweitert ist.



Über die EZ OMNIC Software erfolgt auch die Kommunikation mit dem IR300, dem größten Mitglied der IR Familie von Thermo Mattson. Das IR300 verfügt über einen großen Probenraum und kann mit Infrarot-Mikroskopen, wie den Centaur*s von Thermo SpectraTech gekoppelt werden.

Alle Systeme liegen erfreulich niedrig im Preis, den Sie auf Anfrage gerne übermitteln bekommen von

Thermo Nicolet GmbH
Senefelderstr. 162, 63069 Offenbach/Main
Tel. 069/98408-120, Fax 069/98408-122
www.ThermoNicolet.com

Für's medizinische Kleinlabor

Jetzt hat sich Eppendorf auch den klassischen Zentrifugen für das medizinische Kleinlabor angenommen: Die neue Zentrifuge 5702 ist sicherlich die modernste und kleinste dieses Leistungsspektrums, die genauso für die klinische wie für die industrielle Forschung geeignet ist. Um die allermeisten Anwendungsfälle abzudecken, werden optional drei verschiedene Ro-



tore, Adapter für fast alle Gefäßformen und aerosoldichte Kappen angeboten.

Das Prunkstück ist der Ausschwingrotor A-4-38, der bis zu 4 x 85 ml Gefäße oder z.B. 8 x 15 ml Falcon Tubes in Rundbechern auf 4.400 1/min beschleunigt. Für Applikationen, bei denen es mehr auf Kapazität ankommt, werden auch Rechteckbecher für bis zu 24 x 15 ml Glasgefäße angeboten. Der Festwinkelrotor F-35-30-17 ist in zwei Versionen mit einer Kapazität von bis zu 30 x 15 ml erhältlich. Ein einfacher achtfacher Ausschwingrotor für Falcon Tubes rundet das Programm ab. Selbstverständlich sind alle Rotore, Becher und Adapter autoklavierbar, und die aerosoldichten Kappen sind nach Por-ton Down zertifiziert.

Eppendorf AG
D-22331 Hamburg,
Tel.: 040/53801-0, Fax: 040/53801-556
eppendorf@eppendorf.com

Identifikation über Barcodes

Mit einem Wellenlängenbereich von 340-900 nm ist das XION 500 auf den ersten Blick ein Photometer wie viele andere. Auf den zweiten Blick jedoch ist es ausgestattet mit zahlreichen Extras, die dem Anwender die tägliche Arbeit erleichtern. Mehr als 60 Dr. Lange Küvetten-Tests zur Wasser- und Umweltanalytik sind auf dem Gerät bereits abgespeichert und können über das integrierte Barcodelesesystem noch schneller als bisher ausgewertet werden. XION 500 ist das erste Dr. Lange Photometer mit eingebauter ProID-Software, dem neuen Dr. Lange System zur schnellen Proben-Identifikation über Barcodes. Durch den Anschluss eines externen Barcode-Scan-

ners wird das XION 500 zum Datenman-ager. Der Anwender hat die Wahl zwischen eigenen Barcodes, die ihm z. B. sein Probeneingangssystem zur Verfügung stellt, und den praktischen Dr. Lange Küvetten-Clips, die direkt auf die Rundküvette gesteckt werden. Vor der Messung wird der Barcode eingele- sen und die Probandaten werden im Photometer automatisch dem Messer- gebnis zugeordnet. Alle Daten können im internen Messwertspeicher abgelegt oder über Diskette gesichert und im PC ausgewertet werden. LockIN – Die Dr. Lange Technik zur sicheren Messung im offenen Messschacht, macht Schluss mit dem lästigen Öffnen und Schließen des Küvetten-schachts bei jeder Messung. Der Detektor im XION 500 unterscheidet zwischen dem ge- pulst einfallenden Messsignal und dem kontinuierlich einfallenden Fremdlicht, so dass auf den Deckel verzichtet werden kann. LangeNET – Das Dr. Lange Konzept zur schnellen Aktualisierung der Küvetten-Testdaten per Telefon ist auch mit drin.

Dr. Bruno Lange GmbH & Co. KG
Willstätterstr. 11, D-40549 Düsseldorf
Tel.: 0211 / 5288-0, Fax 0211 / 5288-175
www.drlange.de

Feuchtespuren-Messgerät

Konzipiert wurde das Feuchtespu- ren-Messgerät TMA-204 von cmc In- struments GmbH für den Einsatz in Be- tribslabors, aber auch wetterfeste Ausführungen (IP 66) oder tragbare Versionen mit Ladegerät und Akku werden für den mobilen Serviceinge- nieur angeboten, wobei Sensor und Analysator bis zu 300 Meter vonein- ander installiert werden dürfen. Der neue Analysator bietet 5 Messbereiche 0 - 10, 0 - 100, 0 - 1000, 0 - 2500 sowie 0 - 5000 ppm/v (andere Messbereiche auf Anfrage). Als Analogsignale ste- hen dem Anwender 0 - 20/4 - 20 mA und 0 - 10 Volt zur Auswahl. Nach dem Einschalten wird bei dem TMA-204 automatisch ein elektronischer Self- Check ausgeführt. Eine serielle Schnittstelle RS-232 zur Kommunika- tion mit einem PC ist integriert. Über ein bequemes Servicemenu lässt sich außerdem der Null-Punkt aber auch der Span überprüfen. Als Menusprachen, über die der Anwender die Gerätepara-



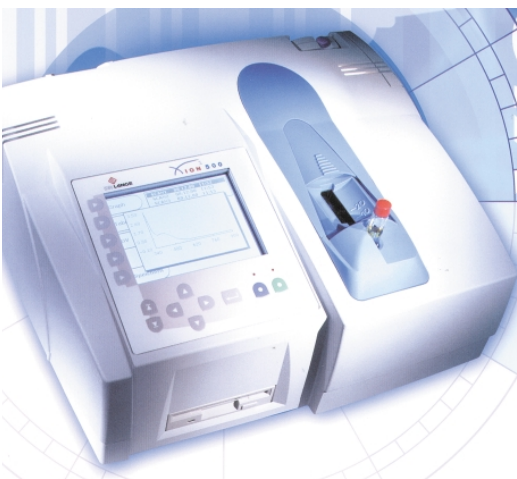
meter einstellen kann, wie z.B. die Alarmschwellenwerte oder das ge- wünschte Analogsignal, stehen deutsch, englisch und französisch zur Auswahl. Die vom Messgas berührten Materialien des weiterentwickelten Feuchtesensors werden wahlweise aus Edelstahl 1.4571, Monel 400, Hastel- loy, PFA und Glas gefertigt und bieten daher hervorragende Möglichkeiten für die chemische Industrie, in äußerst korrosiven Gasen, wie z.B. Cl₂, HCl oder SO₂, etc. Feuchtespuren zu überwa- chen. Das Messprinzip beruht auf der Dissoziation von Wasser zu Wasser- stoff und Sauerstoff. Der im Gas be- findliche Wasserdampf wird von der auf dem Sensor befindlichen Phosphor- säure absorbiert und durch einen Gleichstrom, der zwischen zwei Platin- elektroden fließt, elektrolysiert.

cmc Instruments GmbH
Hauptstraße 388, D-65760 Eschborn
Tel.: 0 61 73/32 00 78, Fax 0 61 73/6 50 50
cmcingmbh@aol.com
www.cmc-instruments.de

Optimierte Gel-Elektroden

Die neuen Gel-Elektroden „SteamLi- ne“ bewähren sich ausgezeichnet unter harten Einsatzbedingungen in der Pro- zesschemie wie auch z.B. in der Lebens- mittel- und Pharmaindustrie, denn sie sind wartungsarm, sterilisierbar und langzeitstabil. Eine Besonderheit ist die mit Druck beaufschlagte Bezugs- elektrode. Der neu entwickelte Gel- elektrolyt ist in seiner Zähigkeit so opti- miert, dass er gerade so langsam aus dem Diaphragma fließt, um dessen Poren nicht zu verstopfen. Dadurch wer- den die guten Messeigenschaften über lange Zeit sichergestellt. Diese Elektro- den-Generation ist CIP- (Clean In Place) und SIP- (Sterile In Place) fähig.

Schott Glas
Hattenbergstraße 10, D-55122 Mainz
Tel.: 06131/662411, Fax: 06131/664011
www.schott.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) 9 86-480, Fax 986-418
www.waldner.de, labor@waldner.de

Wesemann GmbH & Co.
Postfach 1461, D-28848 Syke
Tel.: (04242) 5 49-0, Fax: 5 94-39
http://www.wesemann.com

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

Laborhilfsmittel



Carl Roth GmbH + Co.
Postfach 21 11 62
76161 Karlsruhe
Tel. (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. (0 55 22) 50 07-0
Fax (0 55 22) 50 07 12

Leitfähigkeits-Messgeräte



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

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

Leitfähigkeitsmessung

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

Mahlanlagen

Pallmann Maschinenfabrik
Postfach 16 52, 66466 Zweibrücken
Tel. (0 63 32) 802-0
Fax (0 63 32) 802-1 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. (0881) 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. (0881) 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. (0881) 1 83-0, Fax 6 25 39

Spektralphotometer, UV-VIS



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

Sterilisatoren

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

Szintillatoren

Zinsser Analytic GmbH
60489 Frankfurt, Eschborner Landstr. 135

Temperatur-Messgeräte

Amarell GmbH & Co KG
97889 Kreuzwertheim
Postfach 1280
Tel. (09342) 92 83-0
Fax (09342) 3 98 60

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



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

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

Thermometer

Amarell GmbH & Co KG
97889 Kreuzwertheim
Postfach 1280
Tel. (09342) 92 83-0
Fax (09342) 3 98 60

Tiefsttemperaturmessung

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

Trifluoressigsäure und Derivate

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

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 (05327) 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 zweiseitig 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.

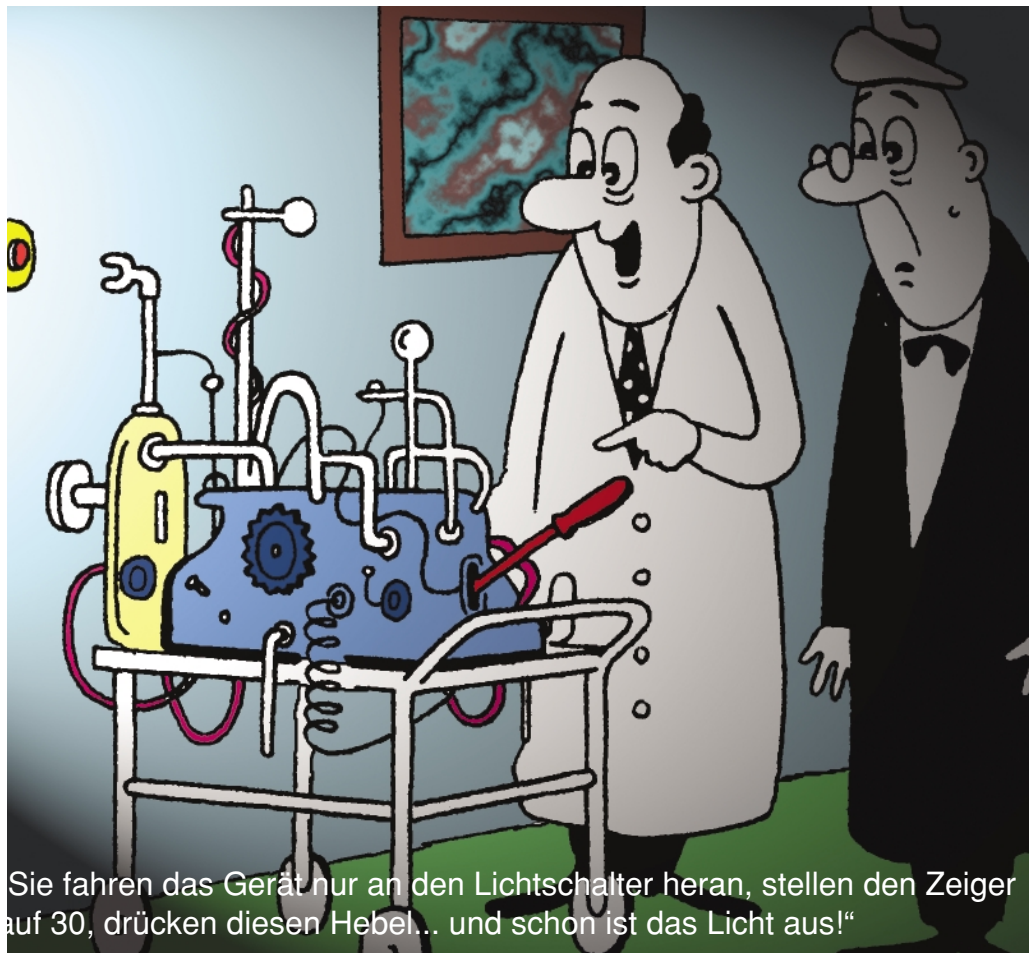
Bitte senden Sie einfach diese Seite als Fax zurück.

○ 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

Jetzt im Netz:
www.clb.de



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

CLB

Preise gegenüber 2001 unverändert!

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

FAX-Hotline: 06223-9707-41

CLB

ABO-BESTELLCOUPON

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

X

Datum / 1. Unterschrift

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