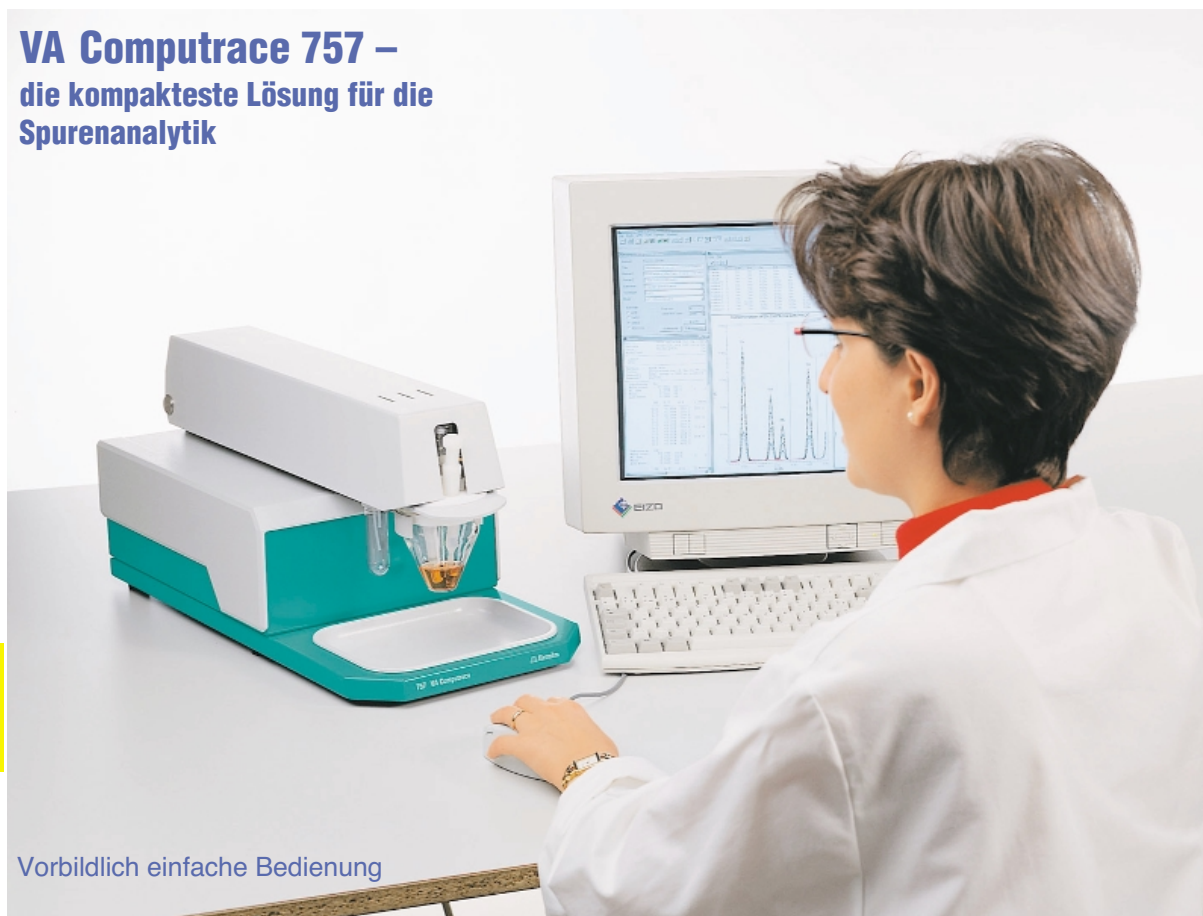


CLB

CHEMIE IN LABOR UND BIOTECHNIK

4
2001

**VA Computrace 757 –
die kompakteste Lösung für die
Spurenanalytik**



Vorbildlich einfache Bedienung

NMR

Metallurgie

Infektionen

Voltammetrie

Tiefenwasser

Leserbefragung

Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,
wir bitten Sie hier noch einmal um Ihre Meinung zur CLB, diesmal mit klarem Einsendeschluss (Fax oder Poststempel): Donnerstag, 10. Mai 2001. Bitte antworten Sie einfach per Ankreuzen von a), b)... Faxen Sie die Antworten an 06223-9707-41 oder senden Sie sie an den Verlag. Wenn Sie uns auch noch Ihre Adresse oder Telefonnummer bzw. e-Mail mitteilen, nehmen Sie an der u.g. Verlosung teil. Alle Daten unterliegen dem Datenschutz und werden nicht weiter gegeben.

1. Lesen Sie die CLB seit ca. a) 1 Jahr, b) 5 Jahren, c) 10 Jahren?
sinnvolle Informationsquelle?
a) ja b) nein
2. Sind a) Sie selbst Abonnent oder b) Ihre Firma/Ihr Institut?
9. Nehmen Sie ggf. Kontakt zu Firmen (nach Produktvorstellungen) auf per a) Telefon b) Fax c) e-Mail d) Brief?
3. Lesen Sie die CLB in a) 1/2 Stunde, b) 1 oder c) 2 und mehr Stunden?
10. Sollen die Artikel der CLB a) eher den Charakter eines Übersichtsartikels oder b) eher den einer speziellen Originalarbeit haben?
4. Wie viele Personen mit Ihnen lesen das CLB-Exemplar: a) 1, b) 2, c) 3-5, d) 5-10, e) mehr als 10?
11. Soll der Bereich Ausbildung/Weiterbildung in der CLB stärker berücksichtigt werden? a) ja b) nein
5. Wie gefällt Ihnen die CLB? a) gut b) mehr Farbe und Bilder gewünscht c) ein viel moderneres Layout gewünscht
12. Soll der Bereich Biotechnologie in stärker berücksichtigt werden? a) ja b) nein
6. Ist das CLB Memory für Sie a) unverzichtbar b) kann durch andere Artikel ersetzt werden?
13. Hat eine stärkere Internet-Begleitung der CLB mit aktuellen Informationen für Sie eher a) einen hohen Stellenwert oder b) einen nachgeordneten Stellenwert?
7. Sammeln Sie speziell das CLB Memory? a) ja b) nein
14. Wären für Sie Filmsequenzen zum Laden aus dem Internet mit redaktionellen Inhalten (Messeimpressionen, Produkt- und Verfahrensdarstellungen) von Interesse? a) ja b) nein
8. Sehen Sie Anzeigen als
15. Wären Testberichte über Produkte für Sie a) von großer Wichtigkeit b) von nachgeordneter Wichtigkeit?
16. Sind Sie a) Assistent im Labor b) Laborant c) Techniker d) Dipl.-Ing. e) Dipl.-Naturwissenschaftler f) Lehrkraft g) Sonstiges?
17. Sind Sie tätig a) im Labor b) im Einkauf c) im Vertrieb d) in der Produktion e) in Lehre f) in Planung/Beratung?
18. Zu welcher Branche gehört Ihr Arbeitgeber? a) Chemie b) Pharmazie c) Lebensmittel d) Medizin e) Maschinenbau f) Schule/Hochschule g) Untersuchungsamt h) sonstige
19. Sind Sie am Entscheidungsprozess für Neuanschaffungen in Ihrem Arbeitsumfeld beteiligt? a) immer/oft b) eher selten c) nie
20. Sind Sie a) unter 25 Jahre alt b) zwischen 25 und 30 c) zwischen 31 und 40 d) zwischen 41 und 50 e) zwischen 51 und 60 f) mehr als 60 Jahre alt?
21. Sind Sie a) männlichen oder b) weiblichen Geschlechts?
22. Sind Sie a) in Ausbildung oder haben Sie b) eine abgeschlossene Lehre c) einen FH-Abschluss d) einen Hochschulabschluss e) eine Promotion durchgeführt oder f) einen anderen Ausbildungsgang durchgeführt?

Vielen Dank!

Auf Wunsch

Name:

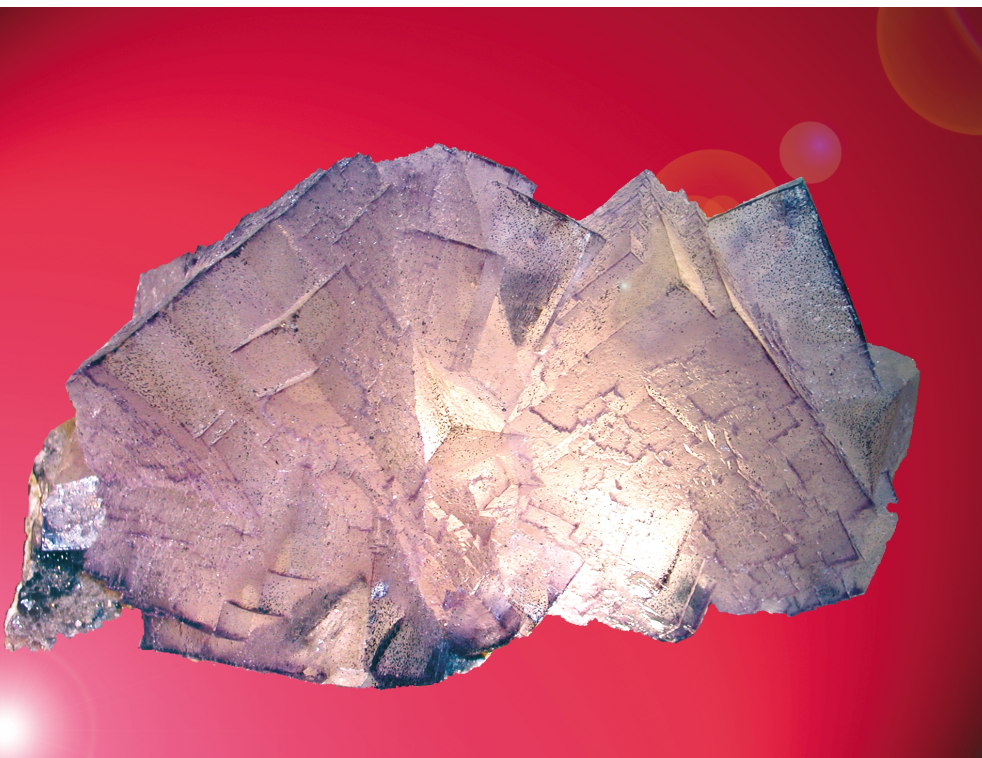
Straße:

PLZ/Ort:

Telefon:

e-Mail:

Unter allen adressierbaren Teilnehmern der Leserbefragung verlosen wir drei Fluorit-Mineralien ähnlich dem nebenstehend abgebildeten. Dieser stammt aus der Elmwood Mine in Tennessee, USA, und ist 20 Zentimeter lang. Sein Wert liegt bei 500 DM. Die Gewinner werden in der 21. Woche benachrichtigt.



Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,

die sehr gute Resonanz auf die Leserbefragung in der vorherigen Ausgabe zeigt mir, wie beliebt die CLB bei Ihnen ist. Ohne hier schon Details einer Auswertung vorweg zu nehmen (über die ich in der nächsten Ausgabe berichten werde, siehe auch die Anmerkungen unten), so lässt sich sagen, dass gerne Übersichtsartikel gelesen werden. Zudem zeigt sich, dass die Biotechnologie nicht die *conditio sine qua non* ist, um Ihr Interesse zu finden.

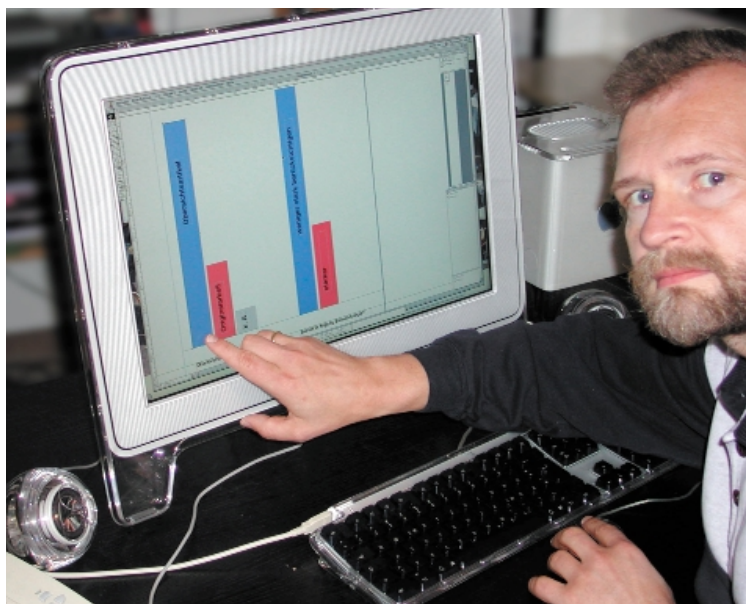
Die Bedeutung dieses Bereichs soll dadurch jedoch nicht geschmälert werden. Nach wie vor wird die CLB seine Entwicklung begleiten und auch auf tagesaktuelle Themen eingehen. Dies ist zum Beispiel der Fall bei dem Artikel „Vom Fadenwurm über HIV zu BSE“, der die unterschiedlichen Wirkungsweisen der infektiösen Einheiten, die uns schaden können, vergleichend aufzeigt.

Der große Teil des Heftes ist allerdings geprägt durch Themen, die eher mit anorganischer Chemie und ihrem Umfeld in Verbindung zu bringen sind: Analytik in der Stahlerzeugung, Spurenanalyse von Metallionen im Wasser, Arsen im Wasser. Damit geht die CLB weiter ihren Weg, Chemie in allen ihren Bereichen verständlich darzulegen.

Mehr als je geahnt nimmt auch die Informationstechnik Einfluss auf die Chemie. Seit längerem schon berücksichtigt dies die CLB mit der Rubrik „Software“. Auch die wichtigsten Fortschritte chemischer Verfahren selbst sind zunehmend mit der Informatik verbunden. Dies gilt für 3D-Modellierungen ebenso wie für Prozessoptimierungen in der Verfahrenstechnik. Als verantwortlicher Redakteur für die Hauszeitschrift der Gesellschaft für Informatik habe ich etliche Jahre gelernt, welches Potenzial in den verschiedenen Entwicklungen von Informatik und Computertechnik enthalten ist. Die CLB wird dies darstellen, wie es etwa in dem Artikel „Stahlproduktion optimieren“ (Seite 149 ff) der Fall ist.

Noch einmal zurück zur Leserbefragung: Zum einen wurde in der vorherigen Ausgabe kein Einsendeschluss angegeben; das haben wir jetzt nachgeholt. Gleichzeitig wünschen wir uns noch von etlichen Lesern Antworten, um eine breite Basis zur Auswertung zu haben. Sollte jemand von Ihnen noch keinen Zugang zu einem Kopierer haben, sende ich gerne eine weitere CLB-Ausgabe vom April zurück, wenn die Befragungsseite abgetrennt und ausgefüllt an uns geschickt wird...

Ihr



Grafisch wird das vorherrschende Interesse an Übersichtsartikeln besonders deutlich, ebenso wie die Lesermeinung, Biotechnologie solle nicht noch stärker berücksichtigt werden.

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: alle@rubikon.de

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

Redaktion:
Verantwortlicher Redakteur: Dipl.-Ing. Jürgen Wagner
Telefon + Fax: (0 62 01) 18 69 44, e-Mail: WagnerCLB@aol.com

Redaktion CLB-Memory:
Reinhold Ellmer, Birkenstraße 1a, 58239 Schwerte
Telefon (0 23 04) 8 18 54, Telefax (0 23 04) 8 32 71

Redaktionsbüro Konstanz:
Dr. Ognian Serafimov, Telefax (0 75 31) 7 32 55,
e-Mail: Ognian.Serafimov@t-online.de

Ständige Mitarbeiter:
Dr. Röbbke Wünschiers, Uppsala; Dr. Mechthild Kässer, Diekhofen;
Prof. Dr. Erika Krakovská, Kosice; Hans Dietrich Martin, Köln; Dr.
Hans-Heinrich Vogt, Alzenau; Stud.-Dir. Hans-G. Winkler, Garbsen.

VBTA-Verbandsmitteilungen:
Thomas Wittling, Raiffeisenstraße 41, 86420 Diedorf,
Tel. (08 21) 3 27-23 30 / Fax (0 82 38) 6 04 97

Verleger: Rolf Kickuth

Anzeigenberatung: Lutz Krampitz
Am Schützenhaus 8, 47055 Duisburg
Tel. (0203) 7 385 164 / Fax (0203) 7 385 165
e-mail: lutz.krampitz@t-online.de

Layout und Satz:
Agentur Rubikon

Druck: Printec Offset,
Ochshäuser Straße 45, 34123 Kassel

CLB erscheint monatlich.

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

Anzeigenpreisliste:
Nr. 4 vom 1.3.2001. Bei Nichterscheinen infolge Streiks oder Störung
durch höhere Gewalt besteht kein Anspruch auf Lieferung.

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

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



ISSN 0943-6677

EDITORIAL

AUFSÄTZE

Seite 124 **Mobile NMR mit der NMR-MOUSE®**

Ralf Eymael, Kidist Hailu, Bernhard Blümich, Aachen

Die Suche nach einfachen, schnellen und zerstörungsfreien Untersuchungsmethoden gewinnt in der Materialentwicklung, der Produktkontrolle und auch in der medizinischen Diagnostik stetig an Bedeutung. Die NMR-MOUSE®, eine handliche, mobile Messsonde, die nach dem Prinzip der Kernspintomographie funktioniert, ermöglicht zerstörungsfreie Messungen an nahezu beliebigen Objekten bis etwa 10 mm Tiefe. Aufgrund ihrer einfachen und anpassbaren Geometrie ist die NMR-MOUSE® für eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten an weicher Materie in Medizin und Technik einsetzbar.

Seite 128 **Analytik und Metallurgie (Teil 2)**

Karl Heinz Koch, Dortmund

Der durch die technische Entwicklung und die betriebliche Einführung neuer metallurgischer Verfahren sowie eine sich ständig fortentwickelnde Weiterverarbeitung der Primärerzeugnisse charakterisierte Wandel in der Stahlindustrie führte zu immer neuen analytischen Aufgabenstellungen. Zu den prozess- und produktanalytischen Aufgaben kamen seit den 50er Jahren in steigendem Maße Problemstellungen aus den Bereichen Weiterverarbeitung und Oberflächenveredlung sowie Instandhaltung, Umwelttechnik und Ergonomie hinzu.



Seite 134 **Vom Fadenwurm über HIV zu BSE**

Stefan Marotzki, Hamburg

Um das Neuartige der Infektion durch den BSE-Erreger verständlich zu machen, werden in diesem Artikel zunächst altbekannte klassische Infektionskrankheiten charakterisiert. Anschließend wird die Natur des infektiösen Agens betrachtet, d. h. tierische und bakterielle Parasiten werden Viren, Viroiden und Prionen gegenüber gestellt.

Seite 139 **Stellenwert der Voltammetrie zur Spurenanalyse von Metallionen in Wässern**

Georg Schwedt, Leandro M. de Carvalho, Clausthal

Die Invers-Voltammetrie hat als DIN-Methode für sieben Metallionen Eingang in die routinemäßige Wasseranalytik gefunden. Damit sind jedoch die Möglichkeiten voltammetrischen Verfahren zur Analytik von Wässern noch lange nicht hinreichend genutzt. Weitere in der Praxis erprobte Verfahren bis zur Neuentwicklung eines durchflussvoltammetrischen System werden vorgestellt.

Seite 144 **Arsen und die Qualität des Bodenseetiefenwassers**

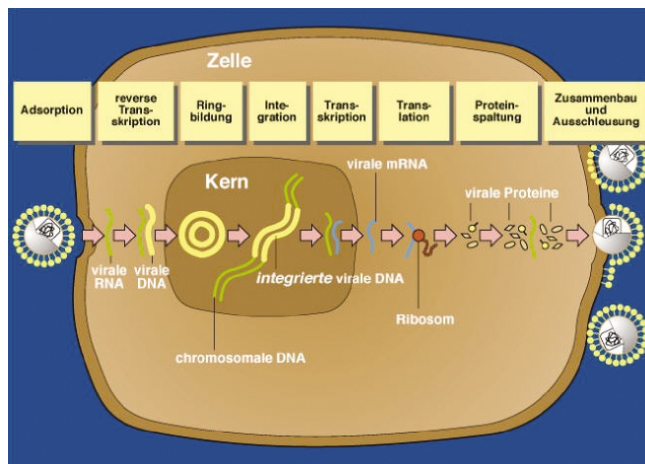
Thomas L. Pieper, Sipplingen, Joachim Kleiner, Moos

Der Bodensee gehört zu den Ökosystemen, die in den letzten 20 Jahren intensiv untersucht wurden. Mit modernen Analysenautomaten und Analysetechniken ist es heute möglich, kleinste Mengen von Stoffkonzentrationen nachzuweisen. In dem vorliegenden Beitrag wird die Frage diskutiert, welche Indikatorfunktion die Konzentration des gelösten Arsens im Tiefenwasser für die Qualität des Bodenseewassers haben kann.

CLB-MEMORY

Eine Fundgrube für Lehrer und Ausbilder:

Die Bildungsmesse 2001	M 25
Etherperoxide	M 26
Wechselwirkungen von Arzneimitteln, Teil 1	M 28
Die EN-Werte und ihre Historie, Teil 2	M 31
Bio-Sektor programmiert geprüft.....	M 32



Infektion mit dem HIV (s. S. 136)

UMSCHAU

- 149 **Stahlproduktion optimieren**
- 151 **Sicherheit in wenigen Stunden**

RUBRIKEN

- 122 **IMPRESSUM**
- 148 **FORSCHUNG + TECHNIK**
- 152 **WIRTSCHAFT**
- 153 **SOFTWARE**
- 154 **LITERATUR**
- 155 **NEUE PRODUKTE**
- 157 **TERMINE**
- 159 **BEZUGSQUELLEN-VERZEICHNIS**

Titelbild-Verweis

Das Titelbild ist eine Anzeige der Firma „Deutsche Metrohm GmbH & Co“. Weitere Informationen hierzu entnehmen Sie bitte der hinteren Umschlagseite innen.

Mobile NMR mit der NMR-MOUSE®

Dr. Ralf Eymael, Kidist Hailu, Prof. Dr. Bernhard Blümich, RWTH Aachen

Die Suche nach einfachen, schnellen und zerstörungsfreien Untersuchungsmethoden gewinnt in der Materialentwicklung, der Produktkontrolle und auch in der medizinischen Diagnostik stetig an Bedeutung. Die NMR-MOUSE®, eine handliche, mobile Messsonde, die nach dem Prinzip der Kernspintomographie funktioniert, ermöglicht zerstörungsfreie Messungen an nahezu beliebigen Objekten bis etwa 10 mm Tiefe. Aufgrund ihrer einfachen und anpassbaren Geometrie ist die NMR-MOUSE® für eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten an weicher Materie in Medizin und Technik einsetzbar.



Die magnetische Kernresonanz (engl.: nuclear magnetic resonance, NMR) ist eine analytische Standardmethode in der

chemischen und biochemischen Strukturanalyse [1] und die bildgebende NMR eine etablierte Diagnostikmethode in der Medizin [2]. Die vergleichsweise starke NMR-Empfindlichkeit der Wasserstoffkerne ermöglicht neben der erfolgreichen medizinischen Diagnostik auch die Untersuchung von weicher Materie wie Elastomeren, teilkristallinen Polymeren und Nahrungsmitteln [3, 4].

In der Materialforschung werden Werkstoffe und Produkte von unterschiedlicher Zusammensetzung entwickelt. Hier können bildgebende NMR-Verfahren gute Dienste zur Charakterisierung und Qualitätskontrolle leisten. Die dazu verwendeten Spektrometer sind heutzutage meist mit technisch aufwendigen supraleitenden Magnetsystemen ausgerüstet, um möglichst homogene Magnetfelder zu erzeugen. Damit sind sie jedoch zum einen kostspielig und zum anderen nicht einfach in Handhabung und Wartung. Ein Einsatz der NMR als Routinemethode im industriellen Umfeld wird hierdurch stark eingeschränkt.

Während für die chemische Analyse solche homogenen Magnetfelder erforderlich sind, können viele Bereiche der Materialanalyse und Prozesskontrolle auch in inhomogenen Magnetfeldern durchgeführt werden.

Bei herkömmlichen NMR-Systemen ergibt sich eine weitere Einschränkung: Das zu untersuchende Objekt muss in den Magneten eingebracht werden. Große und unförmige Objekte können also nicht untersucht werden, ohne diese zu zerstören. Ähnlich verhält es sich, wenn magnetische Komponenten im Material enthalten sind. Ein Beispiel hierfür ist der Stahlgürtel im Autoreifen: Dieser muss für konventionelle NMR-Untersuchungen herauspräpariert werden.

In der medizinischen Forschung und Diagnostik hat sich die NMR-Bildgebung heutzutage fest etabliert. Dennoch

sind auch in der Medizin die Einschränkungen herkömmlicher Tomographiegeräte von Bedeutung: Eine NMR-Untersuchung soll für den Patienten möglichst komfortabel sein, der Arzt wünscht sich die Möglichkeit eines uneingeschränkten operativen Zugriffs während der NMR-Messung. Die Suche nach alternativen Konzepten, die auch auf spezielle Fragestellungen optimiert sein können, gewinnt hier zunehmendes Interesse. Die NMR-MOUSE stellt ein solches Konzept dar, das für die Charakterisierung von weicher Materie wie Elastomere und biologisches Gewebe entwickelt wurde.

Einführung in die Magnetische Kernresonanz

Viele Atomkerne wie der des Wasserstoffs ^1H und des Kohlenstoffisotops ^{13}C besitzen einen Eigendrehim-

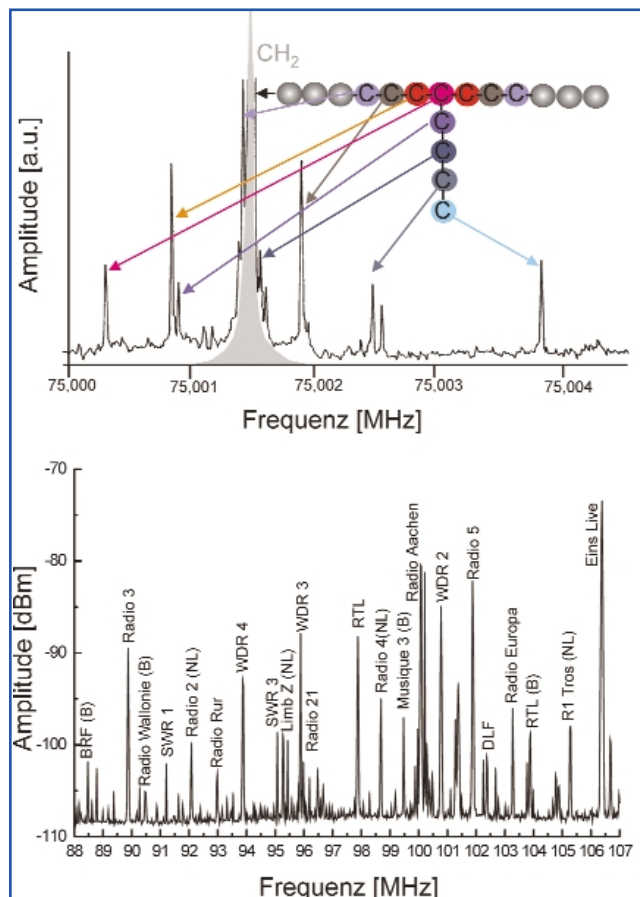
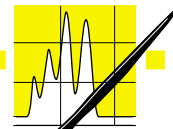


Abb. 1: Vergleich eines NMR-Spektrums mit der Verteilung von UKW-Sendern in einer bestimmten Gegend. Oben: ^{13}C -NMR Spektrum eines organischen Moleküls (Polyethylen). Das NMR-Spektrum stellt einen Fingerabdruck der Molekülstruktur dar. Unten: Spektrum von Radiofrequenzen im UKW-Bereich in Aachen. Das Spektrum ist der Fingerabdruck der geographischen Lage für Aachen



AUFSÄTZE

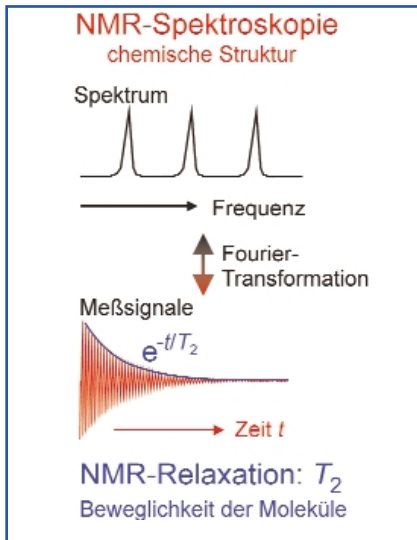


Abb. 2:
Das NMR-Signal: Nach einem kurzen Anregungspuls erhält man den freien Induktionszerfall (FID) als NMR-Messsignal (unten). Durch ein mathematisches Rechenverfahren, der Fourier-Transformation, erhält man daraus ein NMR-Spektrum (oben). Der zeitliche Zerfall des NMR-Messsignals wird durch die transversale NMR-Relaxationszeit T_2 bestimmt (unten). Sie ist ein Maß für die molekulare Beweglichkeit.

puls (engl.: Spin) und damit verbunden ein magnetisches Moment. In einem äußeren Magnetfeld (B_0 -Feld) folgen die magnetischen Momente der Kernspins den Gesetzen der Quantenmechanik. Das Ergebnis ist ein Magnetfeld, das parallel zum äußeren Feld verläuft. Die charakteristische Aufbauzeit dieses Magnetfeldes wird Spin-Gitter- oder longitudinale Relaxationszeit T_1 genannt.

Stört man die in einer Probe aufgebaute Magnetisierung, die entlang des externen Magnetfeldes orientiert ist, mit einem Hochfrequenzfeld (elektromagnetisches B_1 -Feld, im Radiowellenbereich), so liefert das Antwortsignal der Probe ein NMR-Spektrum. Für viele Kerne wie ^1H und ^{13}C , die in organischen Molekülen enthalten sind, ist das NMR-Spektrum ein Fingerabdruck der Molekülstruktur. Aus diesem Grund ist die NMR eine der bedeutendsten Methoden in der chemischen Analytik. Das NMR-Spektrum kann mit einem Spektrum von Radiostationen in einer bestimmten Gegend im UKW-Band verglichen werden, wobei die Verteilung der Radiowellenfrequenzen als Fingerabdruck der geographischen Lage betrachtet werden kann (Abb. 1). Für NMR-Messungen ist die Pulsanre-

gung inzwischen eine Routineanwendung. Die zu untersuchende Probe befindet sich dabei in einem zeitlich unveränderlichen äußeren Magnetfeld. Durch Einstrahlung eines Hochfrequenzpulses (HF-Puls) durch kurzzeitiges Anschalten einer Radiowelle wird den Atomkernen von außen Energie zugeführt. Für eine bestimmte Dauer des HF-Pulses wird die longitudinale Magnetisierung, die beim Einbringen der Probe in das Magnetfeld aufgebaut wird, in die transversale Ebene gebracht. Der freie Induktionszerfall (engl.: Free Induction Decay, FID), der nach dem Puls als NMR-Signal detektiert wird, ist das ausschwingende Messsignal der Atomkerne. Im Idealfall zerfällt das NMR-Messsignal exponentiell mit einer charakteristischen Zeitkonstante T_2 , die als Spin-Spin- oder transversale Relaxationszeit bekannt ist (Abb. 2). In Flüssigkeiten ist die transversale Relaxationszeit T_2 in der gleichen Größenordnung wie die longitudinale Relaxationszeit T_1 , wobei in Festkörpern, wie auch in Elastomeren oder Hautgeweben, T_2 bedeutend kürzer ist.

Während der zeitliche Verlauf des FIDs die NMR-Relaxation beschreibt,

erhält man durch ein mathematisches Rechenverfahren, der Fourier-Transformation (FT), das NMR-Spektrum (Abb. 2). Die FT-Methode ist heutzutage das Standardverfahren in der NMR-Spektroskopie.

Die NMR-MOUSE®

Die Realisierung eines NMR-Systems, das eine Reihe von Einschränkungen herkömmlicher NMR-Geräte aufhebt, ist die NMR-MOUSE (*Mobile Universal Surface Explorer*) [5, 6]. Diese verfolgt die Philosophie, dass nicht die Probe den Kriterien des Spektrometers angepasst werden muss, sondern dass umgekehrt das Spektrometer an das Objekt angepasst ist. Die NMR-MOUSE ist daher als Oberflächensonde konzipiert, d.h. sie wird auf die Probe aufgebracht. Zerstörungsfreie Messungen sind damit auch an großen Objekten möglich.

In der Materialforschung und Produktentwicklung werden vielfach ein-

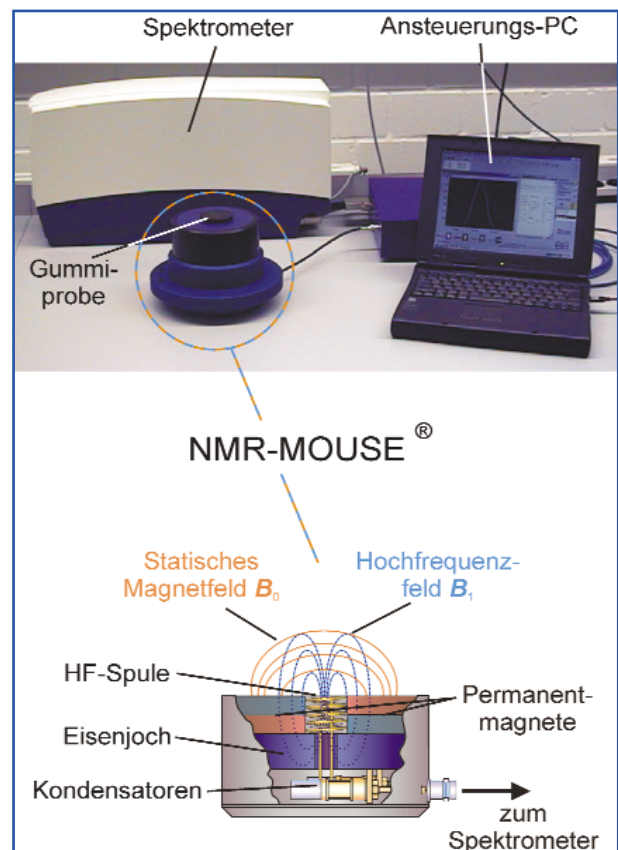
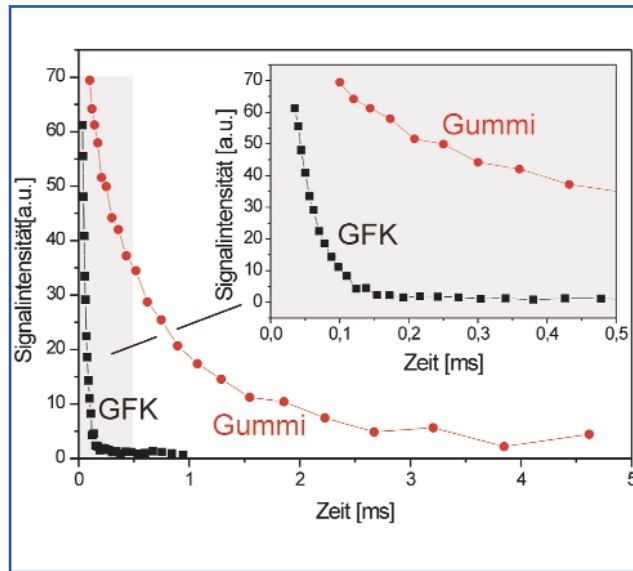


Abb. 3:
Abbildung eines NMR-MOUSE®-Systems. Dieses besteht aus der eigentlichen Messsonde, der NMR-MOUSE®, und einem konventionellen computergesteuerten Spektrometer, das die hochfrequenten Pulse erzeugt und die Signalverarbeitung übernimmt (oben). Unten: Schematischer Aufbau der NMR-MOUSE® und der Magnetfeldverläufe.

Abb. 4: Mit der NMR-MOUSE[®] gemessene Kurven der transversalen Relaxation an einem glasfaserverstärkten Kunststoff (GFK) und an einem Gummi, wie er in Autoreifen verwendet wird. Das Messsignal des harten GFK-Werkstoffes zerfällt zeitlich wesentlich schneller als das des weichen Gummis. Die gemessenen Signalkurven lassen sich für jedes Material durch charakteristische Relaxationszeiten T_2 näherungsweise beschreiben, für den GFK-Werkstoff liegt T_2 bei 0,04 ms, für den Gummi bei 0,8 ms.



fache Relaxationsmessungen durchgeführt. Gerade für die Charakterisierung weicher Materie wie Elastomere und biologisches Gewebe sind diese einsetzbar. Vorteilhaft ist, dass man an sich keine homogenen Magnetfelder für Relaxationsmessungen benötigt, sondern diese auch in inhomogenen Magnetfeldern durchgeführt werden können. Allerdings kann man in inhomogenen Feldern keine NMR-Spektren messen. Die NMR-MOUSE macht sich die Bedeutung der Relaxationsuntersuchungen für die Charakterisierung weicher Materie zu Nutze und verzichtet auf aufwendige Technik zur Erzeugung homogener Magnetfelder. So kann die Messsonde kompakt konstruiert werden und bietet damit gegenüber herkömmlichen Geräten einen weiteren Vorteil: Sie ist mobil.

Eine typische Ausführung einer NMR-MOUSE ist in Abbildung 3 gezeigt. Sie besteht aus einem supraleitenden Magneten aus Permanentmagneten. Über ein Eisenjoch verbunden bilden diese die Form eines klassischen Hufeisenmagneten und dienen zur Erzeugung des statischen Magnetfeldes. Entlang dieses Feldes bildet sich die Kernmagnetisierung im Objekt aus, ähnlich wie sich eine Kompassnadel im Erdmagnetfeld orientiert. Die Stärke des von der NMR-MOUSE erzeugten Magnetfeldes hängt davon ab, welche Magnete man verwendet und wie groß der Abstand zwischen diesen ist. Die Feldstärke

liegt bei einem typischen Magnetabstand von 10 bis 20 mm in der Größenordnung von 0,5 T an der Oberfläche der Messsonde und ist damit vergleichbar zu den Feldstärken medizinischer Tomographen.

Mit einer Hochfrequenzspule, die zwischen den Magneten angebracht ist, wird das elektromagnetische Anregungsfeld erzeugt. Dieses ist wie bei herkömmlichen Geräten schaltbar, so dass die für NMR-Experimente notwendigen Veränderungen in der Ausrichtung der Kernspins gezielt hervorgerufen werden können. Über die Abmessung und Geometrie der Hochfrequenzspule kann man das Messvolumen im Objekt bestimmen, insbesondere wie tief man in die Probe hineinmessen kann, z. B. bis zu 10 Millimetern.

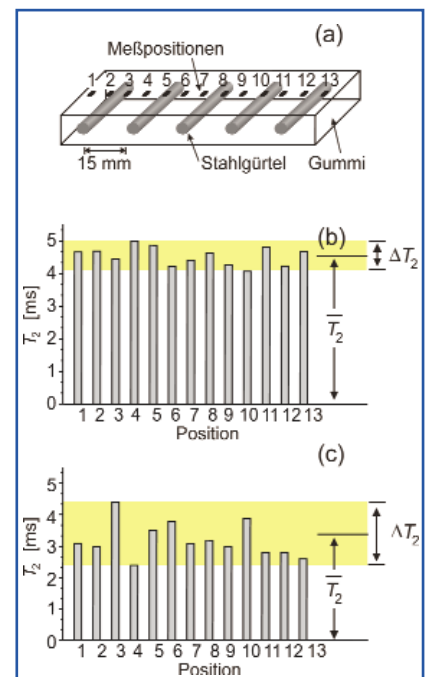
Eine NMR-MOUSE ist üblicherweise nur etwas größer als eine menschliche Faust. Das Konzept ihres Aufbaus ist jedoch im Prinzip modular, so dass man für spezielle Fragestellungen angepasste, größere oder kleinere „Mäuse“ konstruiert. Neben der eigentlichen Messsonde, der NMR-MOUSE, benötigt man für die Steuerung der NMR-Messungen und für die Verarbeitung der Messdaten ein Spektrometer. Hierfür kann man ein kompaktes Spektrometer einsetzen, die etwa die Größe eines Personal-Computers besitzen. Ein komplettes NMR-MOUSE-System ist damit mobil. Im Folgenden wird anhand einiger Beispiele gezeigt, wie auf Basis von Rela-

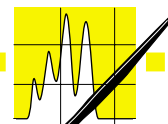
xationsmessungen die NMR-MOUSE zur Charakterisierung sowohl von Materialien als auch von biologischem Gewebe eingesetzt werden kann.

Anwendungsbeispiele der NMR-MOUSE[®]

Die makroskopischen Eigenschaften eines Materials werden durch dessen molekularen Aufbau bestimmt. Neben der Struktur der Moleküle ist auch deren Beweglichkeit von Bedeutung. Bei harten Werkstoffen wie beispielsweise glasfaserverstärkten Kunststoffen (GFK) mit festkörperähnlichen Eigenschaften ist die molekulare Beweglichkeit stark eingeschränkt. In typischen Elastomeren hingegen ist diese eher vergleichbar mit viskosen Flüssigkeiten. Diese Unterschiede haben auch Auswirkungen auf die NMR-Relaxation. In Abbildung 4 sind die mit der NMR-MOUSE gemessenen Relaxationskurven der transversalen Relaxation T_2 für einen GFK-Werkstoff und einen Gummi, wie er in der Reifenproduktion einge-

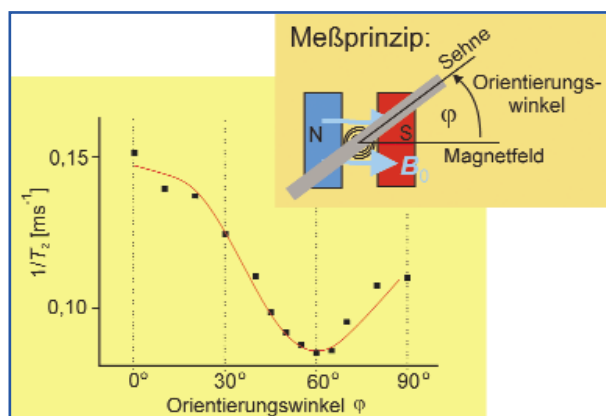
Abb. 5: Qualitätskontrolle an einem Transportfördergurt (a) mit der NMR-MOUSE[®]. Die an verschiedenen Positionen gemessenen T_2 -Zeiten zeigen eine weichere Oberseite des Fördergurtes mit einem höheren Mittelwert für T_2 (b) und eine härtere Unterseite mit einem niedrigeren mittleren T_2 -Wert (c). Die Streuung der Relaxationszeiten deutet auf einen unterschiedlichen Grad an Inhomogenitäten für beide Seiten des Fördergurtes hin.





AUFSÄTZE

Abb. 6:
Winkelabhängigkeit der transversalen Relaxation T_2 , gemessen mit der NMR-MOUSE® an einer Tiersehne. Durch die Faserstrukturen in der Sehne besitzt diese eine Vorzugsrichtung für die Kollagenmoleküle. Verschiedene Orientierungen der Sehne relativ zum äußeren Magnetfeld haben dann verschiedene Relaxationsraten $1/T_2$ zur Folge. Die messbare Änderung von $1/T_2$ hängt davon ab, wie ausgeprägt eine Vorzugsrichtung ist.



setzt wird, gezeigt. Für den harten Werkstoff nimmt die Intensität des Messsignals sehr schnell ab, für den Gummi ist dieser Zerfall wesentlich langsamer. Die gezeigten Messkurven lassen sich durch exponentielle Zerfallsfunktionen mit jeweils für das Material charakteristische Zerfallskonstanten $1/T_2$ beschreiben. Diese sind ein Maß für die molekulare Beweglichkeit und können mit makroskopischen Parametern korreliert werden, z. B. der Vernetzungsdichte oder dem Elastizitätsmodul.

Auch innerhalb eines Werkstoffes können unterschiedliche Verteilungen der molekularen Beweglichkeit vorliegen, z. B. wenn verschiedene Einzelkomponenten im Werkstoff verarbeitet wurden und daher lokale Inhomogenitäten vorliegen, die beim Herstellungsprozess entstehen können. Ein Beispiel für eine derartige Fragestellung ist die Untersuchung eines durch einen Stahlgürtel verstärkten Transportfördergurtes. An diesem wurde an verschiedenen Positionen an der Ober- und Unterseite die transversale Relaxationszeit T_2 gemessen (Abb. 5). Die Messungen wurden mit einer Messzeit von etwa 3 Minuten für jeden Einzelpunkt durchgeführt. Die örtliche Auflösung jedes Messpunktes wird durch das empfindliche Messvolumen bestimmt, das bei der verwendeten NMR-MOUSE einen Durchmesser von etwa 10 mm besitzt. Die T_2 -Zeiten zeigen unterschiedliche Mittelwerte und Schwankungen für die beiden Seiten des Fördergurtes aufgrund verschiedener Festigkeiten und Homogenitäten des Materials. Diese Untersuchungen können Aufschluss über den Zustand des Fördergurtes geben und

erlauben somit eine Kontrolle der Abnutzung.

Das Relaxationsverhalten hängt nicht nur von der Art des Materials ab, sondern auch von seiner Orientierung und räumlichen Anordnung auf molekularer Ebene. Liegt eine Vorzugsrichtung der Moleküle vor, so haben unterschiedliche Orientierungen dieser Vorzugsrichtung relativ zur Haupttrichtung des äußeren Magnetfeldes auch unterschiedliche Relaxationsraten zur Folge. Dies kann z. B. in verstreckten Elastomeren beobachtet werden. Aber auch in der Medizin weisen viele Gewebe aufgrund von Faserstrukturen eine Vorzugsrichtung auf, z. B. Sehnen. In Abbildung 6 sind orientierungsabhängig gemessene Relaxationsraten $1/T_2$ an einer tierischen Sehne gezeigt. Die Form des erhaltenen Kurvenverlaufs hängt von der Ausprägung der Vorzugsorientierung der Kollagenmoleküle im Gewebe ab. Dies kann für eine Überprüfung des Ausmaßes einer Schädigung des Gewebes genutzt werden, beispielsweise an der menschlichen Achillessehne, da die Schädigung einen Verlust der Vorzugsrichtung mit sich bringt. Solche winkelabhängigen Messungen direkt am Patienten können mit einem herkömmlichen medizinischen NMR-Tomographen nicht durchgeführt werden, da die „Röhre“ des Tomographen die Lage des Patienten diktiert und damit nur eine einzige feste Orientierung der Sehne zum Magnetfeld möglich ist.

■ Ausblick

Die hier gezeigten Beispiele stellen nur einen kleinen Bereich dessen dar, wie die NMR-MOUSE in der Material-

forschung und Medizin eingesetzt werden kann. Dadurch, dass magnetische Materialien bei Messungen mit der NMR-MOUSE nur wenig stören, können beispielsweise ganze Autoreifen trotz des enthaltenen Stahlgürtels mit Relaxationsmessungen untersucht werden. Weitere Anwendungsmöglichkeiten nutzen z. B. das Diffusionsverhalten von Flüssigkeiten aus. Gerade zur Charakterisierung von Geweben spielt dies eine bedeutende Rolle in der Medizin, aber auch bei der Beurteilung von Lebensmitteln, da z. B. Obst einen hohen Wasseranteil besitzt. Da die Messsonde an sich recht einfach aufgebaut ist, lässt sie sich leicht in Form und Größe anpassen, so dass die NMR-MOUSE auch für ausgefallene Anwendungen eingesetzt werden kann.

Danksagung

Die Entwicklung von Gerät und Methoden zur NMR-MOUSE® werden von der DFG und dem BMBF gefördert. Die DFG-Forschergruppe „Oberflächen-NMR an Elastomeren und biologischen Geweben“ beschäftigt sich mit der Entwicklung eines mobilen Kernspintomographen nach dem Prinzip der NMR-MOUSE®. Weitere Informationen sind abrufbar über den Internetzugang <http://www.NMR-MOUSE.de>.

Literatur

- [1] R.R. Ernst, G. Bodenhausen and A. Wokaun, Principles of Nuclear Magnetic Resonance in One and Two Dimensions, Clarendon Press, Oxford, 1987.
- [2] E.M. Haake, R.W. Brown, M.R. Thompson and R. Venkatesan, ed., Magnetic Resonance Imaging, Wiley-Liss, New York, 1999.
- [3] P.T. Callaghan, Principles of Nuclear Magnetic Resonance Microscopy, Clarendon Press, Oxford, 1991.
- [4] B. Blümich, NMR Imaging of Materials, Oxford University Press, Oxford, 2000.
- [5] G. Eidmann, R. Savelsberg, P. Blümmler and B. Blümich, The NMR-MOUSE: A Mobile Universal Surface Explorer, J. Magn. Reson. A 122 (1996) 104.
- [6] <http://www.NMR-MOUSE.de>.

Kontakt

Prof. Dr. B. Blümich, Institut für Technische Chemie und Makromolekulare Chemie, Lehrstuhl für Makromolekulare Chemie und Zentrum für Magnetische Resonanz MARC, RWTH Aachen, Worringer Weg 1, D-52074 Aachen.

Analytik und Metallurgie (Teil 2)

Prof. Dr. Karl Heinz Koch, Gesellschaft zur Förderung der Spektrochemie und angewandten Spektroskopie e. V., Dortmund

Der durch die technische Entwicklung und die betriebliche Einführung neuer metallurgischer Verfahren sowie eine sich ständig fortentwickelnde Weiterverarbeitung der Primärerzeugnisse charakterisierte Wandel in der Stahlindustrie führte zu immer neuen analytischen Aufgabenstellungen. Zu den prozess- und produktanalytischen Aufgaben kamen seit den 50er Jahren in steigendem Maße Problemstellungen aus den Bereichen Weiterverarbeitung und Oberflächenveredlung sowie Instandhaltung, Umwelttechnik und Ergonomie hinzu.



Während noch 1950 ausschließlich chemische Methoden zur Prozess- und Produktanalytik eingesetzt wurden, begann nach 1950 der erste Einsatz und um 1960 die verbreitete Einführung der Emissionsspektrometrie zur Prozessüberwachung und -steuerung in der europäischen Stahlindustrie. Dieses Analysenprinzip war schon kurz nach seiner Begründung durch R. Bunsen und G. Kirchhoff (1860) zur Prozessoptimierung herangezogen worden. So hatte A. Lielegg bereits 1867 spektrale Beobachtungen der beim Prozessablauf aus dem Bessemer-Konverter unter Flammenerscheinungen entweichenden Abgase zur Verbesserung der Prozessüberwachung und objektiven Bestimmung des Prozessendpunktes des Verfahrens vorgeschlagen [6]. Trotz dieser neuen prozessanalytischen Möglichkeit folgte die metallurgische Prozessführung aber überwiegend den aus der Erfahrung abgeleiteten Regeln. Das galt auch für die Dortmunder Hüttenwerke. Als großer Nachteil wurde sicher empfunden, dass auf diese Weise zwar der Frischprozess indirekt beobachtet, nicht aber die chemische Zusammensetzung des Stahlbades be-

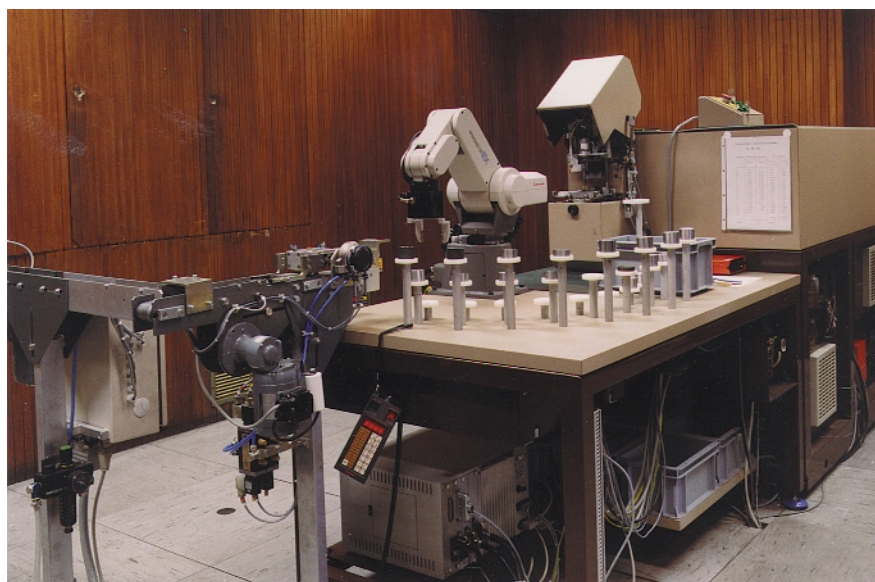
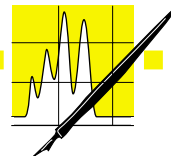


Abb. 7: Rechnergesteuertes Emissionsspektrometer. (Links im Bild: Automatische Probenzufuhr; Bildmitte: Probenmanipulator und Stative mit Referenzproben zur automatischen Rekalibrierung).

stimmt werden konnte. Die in jener Zeit erschienenen Arbeiten enthielten interessanterweise bereits alle wesentlichen Kriterien, die schließlich vor rund 45 Jahren zum umfassenden Einsatz der Emissionsspektrometrie in der Metallurgie – allerdings mittels einer aus der Schmelze entnommenen Probe – geführt haben.

Die sich aus der in den 50er Jahren beginnenden Entwicklung der Sauerstoffblasstahltechnik (Verfahren von hoher Produktivität, bei denen reiner Sauerstoff *auf* oder gemeinsam mit Inertgasen oder Kohlenwasserstoffen *durch* die Schmelze geblasen wird. Die Prozessleitung erfolgt durch Einsatz von Steuermodellen unter Einbeziehung prozessanalytischer Daten.), – die bereits 1963 nach umfangreichen eigenen Entwicklungsarbeiten im Hörder Werk das Thomasverfahren ablöste – ergebenden Forderungen nach einer minutenschnellen, diesen

neuen Prozessen gerecht werdenden Analytik für das Ausgangsmaterial Roheisen und das Endprodukt Stahl, die sich außerdem in übergeordnete Datenverarbeitungs- und Prozessleitsysteme einbinden lässt, konnten durch die Entwicklung von Spektrometern mit photoelektrischen Strahlungsempfängern erfüllt werden. Die Voraussetzungen zur Lösung dieser Aufgabe schufen G. Thanheiser und J. Heyes am damaligen Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung in Düsseldorf mit ihren im Jahre 1935 beginnenden Untersuchungen zur unmittelbaren photoelektrischen Bestimmung von Begleitelementen in Stählen und Aluminium [7]. Diese Arbeiten wurden in den USA in den 40er Jahren erfolgreich fortgeführt, und als Ergebnis dieser Entwicklung entstanden die ersten kommerziellen Emissionsspektrometer mit Funkenanregung (Quantometer®), die ab 1950 auch auf den



europäischen Markt gelangten. Mit der nun möglichen prozessorientierten Überwachung der Stahlzusammensetzung war eine wesentliche Voraussetzung für ein neues Zeitalter der Stahlerzeugung geschaffen. Das erste Quantometer für die Analyse von unlegierten Stählen in Deutschland, das zunächst zur Prozesskontrolle eines Thomaswerkes diente, stand in einem Dortmunder Laboratorium.

Allerdings konnte mit diesen Spektrometern der ersten Generation, bei denen die Analysenfunkstrecke von Luft umgeben war, weder Kohlenstoff noch Schwefel wegen der Absorption der Hauptnachweislinien in Luft bestimmt werden. Der durchschlagende Erfolg gelang mit der Schaffung der Vakuumspektrometer, bei denen der Analysenfunkstrecke in einer Edelgasatmosphäre „brennt“ und der optische Teil des Spektrometers evakuiert ist, wodurch der Spektralbereich unterhalb von 200 nm nutzbar und damit die Bestimmung der genannten Elemente möglich wird.

Die weitere Entwicklung in den folgenden Jahrzehnten führte von den zunächst aus mehreren Einheiten bestehenden und eine beachtliche Fläche beanspruchenden Geräten zu den universell einsetzbaren, rechnergesteuerten Spektrometern in Kompaktbauweise (Abb. 7), die sich mit den Begriffen Optimierung der Untersuchungsparameter, Miniaturisierung der Bauteile, Mikroelektronik und Einsatz modernster Computertechnik umschreiben lässt. Diese Fortschritte führten schließlich zu weitgehend automatisierten analytischen Zentrallaboratorien einerseits (Abb. 8) und andererseits zu dezentralen, (oft) manuell betriebenen Einrichtungen vor Ort in den Stahlwerken (Containerlaboratorien).

Trotz der erzielten analytischen und metallurgischen Erfolge gingen und gehen die Forderungen vor dem Hintergrund steigender Prozessautomatation und der verbreiteten Anwendung sekundärmetallurgischer Maßnahmen weiter. Eine weitere Erhöhung der metallurgischen Produktivität erscheint z.B. durch eine verzögerungsfreie Prozessanalytik (Inline-Verfahren) nahe liegend. Allerdings haben die zur Inline-Analyse von Schmelzen bisher

durchgeführten zahlreichen spektrometrischen Forschungsprojekte bis heute nicht zu ausgereiften, in einem Dauereinsatz verwendbaren Betriebsverfahren geführt.

Zur Prozesssteuerung von Sauerstoffblasstahlwerken wird neben der zeitkritischen Stahl- und der kontinuierlichen Konverterabgasanalyse eine schnelle Schlackenanalyse benötigt. Die Kenntnis der Schlackenzusammensetzung gestattet die Berechnung bestimmter Elementanteile des flüssigen Stahls; ferner wird damit die gewünschte Aufstellung von Wärme- und Mengenbilanzen möglich. Diese analytische Aufgabe wurde seit 1967 mit Hilfe der Röntgenfluoreszenzspektrometrie gelöst, die darüber hinaus inzwischen wesentlich zur Rationalisierung der Laborarbeiten beigetragen hat und zur Untersuchung von Erzen, Zuschlägen, Sinter, feuerfesten Baustoffen, Schlämmen, Stäuben, Brennstoffen, Legierungen, NE-Metallen u.ä. eingesetzt wird. Daneben finden für eine Vielzahl von Aufgaben sowie für qualitätssichernde Kontrollanalysen verbreitet die Atomabsorptionsspektrometrie (seit 1966; in einem Dortmunder Hüttenlaboratorium erstmals für eine breite Stoffpalette angewendet) und die ICP-Spektrometrie (seit 1976) Anwendung [8]. Die letzte-

re Methode gelangte nach mehrjährigen, von der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl (EGKS) geförderten Entwicklungs- und Applikationsarbeiten in Dortmund als erstem europäischen Eisenhüttenlaboratorium zum Routineeinsatz. Ebenfalls wurde in diesem Laboratorium die IR-Spektroskopie erstmals in der Stahlindustrie zur Lösung anorganischer und organischer Problemstellungen eingeführt.

Neben den bisher skizzierten Aufgaben gibt es eine Vielzahl analytischer Problemstellungen, z.B. auf dem Gebiet der Spuren-, Mikro-, Phasen- und Oberflächenanalytik sowie der spektroskopischen organischen Analytik und der chemisch-technologischen Prüfungen, auf die im Rahmen dieses Beitrages nicht näher eingegangen werden kann. Analoges gilt für die Teilgebiete der Gas-, Wasser-, Umwelt- und Gefahrstoffanalytik, für die spektrometrische Methoden außerordentliche Bedeutung besitzen.



Abb. 8: Operator-Arbeitsplatz in einem automatisierten Stahlwerkslaboratorium, von dem aus sämtliche analytischen Arbeitsvorgänge überwacht werden, an dem alle Störungsmeldungen auflaufen und der in ständigem multikommunikativem Kontakt mit den Schmelzbetrieben steht.



Abb. 9:
Probenwerkstatt für die Vorbereitung von Roheisen- und Stahlproben (um 1900).

Automation und Qualitätssicherung

Aus Forderungen nach einer Kostenminimierung und der Steigerung der analytischen Produktivität resultiert der Zwang nach Rationalisierung und Robotisierung der Arbeitsabläufe. Diese Aufgabe beginnt bei der Probenentnahme und der Probenvorbereitung und endet mit der Datenübertragung in die Leitsysteme der Auftraggeber. Mit dem Ziel der Kostensenkung aber auch der Analysenzeitverkürzung und der Qualitätssteigerung wurden für zahlreiche instrumentelle Methoden Automationssysteme entwickelt und mit dem gewünschten Erfolg industriell eingesetzt. Das Beispiel der Probenvorbereitung von

Roheisen- und Stahlproben verdeutlicht die historische Entwicklung: Um 1900 wurde eine geräumige Probenwerkstatt mit Zerkleinerungs- und Mahlvorrichtungen sowie mit Bohr-, Schleif-, Stanz- und Fräsmaschinen und nicht zu vergessen dem entsprechenden Personal benötigt (Abb.9), während diese Aufgaben heute mit multifunktionalen Fräs- und Schleifautomaten, denen die Proben programmgesteuert zugeführt und diese nach der Bearbeitung – ohne menschlichen Eingriff – rechnergesteuert zu den Analysegeräten weitergeleitet werden (Abb.10). Da der Einsatz derartiger Anlagen einschließlich der dazugehörigen analytischen Instrumentarien mit einem beachtlichen finanziellen

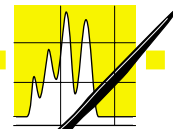
Aufwand verbunden ist, müssen bei jeder Investition auch Aspekte der Bedienungstheorie berücksichtigt werden, um den prozesstechnischen Forderungen mit einem geringst möglichen Aufwand zu genügen.

Die Einführung der Atomspektrometrie bot aufgrund der ihr zugrunde liegenden Analysenprinzipien und der sich daraus ableitenden Gerätekonzeptionen die erste Möglichkeit zur umfassenden Automatisierung analytischer Arbeitsabläufe innerhalb der Laboratorien. Am Ende dieser Entwicklung steht der Aufbau von rechnergestützten Analysenlinien, die den gesamten Vorgang der Auftragsabwicklung vom Probeneingang im Laboratorium über die spektrometrische Analyse bis zum Datentransfer an die Auftraggeber umfassen. Der im weiteren Verlauf zunehmende Zwang zur Kostensenkung und zur weiteren Rationalisierung der Laborarbeit führte dann zu einer Reihe von interessanten Ansätzen, um die Leistungsfähigkeit der Laboratorien trotz starker Verringerung des personellen Aufwandes noch zu erhöhen.

Dabei ergaben sich in den unterschiedlichsten Aufgabenbereichen Lösungsmöglichkeiten durch die Automatisierung und Robotisierung von Verfahrensabläufen, wie die nachfolgenden Beispiele belegen. So ist aus dem Bereich der Wasseranalytik der Einsatz von automatischen Mehrkomponentenanalysatoren und aus der Stahlanalytik, über die Spektrometrie hinausgehend, der Einsatz von Robotern bei der automatischen Bestim-

Tab. 5:
Qualitätsprüfung als Teil der Qualitätssicherung bei der Stahlerzeugung.

Herstellungsort/Verfahrensschritt	Qualitätsprüfung	Qualitätslenkung
Hochofenwerk	Chemische Zusammensetzung des Roheisens	
Stahlwerk/Konverterbetrieb	Chemische Zusammensetzung der Schmelze vor dem Legieren	
Stahlwerk/Legieren	Chemische Zusammensetzung der Schmelze nach dem Legieren	
Stahlwerk/Gießanlage	Chemische Zusammensetzung der Schmelze beim Gießverlauf	
Qualitätslenkung/ Stahlverplanung	Chemische Zusammensetzung der Schmelze nach evtl. Zusatzbehandlung	Freigabe der Schmelze für den betr. Auftrag
Adjustage/Inspektion/ Oberflächenbearbeitung	Oberflächenprüfung/Identität	Freigabe für die Weiterverarbeitung durch Walzen



mung des Stickstoff-, Kohlenstoff- und Schwefelanteils als verlässliche Kontrolle kleiner Elementanteile im Stahl oder des Roh-eiseneinsatzes im Blasstahlwerk zu nennen. Im letztgenannten Beispiel erfolgt eine Verbrennung der Proben im Sauerstoffstrom mit anschließender Infrarot-Detektion, wobei ein Industrie-roboter nach Empfang der Probe diese den verschiedenen Stationen des Systems, wie Waage, Zuschlagzugabe usw. und schließlich der Ofen- und Detektionseinheit zuführt.

Die Robotisierung analytischer Arbeitsabläufe bot insbesondere auch im Bereich der Stahlweiterverarbeitung interessante Anwendungsmöglichkeiten. So wird bei der Verformung von Stahl durch einen Kaltwalzprozess als wichtigster Walzhilfsstoff eine Walzölemulsion, die komplexe Aufgaben zu erfüllen hat, eingesetzt. Ihre Eigenschaften haben einen erheblichen Einfluss auf die „Sauberkeit“, des Produktes Feinblech (begrenzte C-Belastung auf der Oberfläche!). Daher ist eine ständige Kontrolle der Emulsienseigenschaften zwingend notwendig. Der Einsatz eines Laborroboters (für die Walzölanalytik in der europäischen Stahlindustrie zuerst 1988 in Dortmund installiert) ermöglichte hier den steigenden betrieblichen und qualitativen Anforderungen rationell zu genügen [9].

Da die genannte Sauberkeit der Feinblechoberfläche nach dem abschließenden Glühprozess die Haftung von Oberflächenbeschichtungen maßgeblich beeinflusst, werden als Prozess- und Qualitätskontrolle ständig die Kohlenstoffauflagen auf Feinblechproben bestimmt. Hierzu wird ebenfalls ein Laborroboter eingesetzt, der selbsttätig streifenförmige Probenabschnitte einem Kohlenstoffanalysator mit Ofeneinheit und IR-Detektor zuführt. Das dritte Beispiel entstammt der Verarbeitung von warmgewalzten Stahlbändern. Bei der Regenerierung der beim Beizprozess der Stahlbänder anfallenden Salzsäurebeize fällt Eisenoxid an, das einen wertvollen Rohstoff für die Elektronikindustrie darstellt. Voraussetzung für dessen Verwertbarkeit ist jedoch die regelmäßige Überwachung u.a. der Beize. Zur Erfüllung dieser Forderung wurde daher

ein Containerlaboratorium mit einem automatischen Online-ICP-Spektrometer im Bereich der Regenerierungsanlage installiert [9].

Die Automatisierung analytischer Verfahren bietet aber nicht nur die Möglichkeit zur Kostensenkung und zur Steigerung der „analytischen Produktivität“, sondern auch der weitgehenden Vermeidung oder erheblichen Reduzierung von individuellen (menschlichen) Fehlern bei den einzelnen analytischen Teilschritten und leistet damit einen deutlichen Beitrag zur Qualitätssicherung analytischer Arbeitsergebnisse. Die Qualitätssicherung spielt heute in allen Lebensbereichen eine beachtete Rolle und ist zunehmend in das Bewusstsein einer breiten Öffentlichkeit gedrungen. In der Prozesstechnik, hier der Metallurgie (Tab. 5), und in der Analytik ist sie zu einem essentiellen Bestandteil geworden.

Die der Qualitätssicherung in der Analytik dienenden Maßnahmen, die Beschreibung der angewendeten Verfahren und der eingesetzten Geräte

und vieles mehr sind in aufgabenbezogenen Qualitätsmanagementhandbüchern (QMH) zu beschreiben, deren Umfang und Inhalt in verschiedenen Normen und Richtlinien niedergelegt sind [10]. Da das QMH, das die Funktion eines innerbetrieblichen Regelwerkes besitzt, Grundlage einer jeden unternehmensinternen und externen Überprüfung (Systemaudit) ist, muss besonders darauf geachtet werden, dass daraus alle für ein Audit relevanten Informationen zu entnehmen sind. Auch in diesem Zusammenhang zählten die Dortmunder Laboratorien zu den ersten, die auf diesem Gebiet tätig geworden sind und die ein alle analytischen Bereiche umfassendes QMH ausgearbeitet haben.

Abb.10:
Moderner Fräs- und Schleifautomat für die Vorbereitung von Stahlproben
(Typ HBF 4000).
(Mit freundlicher Genehmigung der Herzog Maschinenfabrik GmbH & Co., Osnabrück).





Abb. 11: Bildlicher Querschnitt durch ein feuerverzinktes und bandbeschichtetes Feinblech als korrosionsgeschützter und dekorativer Werkstoff für die Bautechnik.

Hightech in der Analytik von Stahlerzeugnissen

Nach der Stilllegung der Roheisen- und Stahlproduktion infolge der bereits genannten Umstrukturierungsmaßnahmen bleibt Dortmund eines der bedeutsamsten Zentren für oberflächenveredelte Stahlprodukte und wird durch den Entscheid der Thyssen Krupp Stahl AG zudem ein Zentrum der Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Oberflächentechnik und oberflächenveredelter Werkstoffe. Zu den immer schon bestehenden Betrieben zur Erzeugung von verzinkten, legierverzinkten, verbleiten und verzinnenden Bändern und Blechen, die als Keimzelle der Oberflächentechnik in dieser Region betrachtet werden können, sind neue Bereiche der Oberflächenveredelung und einzigartige Forschungseinrichtungen in dem dafür neuerrichteten „Dortmunder Oberflächen Centrum“ hinzugekommen. Insbesondere diese jüngsten Entwicklungen bringen für die Analytik neue Herausforderungen und sehr spezielle Aufgaben. Sie zu bewältigen erfordert ein hochtechnisiertes und computergestütztes Instrumentarium (Hightech-Analytik) sowie ein hochqualifiziertes und motiviertes Laborpersonal.

Die Beschäftigung mit diesem Teilgebiet der Analytik geschah bereits ab dem Jahre 1982 in der unbestrittenen Erkenntnis, dass Erzeuger von oberflächenveredelten Flachprodukten der Methodik der Oberflächenanalytik bedürfen. Die Verschiedenartigkeit der Beschichtungsstoffe bedingt den Einsatz unterschiedlichster Analysemethoden zur Kennzeichnung der Auflagen und grenzflächennahen Schichten. Durch Kombination verschiedener Analyseverfahren ist eine analytische Gesamtaussage möglich, die Rückschlüsse auf betriebliche Zustände und Prozessabläufe oder im Reklamationsfall auf ungewöhnliche Belastungen der Oberfläche zulassen. Außerdem unterstützt die Oberflächenanalytik häufig die technische Lösung chemischer Problemstellungen, wie z.B. die Optimierung von Galvanikbädern, das „Nachschärfen“ von Kaltwalzemonitionen oder den Einsatz von Lösemitteln geringer Toxizität bei Kunststoffbeschichtungen. Analytische Untersuchungen sind ferner zur Produktverbesserung, zur Prozessoptimierung, z.B. durch Aufklärung von Reaktionsmechanismen, und zur Klärung von prozesstechnischen Problemen notwendig. Der mehrschichtige Aufbau beispielsweise eines feuerverzinkten und bandbeschichteten Feinblechs (Abb. 11) macht deutlich, dass bei derartigen Werkstoffen eine Reihe von Problemen an den Phasengrenzflächen, z. B. im Zusammenhang mit Fragen der Haftung, auftreten können,

die zur Klärung einen kompetenten analytischen Fachbereich erfordern.

Zur schnellen Charakterisierung von Feinblechoberflächen und ihrer Veränderungen im Prozessablauf hatte sich sehr bald die Glimmentladungsspektrometrie (GDOS) – erstmals für diesen Zweck in den Dortmunder Hüttenlaboratorien eingesetzt – als sehr nutzbringend und vielseitig einsetzbar erwiesen (Abb. 12). Die mit ihr erhaltenen Tiefenprofile, d.h. Aussagen über den Konzentrationsverlauf eines Elementes oder mehrerer Komponenten als Funktion des Abstandes von der Oberfläche, lassen Rückschlüsse auf Prozessabläufe in den verschiedenen Prozessstadien und gegebenenfalls auf die Beeinflussung der Oberflächeneigenschaften industriell erzeugter Produkte durch mechanische oder chemische Einwirkungen zu. Da die GDOS im wesentlichen nur metallische Oberflächenschichten zu analysieren gestattet, wurde sie sehr bald durch die Sekundär-Neutralteilchen-Massenspektrometrie (SNMS) ergänzt (Abb. 13), um auch Oxidschichten, chemische Bindungsverhältnisse in Oberflächenschichten und kunststoffbeschichtete Proben untersuchen zu können, wobei auch auf diesem Gebiet in Dortmund Pionierarbeit geleistet wurde. Die SNMS erlaubt insbesondere die Ermittlung der chemischen Zusammensetzung dünnster Schichten mit Bestimmungsgrenzen bis in den $\mu\text{g/g}$ -Bereich. Durch die Messung von Tiefenprofilen können quantitative

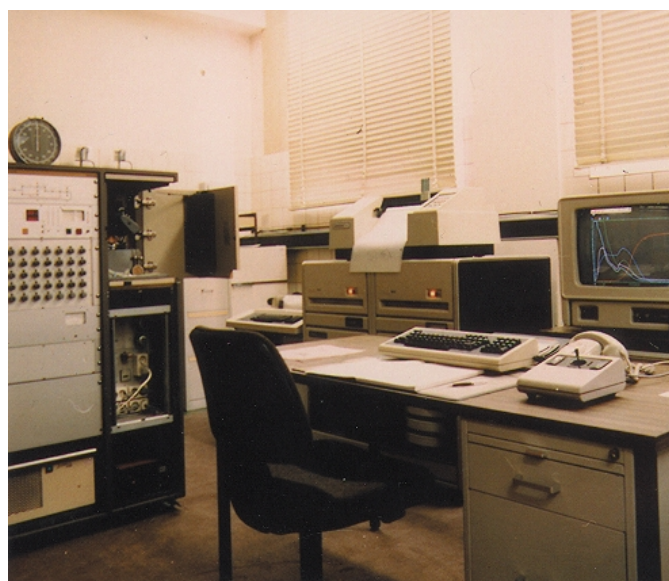
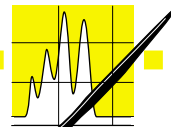


Abb. 12: Emissionsspektrometer mit Glimmlampenquelle für die Analyse von Feinblechoberflächen.



AUFSÄTZE



Abb. 13:
Sekundär-Neutralteilchen-Massenspektrometer
für die Analyse von unbeschichteten und beschichteten Fein- und Feinstblechoberflächen.

Aussagen über Elementanreicherungen in oberflächennahen Bereichen und in Interfaceschichten, den Übergängen zwischen Beschichtung und Grundmaterial, gemacht werden [11]. Die Komplexität der Fragestellungen, die sich heute bei der Entwicklung und Erforschung von oberflächentechnischen Prozessen und der damit verbundenen Untersuchung von oberflächenveredelten Erzeugnissen stellen, verlangt von einem Industrielaboratorium, das als oberflächenanalytisches Kompetenzzentrum zu fungieren hat, den Einsatz weiterer Methoden, wie Auger-Elektronenspektroskopie (AES), Röntgen-Photoelektronenspektroskopie (XPS) und Rasterkraftmikroskopie (AFM), um erfolgreich mitwirken zu können, die angestrebten prozesstechnischen und wirtschaftlichen Fortschritte zu erzielen.

■ Schluss

Die betrachteten 150 Jahre Eisenhüttentechnik waren reich an metallurgischen und analytischen Erfolgen und innovativen Leistungen, die nicht alle erwähnt oder gar näher beschrieben werden konnten. Nun entsteht nach Abschluss zahlreicher Umstrukturierungsmaßnahmen aus dem ehemals größten Stahlstandort des östlichen Ruhrgebietes ein zukunftsorientiertes Zentrum der Oberflächentechnik. Im Zuge dieser Entwicklung entsteht aus einem „klassischen“ Hütten-

laboratorium ein chemisches und oberflächenanalytisches Kompetenzzentrum, das sehr eng in die Forschung und Entwicklung eingebunden ist und mit der Produktion in bewährter Weise kooperiert. Hierbei sieht sich der Analytiker neuen Herausforderungen und Aufgaben gegenüber, die zur Bewältigung ein hochtechnisiertes, computergestütztes Instrumentarium (Hightech-Analytik) und ein hochqualifiziertes, motiviertes Labor-

personal erfordern. Die Beobachtung der nun beginnenden Ära zeigt, dass auch zukünftig technischer Fortschritt ohne eine innovative Analytik nicht möglich sein wird.

Literatur

- [1] W. Oelsen: Mikrochim. Acta 1965, Nr. 3, 395 – 403.
- [2] K.H. Koch: Fresenius J. Anal. Chem. 337 (1990), 229 – 231.
- [3] R. Bunsen: Ann. Phys. Chem. 46 (1839), 193 – 227.
- [4] D.J. Anderson: Mag. Met. Prod. 33 (1967), 111 – 121.
- [5] K.H. Koch: CLB Chem. Lab. Biotechn. 44 (1993), 120 – 127.
- [6] A. Lielegg: Wiener Ber. 55/II (1867), 153 und 56/II (1867), 24.
- [7] G. Thanheiser, J. Heyes: Arch. Eisenhüttenwes. 11 (1937/38), 31 – 40.
- [8] K. Ohls, K.H. Koch: ICP Inf. Newsl. 3 (1977), 258 – 260.
- [9] D. Sommer, J. Flock: Nachr. Chem. Techn. Lab. 47 (1999), Nr. 3, 330 – 333.
- [10] H. Günzler (Ed.): „Accreditation and Quality Assurance in Analytical Chemistry“, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1996.
- [11] K.H. Koch: CLB Chem. Lab. Biotechn. 44 (1993), H. 6, 284 – 289.

WALDNER
Firmengruppe

**Das High-Tech Labor mit Zukunft
Immer einen gewaltigen
Sprung voraus!**

Bevor Sie planen, fragen Sie WALDNER nach dem modernsten Stand der Technik – **mc6!**

WALDNER Labortechnologie

WALDNER Laboreinrichtungen GmbH & Co. KG
Haidösch 1 · D-88239 Wangen im Allgäu · www.waldner.de
Tel. +49 (0) 75 22 - 9 86 4 80 · Fax +49 (0) 75 22 - 9 86 4 18

Vom Fadenwurm über HIV zu BSE

Dr. Stefan Marotzki, Universitätskrankenhaus Eppendorf,
Institut für Klinische und Experimentelle Pharmakologie, Hamburg

Um das Neuartige der Infektion durch den BSE-Erreger verständlich zu machen, werden in diesem Artikel zunächst altbekannte klassische Infektionskrankheiten charakterisiert. Anschließend wird die Natur des infektiösen Agens betrachtet, d. h. tierische und bakterielle Parasiten werden Viren, Viroiden und Prionen gegenüber gestellt.



BSE ist die Abkürzung für bovine (bei Rindern auftretende) spongiforme (schwammförmige) Enzephalopathie (Gehirnerkrankung). Das Krankheitsbild ist durch eine fortschreitende Zerstörung des Gehirns gekennzeichnet und endet mit dem Tod. BSE ist eine Infektionskrankheit. Solche Krankheiten sind definiert als Übertragung, Haftbleiben und Eindringen von Mikroorganismen in einen Makroorganismus und Vermehrung in ihm. Sowohl Infektionskrankheiten, die durch den Verzehr von infiziertem Fleisch übertragen werden, als auch solche, die das zentrale Nervensystem befallen, sind in der Menschheitsgeschichte nichts wirklich Neues. Im Gegenteil: Sie sind altbekannt und kommen in einigen Teilen der Erde sehr häufig vor.

■ Trichinen

Ein Befall durch parasitäre Würmer ist eine der weit verbreitetsten Erkrankungen der Menschheit. In Deutschland spielen hauptsächlich Darmparasiten eine Rolle. Hierbei handelt es sich zumeist um Rinder- oder Schweinebandwürmer oder um Fadenwürmer, so genannte Nematoden. Zu diesen gehört auch *Trichinella spiralis*, im Volksmund „Trichinen“ genannt, deren infektiöse Eier durch Verzehr von rohem bzw. nicht ausreichend erhitztem Fleisch vom Menschen aufgenommen werden. Meistens wird infiziertes Schweinefleisch verzehrt. In der Dünndarmschleimhaut entwickeln sich die

Eier zu adulten Würmern, deren Larven dann in die Muskelgewebe wandern. Die Krankheitssymptome sind hohes Fieber, Muskelverhärtungen, -schmerzen und Schwellungen. Bei Befall der Zwerchfellmuskulatur und Herzmuskulatur durch Trichinen verläuft die Krankheit oft tödlich.

Die moderne Medizin hat glücklicherweise sehr wirksame Arzneimittel entwickelt, die die überwiegende Anzahl der Erkrankungen zum Abheilen bringt, indem die Band- oder Fadenwürmer wie *Trichinella spiralis* abgetötet werden. Dazu bedient man sich chemischer Substanzen, so genannter Chemotherapeutika, die nur auf den Parasiten wirken und den Stoffwechsel der

menschlichen Zellen nicht schädigen. Interessant ist, dass parasitäre Würmer keine Resistenzen gegen die chemotherapeutischen Wirkstoffe entwickeln (Abb. 1).

Ausgehend von Fadenwürmern wird im Folgenden die biologische Komplexität des Erregers fortlaufend reduziert. Während Trichinen aus Tausenden von Zellen bestehen, sind Protozoen einzeller. In diese Gruppe gehören beispielsweise pathogene Amöben und Flagellaten.

■ Trypanosomen

Pathogene Protozoen zählen zu den häufigsten Krankheitserregern, vor allem in den Tropen. Durch die Zunah-

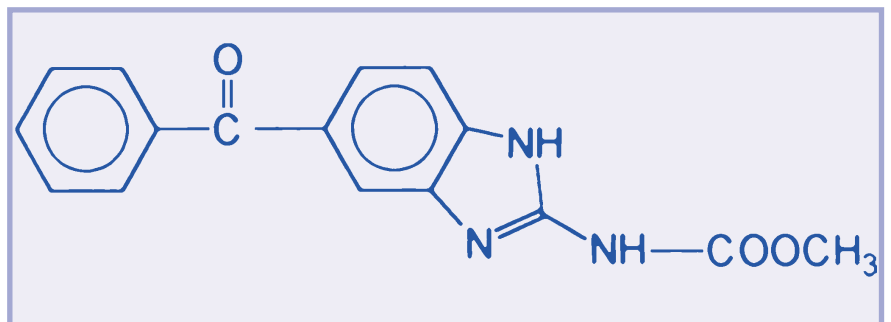
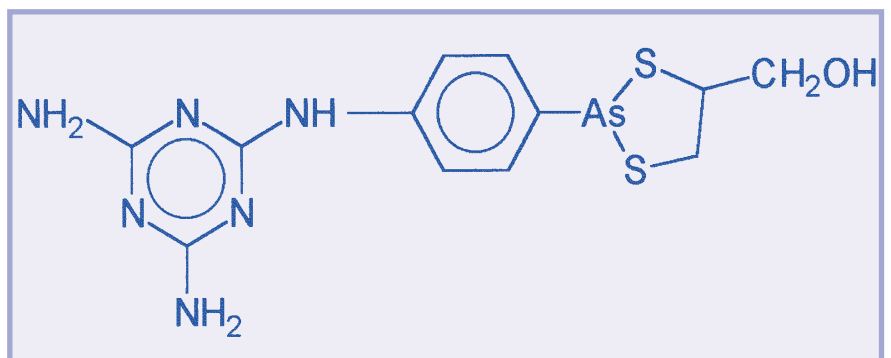


Abb. 1: Mebendazol wirkt auf *Trichinella spiralis*. Die Trichinen sterben ab, weil ihre Glucoseaufnahme durch diesen Wirkstoff gehemmt wird. Die Glucoseaufnahme der menschlichen Zellen wird nicht beeinträchtigt.

Abb. 2: Melarsopol, eine organische Arsenverbindung, ist gut lipidlöslich und gelangt daher in das zentrale Nervensystem. Dort bewirkt es das Absterben der Trypanosomen.



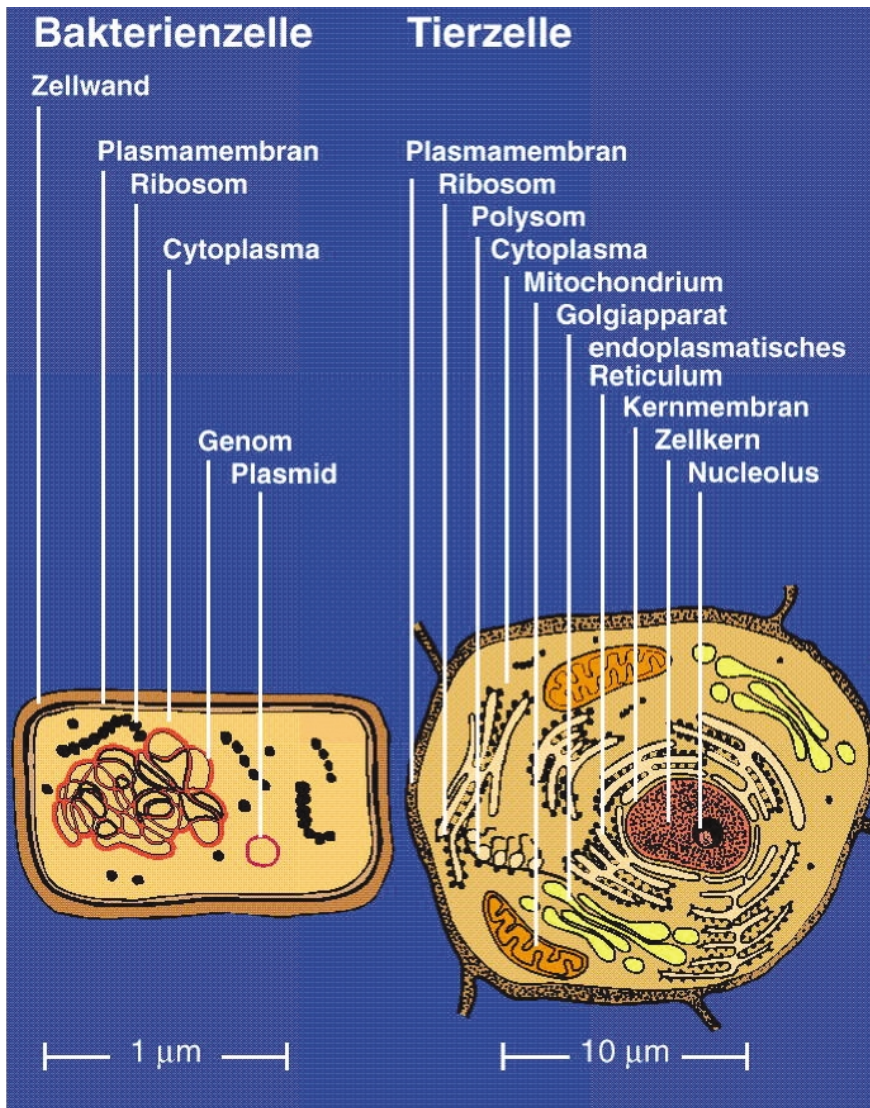
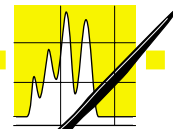


Abb. 3: Bakterien sind kleiner und einfacher aufgebaut als tierische Zellen. Diese Abbildung wie auch Abbildung 5 auf der nächsten Seite wurden mit freundlicher Genehmigung des Fonds der Chemischen Industrie aus der Folienserie Biotechnologie / Gentechnik entnommen.

me des Reiseverkehrs treten diese Infektionskrankheiten jedoch vermehrt auch in Deutschland auf.

Die von Protozoen ausgelösten Krankheiten sind unterschiedlich schwer, zum Teil können sie tödlich verlaufen. Dies gilt zum Beispiel für die Afrikanische Schlafkrankheit, einer Trypanosomen-Infektion. *Trypanosoma brucei gambiense* ist ein schlanker, eingeißeliger Flagellat, der durch den Stich der Tse-Tse-Fliegen auf den Menschen übertragen wird. Glücklicherweise kann sich diese Fliege nicht unter unseren klimatischen Bedingungen fortpflanzen und vermehren, sodass diese Krankheit in Deutschland nicht heimisch werden kann. Wird man im Urlaub jedoch

über die Tse-Tse-Fliege mit dem Erreger infiziert, vermehrt er sich zunächst an der Einstichstelle, was im Allgemeinen als Trypanosomen-Schanker bezeichnet wird. Anschließend erfolgt die Aussaat ins Blut. Zunächst werden die lymphatischen Organe besiedelt, was zu einer generellen Lymphdrüsenanschwellung und Fieber führt. Über das Blut gelangen die Erreger schließlich in das zentrale Nervensystem, und es entwickelt sich innerhalb der nächsten Jahre ein Krankheitsbild, das durch sehr variable neurologische und psychische Symptome wie Kopfschmerzen, Schlafstörungen und Apathie charakterisiert ist. Benannt ist die Krankheit nach den typischerweise auftretenden narkoleptische Anfällen.

Der Verlauf kann akut bis schleppend sein, die Mortalität ist ohne Behandlung hoch. Die medikamentöse Behandlung ist schwierig und richtet sich danach, ob das Gehirn schon befallen ist oder nicht. Wenn ja, wird meist eine Behandlung mit organischen Arsen-Verbindungen versucht. Ein typischer Vertreter dieser Chemotherapeutika ist Melarsopol. In letzter Zeit häufen sich jedoch Resistenzen gegen diese Substanz (Abb. 2).

Die weite Verbreitung der Infektionskrankheiten mit Trichinen und Trypanosomen veranschaulicht, dass weder eine Aufnahme eines Erregers über Fleisch – im Falle der Trichinen – noch ein Befall des zentralen Nervensystems – im Falle der Afrikanischen Schlafkrankheit – in der Menschheitsgeschichte etwas Neues ist. Hierin liegt die Besonderheit des BSE-Erregers also nicht. Um die neue Qualität der BSE-Infektion besser verstehen zu können, werden den soeben betrachteten Infektionskrankheiten im Folgenden zunächst bakterielle und anschließend virale Infektionen gegenübergestellt.

Bakterien

Bakterielle Infektionen gehören zu den schlimmsten Geißeln der Menschheit. Beispielsweise sind Lepra, Pest, Cholera und Tuberkulose bakterielle Infektionskrankheiten, deren Erreger *Mycobacterium leprae*, *Yersinia pestis*, *Vibrio cholerae* und *Mycobacterium tuberculosis* heißen. Bakterielle Erreger haben einen anderen Zellaufbau als Trichinen und Trypanosomen. Die Unterschiede im Aufbau von bakteriellen und tierischen Zellen werden aus Abb. 3 deutlich.

Tierische Zellen sind Eukaryoten, d. h. sie verfügen über einen Zellkern (Karyon), in dem die DNA in Form der Chromosomen mit basischen Proteinen, den Histonen, assoziiert ist. Die eukaryotische Zelle enthält Organellen wie die Mitochondrien. Trypanosomen, Trichinen und Menschen sind Eukaryoten. Wir Menschen bestehen aus

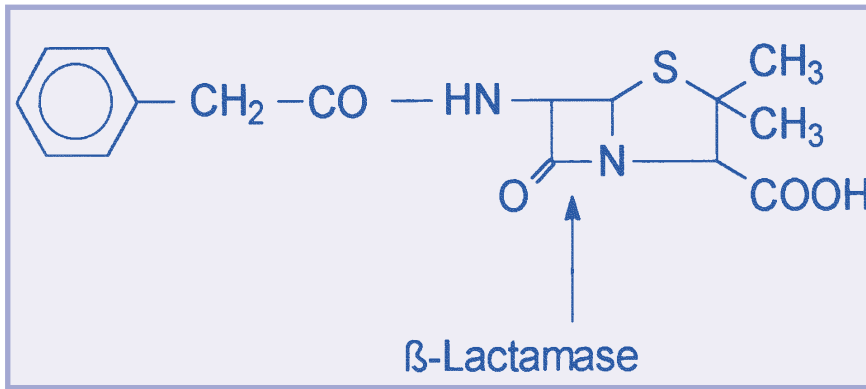


Abb. 4: Penicillin G verhindert die korrekte Synthese der bakteriellen Zellwand vieler Bakterien. Ist die Zellwand fehlerhaft, zerplatzen die Bakterien. Die menschliche Zelle hat keine Zellwand, deshalb bleiben unsere Zellen intakt.

vielen Millionen von eukaryotischen Zellen, Trichinen aus vielen Tausenden von eukaryotischen Zellen, Trypanosomen hingegen nur aus einer einzelnen.

Bakterien bestehen zumeist auch nur aus einer Einzelzelle. Entscheidend ist jedoch der völlig unterschiedliche Zellaufbau im Vergleich zu den Trypanosomen. Bakterien sind Prokaryoten; ihnen fehlt also ein Zellkern, der von einer Membran umgeben ist. Die DNA liegt meist in Form eines kreisförmig geschlossenen Rings frei im Cytoplasma. Die Ribosomen sind kleiner als bei den Eukaryoten, und es fehlen Organellen wie Mitochondrien. Die Unterteilung der bakteriellen Zelle in distinkte Räume ist weniger ausgeprägt als bei eukaryotischen Zellen, die beispielsweise über ein Endoplasmatisches Retikulum und einen Golgi-Apparat verfügen. Bakterienzellen sind also im Vergleich zu den eukaryotischen Zellen morphologisch relativ wenig differenziert.

Dieser schlichten Einfachheit steht eine stoffwechselphysiologische Vielfalt sondergleichen gegenüber. Dadurch ergeben sich Unterschiede im Stoffwechsel zwischen dem prokaryotischen Erreger und dem menschlichen Wirt. Und genau diese Differenzen stellen die Angriffspunkte für Antibiotika dar. Die Natur der Ribosomen, die Andersartigkeit der an der Proteinsynthese beteiligten Enzyme sowie die Zusammensetzung der prokaryotischen Zellwand sind die häufigsten Ursachen für die spezifische Wirkung der meisten Antibiotika wie beispielsweise Penicillin. Bakterielle

Resistenzen entwickeln sich in Deutschland zunehmend, beispielsweise durch die Verwendung von Antibiotika in der Mastzucht. Besitzt eine Bakterienzelle beispielsweise das Enzym β -Lactamase, wird der β -Lactamring des Penicillins gespalten und das Antibiotikum verliert seine Wirkung (Abb. 4).

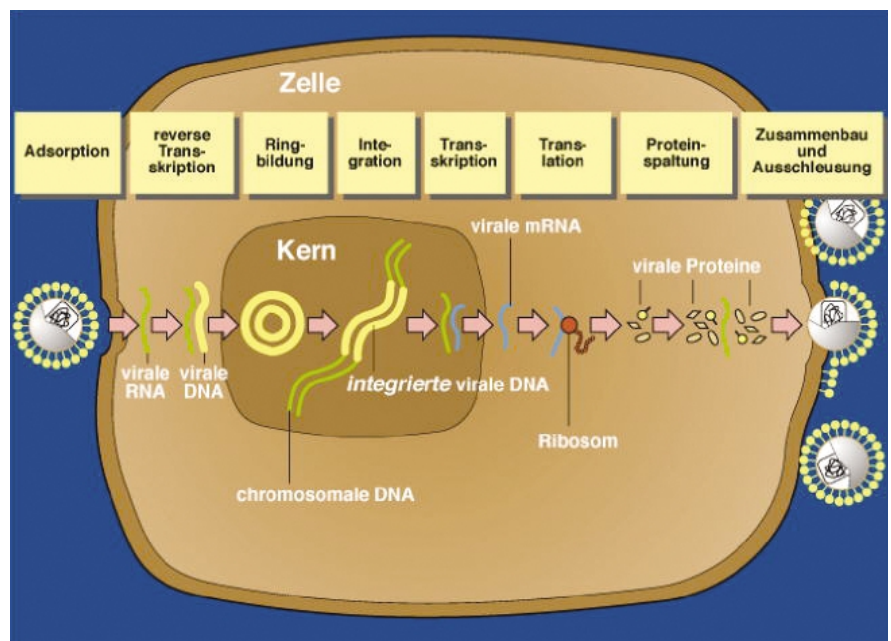
■ Viren und Viroide

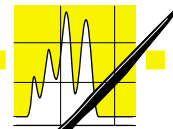
Antivirale Substanzen müssen im Prinzip die gleichen Anforderungen erfüllen wie Chemotherapeutika gegen Trichinen, Trypanosomen oder

Bakterien (so genannte Antibiotika). Die Substanzen sollten selektiv Viren beeinträchtigen, ohne den Stoffwechsel der menschlichen Zellen zu schädigen. Dieser Anspruch ist bei einer Viren-Infektion allerdings besonders schwer zu erfüllen, weil Viren keinen eigenen Stoffwechsel haben und zu ihrer Vermehrung Stoffwechselleistungen der menschlichen Zelle in Anspruch nehmen. Jedoch kommen dabei virusspezifische Stoffwechselschritte vor, die die Angriffspunkte für Chemotherapeutika darstellen. Dies wird im Folgenden an einer Infektion mit HIV, dem humanen Immunschwäche-Virus, erläutert, die zum Krankheitsbild AIDS führt, dem Acquired Immune Deficiency Syndrome (Erworbenes Immunschwäche-Syndrom, Abb. 5).

HIV ist ein Retrovirus, d. h. das genetische Material liegt als RNA vor. Gelangt die RNA in die Wirtszelle, wird die RNA durch eine virusspezifische reverse Transkriptase in DNA umgeschrieben. Die gebildete Doppelstrang-DNA wird dann in das Genom der menschlichen Zelle eingebaut. Die integrierte DNA wird in Form von messenger-RNA (mRNA) abgelesen, und von den zelleigenen Ribosomen werden die fremden Virus-Proteine

Abb. 5: Die Immunschwäche AIDS wird durch eine HIV-Infektion verursacht.





synthetisiert. Diese liegen zunächst in Form von Polyproteinen vor, die durch eine virusspezifische Protease in einzelne eigenständige Proteine gespalten werden. Erst durch diese Spaltung entstehen die „reifen“ Virus-Proteine. Schließlich kommt es zur Aussprossung von Tochterviren: Die Virenpartikel werden aus Virus-Proteinen zusammengebaut und mit Viren-RNA gefüllt. Bei der Ausschleusung wird ein Stück von der menschlichen Zellmembran als Virushülle mitgenommen.

Durch eine HIV-Infektion wird das körpereigene Abwehrsystem lebensbedrohlich geschwächt, wodurch die Betroffenen dann an zahlreichen anderen Infektionen erkranken, an denen sie schließlich sterben. Als Zielstrukturen für HIV-Virostatika dienen vor allem die reverse Transkriptase und die HIV-Protease (Abb. 6).

Die Bezeichnung Virus kommt aus dem Lateinischen und bedeutet wörtlich übersetzt „Schleim“ oder „Gift“. Pocken, Windpocken, Masern, Tollwut, Schnupfen oder die Maul- und Klauenseuche sind virale Infektionen. An der Frage, ob Viren leben, scheiden sich die Geister. Viren verfügen nicht – wie bereits erwähnt – über einen eigenen Stoffwechsel. Außerdem sind sie nicht in der Lage, sich außerhalb lebender Zellen zu vermehren. Sie sind somit streng genommen gar keine selbstständigen Organismen, sondern bedienen sich lebender Zellen zu ihrer Vermehrung. Außerhalb der

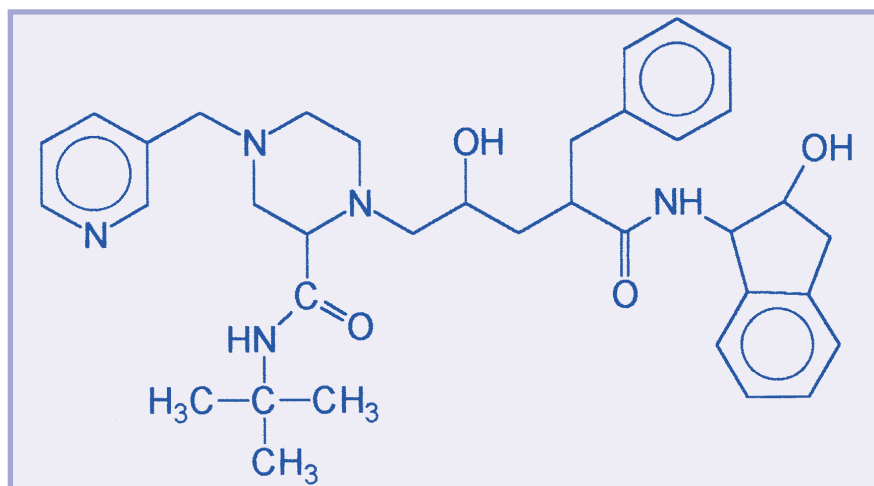
Wirtszelle besteht ein Virus mindestens aus Nukleinsäure und einer Proteinhülle. Beispielsweise enthalten Herpesviren, die Lippenbläschen verursachen, DNA, während das AIDS-Erreger RNA als Nukleinsäure benutzt. Die Nukleinsäure befindet sich im Inneren einer Proteinkapsel, die bei einigen Viren noch von Teilen der menschlichen Zellmembran umgeben wird.

Viren sind somit wesentlich einfacher aufgebaut als Bakterienzellen. Doch man kann selbst hier weiter reduzieren: Viroide sind noch kleiner und einfacher gebaut. Leben Viroide? Sie besitzen keine Hülle, sondern bestehen ausschließlich aus einzelsträngiger zirkulärer RNA, die Pflanzen infiziert. Diese RNA ist in etwa 300 Nukleotide lang. Zum Vergleich: Viren haben ein Genom, das durchschnittlich aus 5000 bis 200000 Basen bzw. Basenpaaren besteht. Die Erbinformationen von Bakterien sind meist mindestens um den Faktor 4 größer. Menschliche Zellen besitzen in etwa 2900000000 Basenpaare DNA!

Klassische Infektionskrankheiten werden durch Eukaryoten (z.B. Trypanosomen, Trichinen), Bakterien oder Viren verursacht. Schließlich gibt es noch pflanzenpathogene Viroide. Bei allen morphologischen Unterschieden haben diese Erreger eines gemeinsam: Sie vermehren sich über die Verdoppelung ihrer Erbinformation durch Nukleinsäure-Synthese.

Abb. 6:1

ndinavir ist eine Substanz, die die HIV-Protease hemmt. Sie lagert sich an dieses Enzym an und blockiert dessen Aktivität. Somit wird die Virus-Reifung unterbunden.



Prionen

Man geht heute davon aus, dass Prionen gar keine DNA besitzen. Sie bestehen wahrscheinlich nur aus einem Protein, dem so genannten Prionprotein. Dieses hat ein Molekulargewicht von ungefähr 34000 Da. Wie kann sich ein solches Protein ohne Hilfe von DNA vermehren? Was bewirkt es im Körper?

Die bekanntesten Prionenkrankheiten sind BSE bei Rindern, Scrapie bei Schafen und die neue Variante der Creutzfeld-Jakob-Erkrankung bei Menschen. Im Falle einer Prionenkrankheit wird ein körpereigenes Enzym falsch gefaltet. Das bedeutet, dass der gesunde Organismus das Prion-Protein produziert, allerdings als ungefährliches, so genanntes zelluläres Prionprotein. Wird dieses Protein aber falsch gefaltet, ist es so stabil, dass es Aggregatablagerungen ausbildet. Vereinfacht kann man sich vorstellen, dass Prionen eine faserförmige, so genannte fibrilläre Struktur haben. Die Fibrillen sind starr, haben typischerweise einen Durchmesser in der Größenordnung von einigen Nanometern und neigen dazu, sich Seite an Seite anzulagern. Dadurch bilden sie Aggregate. Die umliegenden Zellen werden durch die „falsch geparkten“ Proteine zerdrückt, und die betroffenen Organe arbeiten insuffizient. Früher oder später folgt der Funktionsverlust.

Eine Ablagerung fibrillärer Proteine wird auch als amyloides Aggregat bezeichnet. Zerstörte Gewebazonen werden dementsprechend amyloide Plaques genannt. „Amylon“ ist griechisch und heißt wörtlich übersetzt „Stärke-mehl“.

Man geht heute davon aus, dass sich der Mensch durch den Verzehr von Fleisch infizieren kann, das den BSE-Erreger beinhaltet. Entsprechend infizieren sich Rinder durch den Verzehr infizierten Futters. Die heute vorhandene Auffassung besagt mit anderen

Worten, dass ein falsch gefaltetes – und nur deshalb pathogenes – Prionprotein mit der Nahrung in den Körper gelangt. Dort veranlasst es die zellulären Prionproteine zu einer Konformationsänderung. Die nun falsch gefalteten Prionproteine werden als amyloide Aggregate abgelagert, die das Gehirn nach und nach zerstören. Ein nicht vollständig zutreffender, aber dafür anschaulicher Vergleich aus der Chemie: Im Fleisch ist ein „Kristallisationskeim“, der das „Aus-kristallisieren“ der natürlich vorkommenden Prionproteine bewirkt. Bildlich gesprochen: Das pathogene Prionprotein steckt die gesunden zellulären Prionproteine an, indem es deren Faltung ändert, sie quasi umfaltet. Die Vermehrung von pathogenen Prionen besteht somit darin, die Umfaltung von gesunden, natürlich vorkommenden zellulären Prionenproteinen zu veranlassen.

Man infiziert sich mit einem oder wenigen pathogenen Prionproteinen, die dann die vielen natürlich vorkommenden zellulären Prionproteine umfalten und das Gehirn in Form von amyloiden Aggregaten zerdrücken. Wie der genaue Mechanismus der Umfaltung funktioniert, ist derzeit noch nicht geklärt. Es ist leider noch nicht gelungen, ein gesundes Protein durch Inkubation mit einem pathogenen im Reagenzglas umzufalten. Deshalb werden Kofaktoren diskutiert, die dem pathogenen Prionprotein bei der Umfaltung des zellulären helfen.

■ Creutzfeld-Jakob-Krankheit

Infiziert sich ein Mensch mit Prionen kann dieses zur Creutzfeld-Jakob-Krankheit führen. Die Krankheit kann aber auch spontan auftreten oder genetisch bedingt sein. Der Großteil der heute diagnostizierten Creutzfeld-Jakob Fälle ist sporadischer Natur, d. h. nach dem heutigen Stand des Wissens liegt die Ursache der Erkrankung in einer spontanen Umfaltung des Prionproteins. Wenn der Genabschnitt, der für das Prionprotein kodiert, eine Mutation enthält, so kann dieses unter Umständen die Wahrscheinlichkeit der Umfaltung steigern. Die Krankheit ist in diesen Fällen genetisch bedingt, also familiären Ur-

sprungs. Unabhängig von der Ursache für die Umfaltung ist das Krankheitsbild in allen drei Fällen im Wesentlichen identisch.

Krankheiten, die durch eine veränderte Faltung eines körpereigenen Proteins charakterisiert sind und dadurch amyloide Aggregate ausbilden, werden als Amyloidosen bezeichnet. In diese Gruppe von Erkrankungen gehört neben BSE und der Creutzfeld-Jakob-Krankheit unter anderen auch die Alzheimersche Krankheit. BSE ist demnach vom pathogenen Prinzip mit der Alzheimerschen Krankheit verwandt. Es gibt aber einen fundamentalen Unterschied: BSE ist infektiös. Man kann sich also anstecken.

Welches Arzneimittel hilft gegen eine Infektion mit dem BSE-Erreger? Chemotherapeutika gegen Trichinen, Trypanosomen und Bakterien wirken gegen spezifische Stoffwechselschritte des Erregers, die in der menschlichen Zelle nicht vorkommen. Viren haben zwar keinen eigenen Stoffwechsel, doch veranlassen sie die befallene Zelle zu viruspezifischen Stoffwechselschritten, die dann Angriffspunkt für Virustatika darstellen. Prionen haben ebenfalls keinen eigenen Stoffwechsel. Und wahrscheinlich veranlassen sie die benachbarten Zellen auch nicht, prionenspezifische Stoffwechselwege einzuschlagen. Damit greift der klassische Arbeitsansatz zu Entwicklung von Chemotherapeutika nicht. Vielmehr basiert die Natur des pathogenen Effektes weniger auf der Synthese von Nukleinsäure als auf der autokatalytischen Umfaltung von Proteinen. Damit wird die Welt der molekularbiologischen Zellbiologie in Richtung physikalische Biochemie verlassen: Änderungen von Aufenthaltswahrscheinlichkeiten von Elektronen bewirken eine Umfaltung von Prionproteinen. Wie will man die Änderung der Aufenthaltswahrscheinlichkeiten von Elektronen rückgängig machen bzw. beeinflussen? Der wirksamste Schutz ist nach dem heutigen Stand des Wissens, die Infektion zu verhindern. Um die Infektionswege zu verstehen, muss man jedoch die Erreger analytisch nachweisen.

(wird fortgesetzt)

Literatur

- [1] Lüllmann, Mohr (1999): Pharmakologie und Toxikologie, Georg Thieme Verlag, Stuttgart
 [2] Forth, Henschler, Rummel, Starke (1999): Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie, Spektrum Verlag, Heidelberg

Tests und Vorschriften

Um die Infektionswege von BSE besser nachvollziehen zu können, muss man die Erreger analytisch nachweisen. Im dem Artikel der kommenden Ausgabe werden die zwei in Deutschland amtlich zugelassen BSE-Schnelltestverfahren charakterisiert.

Laut Beschluss der EU-Kommission vom Juni 2000 sind alle EU-Mitgliedstaaten seit dem 1. Januar 2001 verpflichtet, BSE-Schnelltests stichprobenartig in Abhängigkeit von der Größe der Rinderpopulation bei notgeschlachteten und verendeten Rindern vorzunehmen. Am 22. November 2000 hat der Ständige Veterinärausschuss einen Entscheidungsvorschlag der Europäischen Kommission angenommen, mit dem die durchzuführenden BSE-Schnelltests in allen Mitgliedstaaten ausgeweitet werden. Demnach müssen als weitergehende Maßnahme zur Erhebung epidemiologischer Daten ab dem 1. Januar 2001 bei allen not- oder krankgeschlachteten, verendeten oder getöteten Rindern, die älter als 30 Monate sind, BSE-Schnelltests durchgeführt werden. Spätestens ab dem 1. Juli 2001 sind bei allen über 30 Monate alten Rindern, die zur Schlachtung gelangen, derartige Schnelltests durchzuführen. Die deutsche Bundesregierung hat dem EU-Beschluss vorgegriffen. Durch eine Verordnung des Bundesgesundheitsministeriums sind in Deutschland seit dem 6. Dezember 2000 bei allen über 30 Monate alten Rindern, die zur Schlachtung gelangen, BSE-Schnelltests vorgeschrieben.

Stellenwert der Voltammetrie zur Spurenanalyse von Metallionen in Wässern

Prof. Dr. Georg Schwedt und Leandro M. de Carvalho, TU Clausthal

Die Invers-Voltammetrie hat als DIN-Methode für sieben Metallionen Eingang in die routinemäßige Wasseranalytik gefunden. Damit sind jedoch die Möglichkeiten voltammetrischen Verfahren zur Analytik von Wässern noch lange nicht hinreichend genutzt. Weitere in der Praxis erprobte Verfahren bis zur Neuentwicklung eines durchflussvoltammetrischen System werden vorgestellt.

Die Voltammetrie umfasst alle elektrochemischen Verfahren mit Messungen der Stromstärke, die in einer elektrolytischen Messzelle zwischen Festkörper- bzw. stationären Elektroden (z.B. hängender Quecksilber-Tropfen) bei zeitlich veränderter Spannung auftreten. Grundlage aller voltammetrischen Verfahren (Voltammetrie aus Volt- und Amperometrie) sind somit Strom-Spannungskurven. Die Ströme werden an einer polarisierten Arbeitselektrode gegen eine unpolarisierte Bezugslektrode gemessen. Die Diffusion der Depolarisatoren, der elektrochemisch aktiven Substanzen, aus der Messlösung durch die Helmholtz'sche Doppelschicht zur Elektrodenoberfläche ist der geschwindigkeitsbestimmende Schritt. Die Polarographie stellt ein spezielles (das „historische“) voltammetrisches Verfahren mit einer flüssigen, tropfenden (d.h. sich verändernden) Quecksilberelektrode als Arbeitselektrode dar.[1]

Das DIN-Verfahren für Metallionen

Das Verfahren wird als differentielle-Pulse anodische Stripping Voltammetrie, abgekürzt DPASV bezeichnet. Es vereinigt den für Stripping-Verfahren (auch als inverse Technik bezeichnet) charakteristischen Anreicherungsschritt mittels einer Vorelektrolyse mit

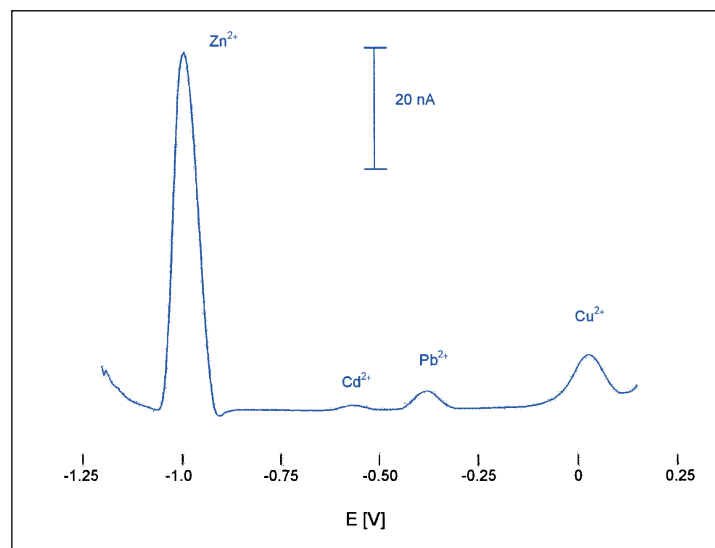
der differentiellen Pulse-Technik, bei der einer langsam ansteigenden Gleichspannung eine kleine Rechteckspannung überlagert wird. Man misst die Stromstärke während eines kurzen Intervalls kurz bevor der Impuls aufgegeben wird und kurz vor Beendigung der Pulsaufgabe nochmals. Aus beiden Messungen wird die Differenz ermittelt. Mit Hilfe dieser Messtechnik lassen sich Nachweisgrenzen bis in den Bereich Pikogramm je Liter (bezogen auf kg als ppt) erreichen – zu den Grundlagen und Anwendungsmöglichkeiten s. auch in dem neuesten Buch von G. Henze [2]. Gemäß DIN 38 406 lassen sich mit diesem voltammetrischen Verfahren die Metallionen Zn, Cd, Pb und Cu routinemäßig bestimmen (Abb. 1). Die genannte DIN umfasst auch Vorschriften zur voltammetrischen Analyse von Co, Ni sowie von Tl. In Abwesenheit von Thallium in der Probe können Zn, Cd, Pb und Cu durch Anodische Stripping Voltammetrie bestimmt werden. Die Probe wird während 90 Sekunden bei -1,3 V angereichert und danach die vier Metalle bei anodischem Verlauf des Potentials si-

multan bestimmt (Tabelle 1). Da die Peakpotentiale von Tl und Pb sehr ähnlich sind, muss dieses getrennt bestimmt und vom Bleigehalt abgezogen werden.

Zur Bedeutung des UV-Aufschlusses

Für eine breite Anwendung des beschriebenen Verfahrens ist die Beseitigung von die voltammetrische Analyse störender organischer Stoffe (Komplexbildner, aber auch Tenside) erforderlich. Die Störungen ergeben sich durch Adsorptionsvorgänge auf der Elektrodenoberfläche. Daher ist für eine Analyse der genannten Kationen in einem Abwasser zuvor ein UV-Aufschluss, d.h. eine oxidative UV-Photolyse, notwendig. Bei Verwendung geringer Mengen an Säure und Wasserstoffperoxid, Aufschlussstemperaturen zwischen 60 und 90 °C sowie Aufschlusszeiten zwischen 1 und maximal 4 Stunden lassen sich Ultraspurenanalysen auch in organisch belasteten Wässern störungsfrei ohne nennenswerte Blindwerte bzw. Analytverluste durchführen. Die Methode beruht auf der Bestrahlung der Probenlösung mittels Quecksilber-Hochdruckstrahler

Abb. 1: Voltammogramm einer Trinkwasserprobe; Grundelektrolyt: Acetatpuffer 0,01 mol/l (pH 4,6); Anreicherung: -1,3 V (60 Sek.).



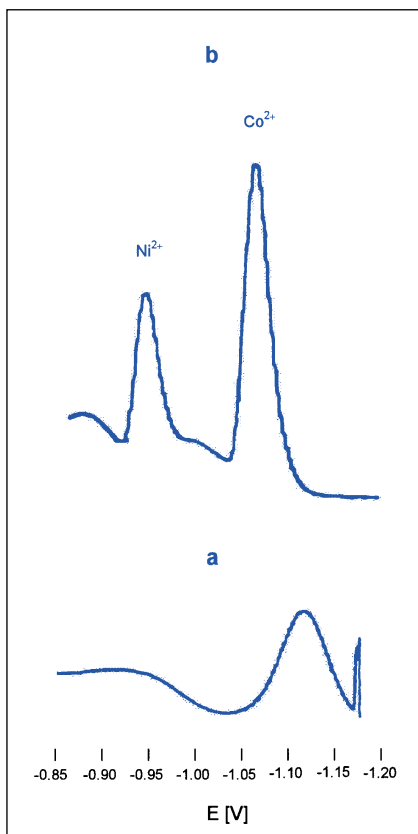
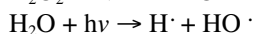
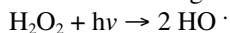


Abb. 2:
Voltammetrische Bestimmung von Ni und Co vor (a) und nach (b) UV-Aufschluss einer Wasserprobe ; Grundelektrolyt: Ammoniakpuffer, Dimethylglyoxim und Imidoacetat [4] ; Anreicherung: -0,7 V (60 Sek).

nach Zugabe von Wasserstoffperoxid. Die den Aufschluss bewirkenden OH-Radikale werden aus Wasser und H₂O₂ durch die UV-Bestrahlung direkt in der Probenlösung gebildet.

Radikalbildung:



Die bei der Reaktion entstandenen OH-Radikale weisen ein sehr hohes Oxidationspotential (+2,8 V) auf, wobei organisch gebundener Kohlenstoff und Wasserstoff zu Kohlendioxid und Wasser oxidiert werden [3].

Der UV-Aufschluss zählt heute zu den weit verbreiteten Verfahren der Probenvorbereitung in der Routineanalytik.

Bestimmung von Nickel und Cobalt

Zur Bestimmung dieser Übergangsmetallionen wird die kathodische adsorptive Stripping-Voltammetrie (CA_{SV}) mit Erfolg angewendet. Als Komplexbildner werden Dimethyl-

glyoxim und Imidoacetat zugesetzt [4], ein vorheriger UV-Aufschluss ist auch hier erforderlich (Abb. 2). Die Probe wird bei -0,7 V während 60 Sekunden adsorptiv angereichert und die Metalle bei kathodischem Verlauf des Potentials bestimmt (Tabelle 1). Wie die Abbildung 2 qualitativ darstellt, werden Ni und Co nach der Zerstörung der organischen Bestandteile der Wasserprobe freigegeben, was die störungsfreie Bestimmung beider Spezies ermöglicht.

Eisen: Spuren- und Spezies-Analytik

Zur Bestimmung von Fe(II) und Fe(III) im mg/l-Bereich eignet sich die differentielle-Pulse Polarographie (DPP) unter Anwendung eines Grundelektrolyts, der 1 mol/l Natriumpyrophosphat, pH 10,3 enthält [5]. Bei kathodischem Verlauf des Potentials werden die Reduktionssignale von Fe(II)- und Fe(III)-Ionen bei -0,32 V bzw. -0,85 V registriert. Die Abbildung 3 zeigt die polarographischen Signale für Fe(II) und Fe(III) nach der Zugabe

beider Spezies zu destilliertem Wasser in der polarographischen Zelle. Mit diesem Verfahren lassen sich z.B. Eisen-haltige Abwässer mit höheren Gehalten untersuchen.

Eine moderne und interessante Methode zur Speziesanalytik von Eisen im Spurenbereich wurde von van den Berg [6] beschrieben: Sie beruht auf der Redoxspeziation von Eisen durch katalytische kathodische Stripping-Voltammetrie. Die Methode wurde für die Speziesanalytik von Eisen im Meerwasser angewendet und ermöglicht die Eisenbestimmung im ng/l-Bereich. Nach der Oxidation von Fe(II) zu Fe(III) durch Zugabe von Bromat-Ionen zu der Probelösung bildet Fe(III) einen Komplex mit 1-Nitroso-2-naphthol (NN), der adsorptiv an der HMDE (hängenden Quecksilber-Tropfen-Elektrode) bei -0.1 V angereichert wird. Während des kathodischen Verlaufs des Potentials wird Fe(III) im Komplex [Fe(NN)₃] zu Fe(II) reduziert und dann in der Lösung in Anwesenheit von Bromat-Ionen zu Fe(III) reoxidiert (Tabelle 1).

Tab.1:
Elektrochemische Reaktionen an der Quecksilberelektrode für die beschriebenen Metallionen

Metallionen	Reaktionen
Zn, Cd, Pb, Cu	<i>Anreicherung</i> $\text{Me}^{2+} + 2\text{e}^- + \text{Hg} \rightarrow \text{Me}^0(\text{Hg})$ <i>Stripping</i> $\text{Me}^0(\text{Hg}) \rightarrow \text{Me}^{2+} + 2\text{e}^- + \text{Hg}$
Ni, Co	<i>Anreicherung</i> $\text{Me}^{2+} + \text{DMG} \rightarrow \text{Me}^{\text{II}}\text{-DMG}$ $\text{Me}^{\text{II}}\text{-DMG} + \text{Hg} \rightarrow \text{Me}^{\text{II}}\text{-DMG}_{\text{ads}}(\text{Hg})$ <i>Stripping</i> $\text{Me}^{\text{II}}\text{-DMG} 2\text{e}^- \rightarrow [\text{Me}^0\text{-DMG}]^{2-}$
Fe(III)	<i>Anreicherung</i> $\text{Fe}^{3+} + 3\text{NN} \leftrightarrow \text{Fe}^{\text{III}}(\text{NN})_3$ $\text{Fe}^{\text{III}}(\text{NN})_3 + \text{Hg} \rightarrow \text{Fe}^{\text{III}}(\text{NN})_{3\text{ads}}(\text{Hg})$ <i>Stripping</i> $\text{Fe}^{\text{III}}(\text{NN})_3 + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{\text{II}}(\text{NN})_3$
Se(IV)	<i>Anreicherung</i> $\text{H}_2\text{SeO}_3 + \text{Hg} + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow \text{HgSe} + 3\text{H}_2\text{O}$ <i>Stripping</i> $\text{HgSe} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{H}_2\text{Se} + \text{Hg}$
(mit Co-Elektroanalyse)	<i>Anreicherung</i> $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- + \text{Hg} \rightarrow \text{Cu}(\text{Hg})$ $2\text{Cu}(\text{Hg}) + \text{H}_2\text{SeO}_3 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}_2\text{Se}(\text{Hg}) + 3\text{H}_2\text{O}$ <i>Stripping</i> $\text{Cu}_2\text{Se}(\text{Hg}) + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{Se} + 2\text{Cu}(\text{Hg})$

DMG: Dimethylglyoxim,
 NN: 1-Nitroso-2-naphthol

CLB-MEMORY

Die CLB-Beilage für Ausbildung in Chemie, Labortechnik,
Chemietechnik, Biologie und Biotechnik
Redaktion: R. Ellmer, Postfach 1247, 58207 Schwerte

April 2001

Eine Fundgrube für Lehrer und Ausbilder: Die Bildungsmesse 2001

Früher gab es die Messen 'didacta' und 'Interschul', Ende Februar fand nun schon zum dritten Mal die aus diesen beiden Messen hervorgegangene 'Bildungsmesse' statt – nach Stuttgart und Köln in Hannover. 700 Aussteller empfangen die 65000 Besucher in den neuen und großen Hallen 2, 3 und 4. Der Andrang war zeitweise so groß, dass man regelrecht durch die Gänge geschoben wurde. Sicher lag das auch daran, dass die Firmen auf dieser Messe verkaufen dürfen, zahlreiche taten es mit deutlichen Rabatten.

In den Reden anlässlich der Eröffnung wurde Erreichtes herausgestellt und Versäumtes deutlich gemacht.

Die Bundesministerin für Bildung und Fortschung, *Edelgard Bulmahn*, sprach sich dafür aus, dass unser Bildungssystem leistungsfähiger gemacht werden muss und dass die Voraussetzungen für individuelle Leistungen verbessert werden müssen. Deutlich wies die Ministerin darauf hin, dass die virtuelle Welt in die Schule integriert werden muss, „sonst ist sie nicht mehr das Lernfeld fürs reale Leben“. Gleiche Bildungschancen bedeute heute auch gleicher Zugang zu den neuen Medien.

Wolf Eggert, der Vorsitzende des Vorstandes VdS Bildungsmedien e. V., erinnerte daran, dass die wesentlichste „Energiequelle“ der Bundesrepublik Deutschland die Qualifikation seiner Bürger ist und forderte, dass die Bildungsfinanzierung neu geordnet werden muss. So sei nicht einzusehen, warum alle Familien unabhängig vom Einkommen die Schulbücher vollständig vom Staat finanziert bekommen. Er widersprach dem Irrglauben, dass pädagogische Schwierigkeiten nur durch den Einsatz digitaler Lerntechniken

und Lernmethoden zu beheben seien. Ein Bildungserfolg hängt in erster Linie immer noch vom Leistungsinteresse und von der Leistungsbereitschaft der Lehrenden und Lernen ab.

digita 2001

In Hannover wurde wieder der Deutsche Bildungssoftware-Preis 'digita' verliehen. Er gilt als der bedeutendste Multimedia-Preis am deutschen Bildungsmarkt und wird in mehreren Kategorien ausgeschrieben. Hier soll nur eine Kategorie erwähnt werden, nämlich die der beruflichen Aus- und Weiterbildung. Der Preis ging an den Springer Verlag für 'Teach/me – Data Analysis'. Es ist vorgesehen, dass diese ausgezeichnete Software in CLB-Memory ausführlicher vorgestellt wird.

Trends

Man muss sich an neue Akronyme gewöhnen. CBT, das Computer Based Training, wird noch garnicht so breit eingesetzt, da wird schon von WBT, dem Web Based Training, gesprochen: Kurse im Internet. Vielleicht gibt es sie ja auch auf CD-ROM, so dass man zwar den leistungsfähigen Browser, aber nicht die Telefonleitung braucht. Es gibt mindestens zwei Autorensysteme, mit denen Autoren ohne Programmierkenntnisse Kurse erstellen und auf Mausclick webfähig machen können.

Verbände und Stiftungen arbeiten mit, dass der Computer und das Internet sinnvoll genutzt werden. Ein Beispiel: Die Initiative 'Internet für Einsteiger' mit einem guten Kursbegleitmaterial wird getragen von der Bertelsmann Stiftung, dem Deutschen Volkshochschul-Ver-

band e. V., dem 'stern' und wird noch unterstützt durch COMUNDO.

Der Bildungssoftwareatlas (für alle Lernbereiche) erfasst die bibliographischen Angaben von Programmen ebenso wie die Benutzerkonditionen. Die Angaben zu jedem Produkt werden von unabhängigen Fachleuten geprüft. Der Atlas steht bereit unter www.bs-atlas.de

Techniken

Lehrer, Ausbilder und Trainer, die mit Software vor einem kleineren oder größeren Kreis mit Software arbeiten müssen, können jetzt mittels eines Beamer den Bildschirminhalt auf eine Weißwandtafel projizieren und im Falle der Touchscreen-Ausführung von SMART mit dem Finger oder einem Stäbchen die gewünschten Funktionen an der Tafel anklicken und in gleicher Weise darauf verschiedenfarbig (ohne Filzstift) schreiben.

Lehrmittel, Bücher und Software

Neue Chemiebücher konnte der Berichterstatter in Hannover nicht entdecken, aber doch neue Lehrmittel bei den Firmen Windaus und Hedinger. Es scheint sich bei der Fachliteratur auch durchzusetzen, dass die Behandlung eines Themas aus verschiedenen Blickwinkeln bzw. die Behandlung allgemeiner Themen (wie Luft, Energie) aus der Sicht von Chemie, Biologie und Physik sinnvoll ist. Auch die Kombination von Buch und Software findet verstärkt Anwendung.

Über einige der hier angedeuteten Produkte wird CLB-Memory in den nächsten Heften ausführlicher berichten. Im nächsten Jahr findet die Bildungsmesse vom 19. bis 23. Februar in Köln statt.

R. Ellmer

Etherperoxide ■ ■ ■ ■ ■

Dr. Wolfgang Werner, Münster

Ether

Der Äther (reine Luft) griechischer und römischer Philosophen war ein Fluidum, allgegenwärtig sowohl in Körpern als auch im Vakuum und sollte sehr flüchtig, farblos und masselos sein. Später hat der Äther als Hilfskonstruktion zur Erklärung physikalischer Phänomene gedient. Daher stammt noch der 'Äther' bei den Radiowellen.

Viele Jahrzehnte wurde in der Chemie 'Äther' geschrieben, jüngeren Lesern ist nur noch die heutige Schreibweise 'Ether' bekannt.

Eine erste synthetische Substanz, die durch ihre Flüchtigkeit auffiel, wurde durch Einwirkung von Schwefelsäure auf Alkohol erhalten, und zunächst 'Schwefeläther' genannt. Der Name Ether ist synonym mit Diethylether und hat auch die Bezeichnung für die ganze Gruppe R-O-R abgegeben. Dabei kann es sich auch um cyclische Ether handeln, wie z. B. Tetrahydrofuran (THF) oder Dioxan, die im Labor und auch in der Technik Bedeutung erlangt haben (s. Abb. 1). t-Butylmethylether wird als Zusatz zu Benzin in großen Mengen produziert, um das problematische Bleitetraethyl zu ersetzen.

Autoxidation

Professor Schönbein (1799-1868) hatte in Basel beobachtet, dass die zurückbleibende Flüssigkeit nach Verflüchtigung des Ethers 'aktiven' Sauerstoff enthielt, d. h. aus einer Kaliumiodid-Lösung Iod freisetzte. Dieses überraschende und lange Zeit unerklärliche Phänomen wurde und wird Autoxidation genannt. Ether in der Frühzeit war in der Regel mit Ethanol und Acetaldehyd verunreinigt. Man machte Licht für die Autoxidation verantwortlich, und Flaschen zur Aufbewahrung von Diethylether sind noch heute aus Braunglas gefertigt. Carbonylverbindungen absorbieren Licht, Ether absorbiert erst in einem Bereich, der selbst durch Weißglas nicht durchgelassen wird. Wenn Licht Auslöser ist, hätte in THF in einem Weißblechkanister keine Autoxidation stattfinden dürfen. Nach unserem heutigen Verständnis ist die Autoxidation von Ethern eine *Radikalkettenreaktion*, bei der Etherhydroperoxid (s. Abb. 2) entsteht, bis zwei Ra-

dikale zusammentreten, d. h. aus dem Reaktionsgemisch verschwinden und damit die Kettenreaktion abbricht. Ist der Ether schon mit Peroxiden verunreinigt, schreitet die Autoxidation schneller fort; diesen Effekt nennt man 'Autokatalyse'. Dass Peroxide nicht sehr stabil sind, ist vom Wasserstoffperoxid bekannt. Bei deren Zersetzung entstehen erneut Radikale, die die Radikalkettenreaktion initiieren, d. h. neu starten können.

Der allgegenwärtige Staub enthält auch Fe^{2+} , das bei der Oxidation durch Luftsauerstoff bzw. schon vorhandenes Etherhydroperoxid Radikale bildet. Mögliche Formulierungen sind in Abb. 3 wiedergegeben, wie auch der Unterschied zwischen OH^- und $OH^•$.

Etherhydroperoxid ist chemisch gesehen ein Halbacetal und wird auch als primäres Etherperoxid bezeichnet. Durch Kondensationen bilden sich polymere oder 'sekundäre' Etherperoxide. Die sekundären Peroxide des Diethylethers sind ölig und farblos. In Diisopropylether wird ein kristallines Peroxid gebildet (s. Abb. 4), das auch aus Aceton, Wasserstoffperoxid und Säure synthetisiert werden kann

Effekte der Etherperoxide

Etherperoxide sind als Verunreinigungen des Ethers anzusehen. Peroxide sind Oxidationsmittel, die gelöste Substanzen verändern können.

Etherperoxide sind weniger flüchtig als die zu Grunde liegenden Ether und reichern sich bei der Destillation im Rückstand an. Bei ihrer Instabilität überrascht es nicht, dass sie sich insbesondere

bei erhöhter Temperatur und/oder an Staubteilchen mit einer hochbrisanten Explosion zersetzen. Die bevorstehende Explosion wird durch *keine* Zeichen angekündigt. Es ist daher 'grob fahrlässig', die Destillation 'rechtzeitig' abbrechen zu wollen.

Stabilisierung der Ether

Die Probleme, die die Etherperoxide verursachen, könnten vermieden werden, wenn man die Autoxidation ausschalten könnte. Der sicherste Weg ist der Ausschluß vom Sauerstoff aus der Atmosphäre über dem jeweiligen Ether. Das Öffnen der Flasche zur Entnahme ist das Ende der Schutzatmosphäre, die im Laboratorium kaum wieder hergestellt werden kann.

Kommerziell erhältliche Ether sind in der Regel mit Stabilisatoren versetzt, die Schwermetallspuren binden können; größer ist die Gruppe der Radikalfänger, bei denen es sich meist um Phenole handelt. Durch Radikalfänger wird die Radikalkettenreaktion der Autoxidation unterbrochen. Sie entfernen schon vorhandene Peroxide nicht.

Lagerung der Ether

Aus der Erklärung der Autokatalyse (s. o.) geht klar hervor, dass man auch schwach peroxidhaltige Ether nicht aufheben sollte. Lagert man einen reinen Ether gut verschlossen, wegen der Feuergefahr in einem geeigneten, notfalls umgebauten Kühlschrank (der Thermostat darf sich wegen der möglichen Funkenbildung nicht im Inneren befinden) oder in einem Kühlraum bei -10 °C , so ist

Abb. 1: Verschiedene Ether

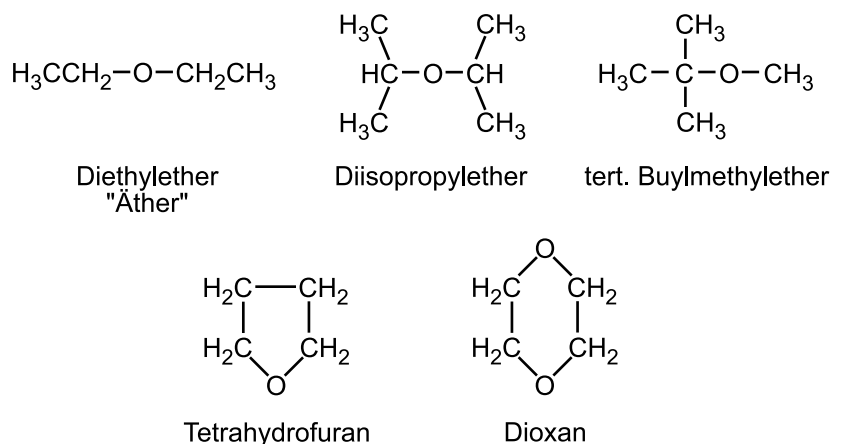


Abb. 2

Autoxidation (Kettenreaktion)

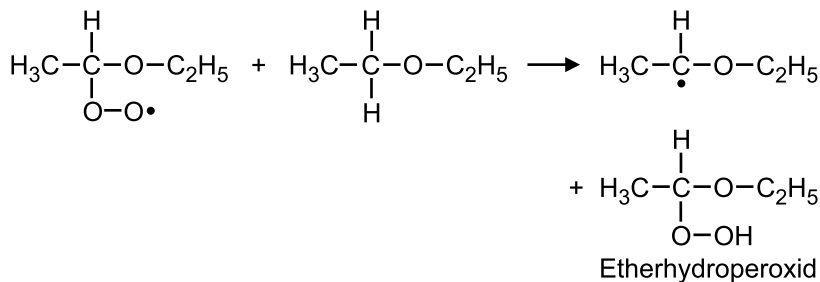
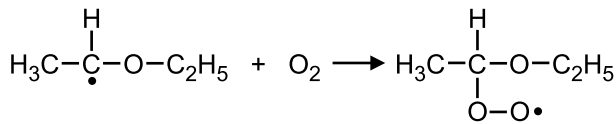
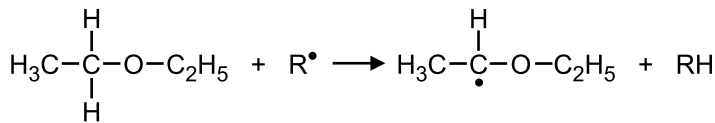


Abb. 3

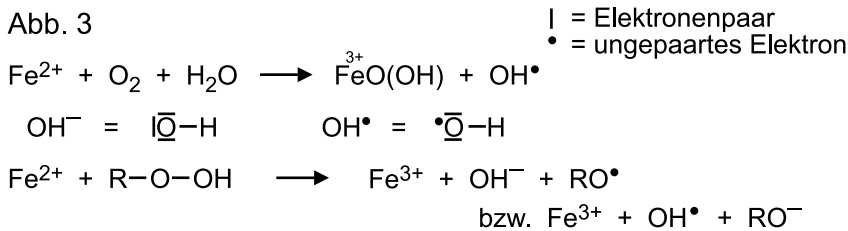


Abb. 4

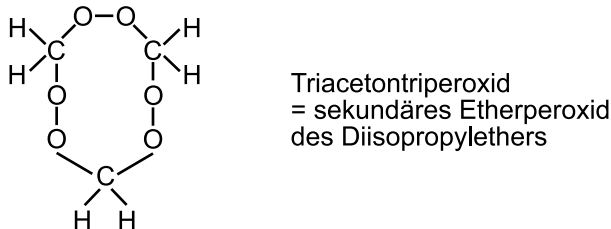


Abb. 5

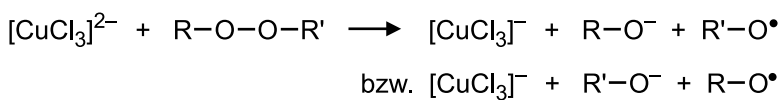
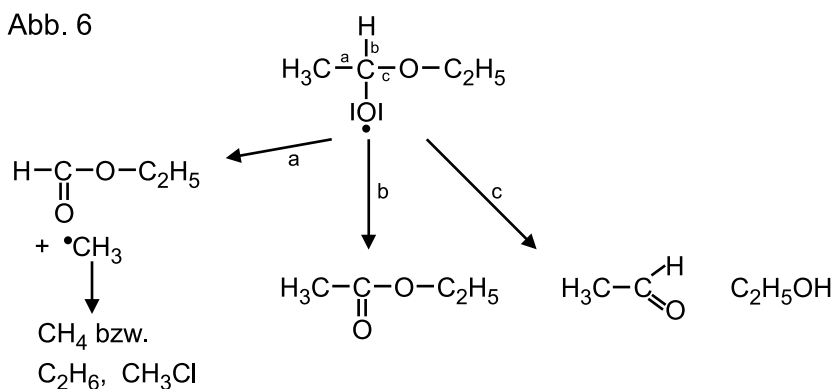


Abb. 6



auch nach Wochen keine Autoxidation festzustellen.

Nachweis der Etherperoxide

Vor der Entscheidung über die Verwendung eines Ethers muß die Prüfung auf Peroxide stehen. Die Freisetzung von Iod aus einer schwach sauren Iodid-Lösung kann in Verbindung mit einer Titration mit Thiosulfat auch für die quantitative Bestimmung eingesetzt werden, doch ist der Einfluß des Luftsauerstoffs auf die Iod-Freisetzung nicht zu vernachlässigen. Im Handel befindliche Peroxid-Teststreifen sprechen meist nur auf Hydroperoxide an. Durch Farbvergleich ist eine halbquantitative Aussage möglich.

Polymere Etherperoxide werden auch von folgendem Reagenz erfaßt, das mit wässrigen wie organischen Lösungen eine homogene Phase bildet:

10 ml TiCl_4 werden zu 100 ml konzentrierter Schwefelsäure gegeben und anschließend unter Kühlen mit Methanol auf 1 Liter aufgefüllt. Das Reagenz war einige Zeit unter dem Namen Perex-Test[®] erhältlich [1]. Es bildet sich eine gelborange Färbung von $[\text{TiO}_2]^{2+}$, die nach Eichung mit Wasserstoffperoxid zur photometrischen Bestimmung bei 415 nm verwendet werden kann.

Methoden zur Entfernung der Etherperoxide

Die Aufgabe der Entfernung der Etherperoxide stellte sich seit Generationen in chemischen Laboratorien, da das Risiko heftiger Explosionen lange bekannt ist.

Die gängigste Methode ist das Schütteln mit einer schwach schwefelsauren Lösung von Eisen(II)-sulfat. Abgesehen davon, das polymere Etherperoxide nicht erfaßt werden, kann diese Methode nicht bei mit Wasser mischbaren Ethern wie THF und Dioxan angewendet werden; der Diethylether ist danach mit Wasser gesättigt und muß für verschiedene Verwendungen in einem weiteren Arbeitsgang getrocknet werden.

Bei Verwendung von Natriumdraht wird das H in Wasser, $\text{H}-\text{O}-\text{H}$, wie in Etherhydroperoxid, $\text{R}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$, unter Entwicklung von Wasserstoff ersetzt. Das Problem der Zerstörung wird auf die Entsorgung der Natriumreste verschoben.

Auch bei der Filtration durch aktives Aluminiumoxid werden nur die Etherhydroperoxide adsorbiert.

Ein neues Reagenz zur gefahrlosen Zerstörung von Etherperoxiden, auch von sekundären, war das einige Zeit erhältliche Perex-Kit® [2]. Das Reagenz vermeidet die Sättigung des Diethylethers mit Wasser und ermöglicht die Behandlung von mit Wasser mischbaren Ethern wie THF und Dioxan. Die folgende Methode ersetzt das Kit:

Etwa gleiche Mengen (0,5 g) Kupferpulver und CuCl oder auch CuCl₂ sowie Methyltrioctylammoniumchlorid werden zu etwa 100 ml des von Peroxiden zu befreienden Ethers gegeben, mit einem Magnetrührer ständig in Bewegung gehalten. Man tropft die restliche Menge (etwa 1 Liter) des Ethers hinzu, erhitzt 15 bis 30 Minuten zum Rückfluß und destilliert dann ab.

Es bildet sich aus zugesetztem bzw. durch Synproportionierung entstandene CuCl der dreifach koordinierte Komplex [CuCl₃]²⁻; an die vierte Koordinationsstelle kann sich ein Peroxid anlagern, das die Oxidation des Cu(I) zu Cu(II) bewirkt und dabei selbst zu einem Anion und einem Radikal gespalten wird

(s. Abb. 5). Der bekannte vierfach koordinierte Komplex [Cu(CN)₄]³⁻ reagiert nicht mit Wasserstoffperoxid, wohl aber mit [Cu(CN)₃]²⁻.

Als Lieferant der Chloro-Liganden können auch andere quartäre Ammoniumchloride eingesetzt werden, die durch geeignete Substituenten ausreichend löslich in den zu reinigenden Ethern sind.

Das durch die Reaktion mit Peroxid entstehende Kupfer(II) wird durch restliches elementares Kupfer zu Kupfer(I) reduziert.

Zersetzungsprodukte

Es destillieren nur der reine Ether und eventuell die Zersetzungsprodukte aus dem Zerfall des aus dem Etherperoxid entstandenen Radikals.

Das Radikal zersetzt sich durch β -Spaltung, d. h. durch Spaltung der vom freien Elektron aus gesehen übernächsten Bindung, ohne dass ein ungepaartes Elektron, d. h. ein Radikal, verloren geht; jedoch können auch zwei Radikale unter Ausbildung einer Bindung miteinander reagieren. Eine häufige Reaktion von Radikalen ist die *Wasserstoffabstraktion*, d. h. das Radikal entzieht einer anderen Verbindung ein Wasserstoffatom, um selbst

eine stabile Verbindung zu bilden. Befindet sich das ungepaarte Elektron an einem C-Atom, kann dieses Radikal auch mit den Kupfer(II)-halogenokomplexen unter Bildung von R-Cl und Kupfer(I) reagieren.

Für den Diethylether sind die Zersetzungsprodukte in Abb. 6 im Überblick dargestellt. Sie wurden durch Gaschromatographie nachgewiesen.

Die Entfernung von Acetaldehyd aus dem Destillat kann durch Zugabe von festem KOH oder NaOH erfolgen. Acetaldehyd verharzt. Ameisensäure- bzw. Essigsäureethylester werden gespalten und die Säuren noch fester als das Ethanol gebunden.

Ausgehend von THF, das besonders leicht der Autoxidation unterliegt, und das wegen seiner Mischbarkeit mit Wasser auf diese Methode angewiesen ist, bildet sich als Hauptzersetzungsprodukt γ -Butyrolacton, das im Destillationsrückstand zurückbleibt.

[1] W. Werner, Deutsches Patent 3307907.2. (1987) und Europäisches Patent 0118063 (1987).

[2] W. Werner, Deutsches Patent 3046148 (1982).

Wechselwirkungen von Arzneimitteln, Teil 1 ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■

Dr. habil. Dieter Onken, Jena

Bei häufiger gleichzeitiger Einnahme von Arzneimitteln mit unterschiedlicher Struktur und Wirkung aber auch bei Einnahme von Arzneimitteln mit bestimmten Lebensmitteln besteht die Möglichkeit einer gegenseitigen Beeinflussung. Das bedeutet, dass mit Wirkungssteigerungen oder mit Wirkungsminderungen gerechnet werden muss. Dieser Sachverhalt wird in der Regel vom behandelnden Arzt berücksichtigt, der Patient kann der Packungsbeilage entsprechende Informationen entnehmen.

Die folgende Zusammenstellung einzelner ausgewählter Arzneimittelgruppen soll mögliche Wechselwirkungen zwischen unterschiedlichen Wirkstoffen sowie zwischen Pharmaka und Lebensmitteln aufzeigen.

Wechselwirkungen zwischen unterschiedlichen Wirkstoffen und zwischen Wirkstoffen und Lebensmitteln werden sowohl pharmakokinetisch als auch phar-

makodynamisch untersucht. Pharmakokinetik und Pharmakodynamik sind Arbeitsgebiete der **Pharmakologie**, die generell auch Wechselwirkungen zwischen Arzneistoffen und dem Organismus untersucht.

Die **Pharmakokinetik** befasst sich unter anderem mit Konzentrationsveränderungen von Pharmaka im menschlichen oder tierischen Körper in Abhängigkeit von der Zeit. Dabei spielen der Zerfall der Arzneiform und die darauf folgende Auflösung der Wirkstoffe, ihre Resorption und Verteilung, die eventuelle Speicherung, Biotransformation und letztlich ihre Ausscheidung eine Rolle.

Die **Pharmakodynamik** untersucht die Wirkung von Arzneistoffen oder deren Metaboliten an den Zielorganen im Organismus und gibt Auskunft über Art und Ort der Wirkung, zur Wirkstärke und zum möglichen Wirkungsmechanismus.

Theoretische Grundlage dazu bietet die **Rezeptortheorie**, die davon ausgeht, dass ein Wirkstoff im Körper einen molekularen Reaktionspartner, einen Rezeptor, besitzen kann, der mit ihm einen wirksamen Komplex eingeht. Solche Rezeptoren sind Makromoleküle, deren Affinität zu den Wirkstoffen von elektrostatischen, polaren und apolaren Kräften, aber auch von ihrer räumlichen Struktur, beeinflusst wird.

Pharmakodynamische Wechselwirkungen können z. B. eine gegenseitige Beeinflussung des Blutzuckerspiegels (wichtig bei Diabetikern) und des Blutdrucks (Hypertoniker!) bewirken sowie die Nephro- und Ototoxizität bei der Anwendung von Aminoglykosid-Antibiotika erhöhen. Ebenso kann die Toxizität von Herzglykosiden (Digitalisglykoside) gesteigert werden und eine erhöhte Blutungsgefahr beim Einsatz von Antikoagulantien bestehen.

Im folgenden ersten Teil sind an zunächst zwei Arzneimittelgruppen ausgewiesene Wechselwirkungen dargestellt, weitere folgen im Teil 2.

Antiiinfektiva (Abb. 1)

Antiiinfektiva sind Wirkstoffe, die im menschlichen oder tierischen Körper Mikroorganismen in ihrem Wachstum hindern oder abtöten, ohne dabei den Wirts- bzw. den Makroorganismus zu schädigen. Ihre Entwicklung geht auf den von Paul Ehrlich entwickelten Grundgedanken der selektiven Toxizität zurück.

Wichtige Antiiinfektiva sind

- Folsäureantagonisten (z. B. Sulfonamide),
- β -Lactam-Antibiotika (dazu gehören Penicilline und Cephalosporine),
- Aminoglykoside (z. B. Streptomycin und Gentamycin),
- Makrolide (z. B. Erythromycin),
- Tetracycline (u. a. Tetracyclin, Oxytetracyclin, Doxycyclin),
- Polyen-Antibiotika (Amphotericin B),
- Polypeptid-Antibiotika (Polymyxin B, Bacitracin),
- Gyrasehemmer (u. a. Nalidixinsäure, Ciprofloxacin) sowie
- Chloramphenicol, das nur noch in Ausnahmefällen angewendet wird.

Ihre Bezeichnung richtet sich entweder nach ihrer chemischen Struktur oder ihrem Wirkungsmechanismus.

Aminoglykosid-Antibiotika werden in Gegenwart von β -Lactam-Antibiotika besser von der Bakterienzelle aufgenommen, so dass in diesem Falle von einem synergistischen Effekt gesprochen werden kann.

Aminoglykoside haben eine oto- und nephrotoxische (Gehör- und nierenschädigende) Nebenwirkung, die durch gleichzeitigen Einsatz von Schleifendiuretika (z. B. Etacrynsäure) und/oder Amphotericin B, einem Polyen-Antibiotikum, bzw. von Cisplatin, einem Chemotherapeutikum gegen Krebskrankungen, gesteigert wird.

Andererseits erhöhen Aminoglykoside die Wirkung bestimmter Muskelrelaxantien.

Die Resorption von **Tetracyclinen** wird bei gleichzeitiger Anwesenheit von Ca-, Mg- und Fe-Ionen, also bei mehrwertigen Metallionen, sowie Colestyramin vermindert und die Wirkung von Cumarin-Derivaten oder Sulfonylharnstoffen (oralwirksame Antidiabetika) erhöht. Tetracycline erhöhen auch die Wirkung des Folsäureantagonisten Methotrexat und vom Ciclosporin, einem Immunsuppressivum (unterdrückt Immunreaktionen).

Abb. 1: Grundstrukturen ausgewählter Antiiinfektiva

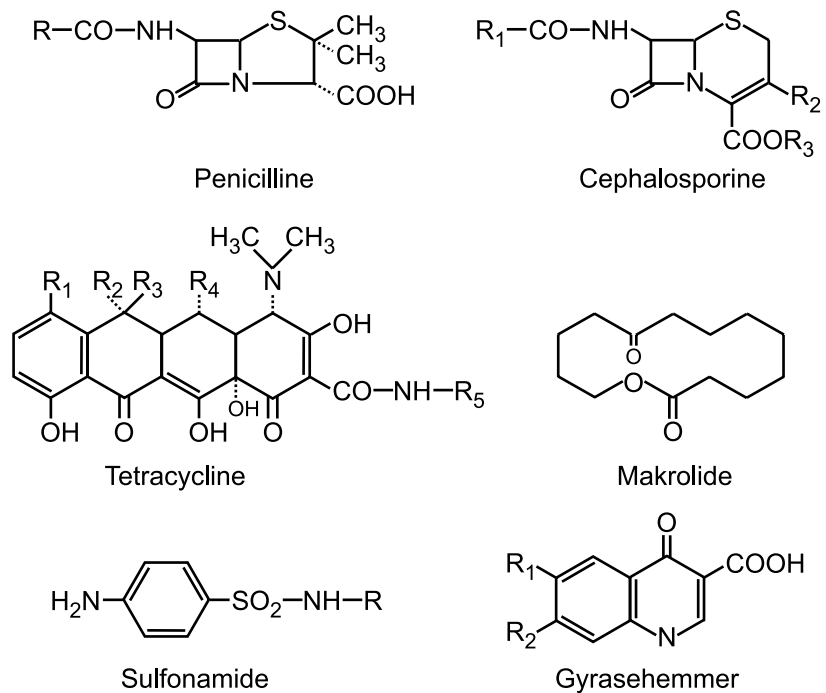
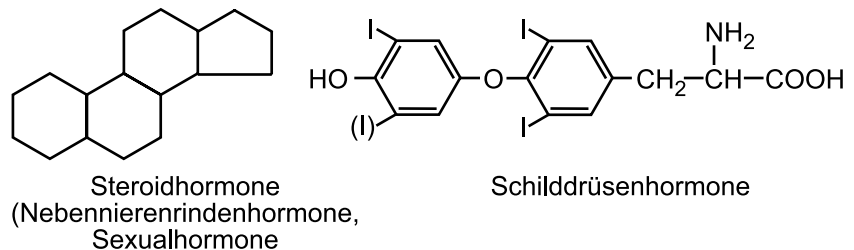


Abb. 2: Grundstrukturen ausgewählter Hormone



Eine ganz wichtige Wechselwirkung besteht zwischen hormonalen Kontrazeptiva und Tetracyclinen! Während einer Tetracyclintherapie ist die Wirkung der „Pille“ unsicher und damit der Empfängnischutz gestört.

An dieser Stelle soll auch darauf hingewiesen werden, dass das Antimykotikum **Griseofulvin** durch Enzyminduktion die Zuverlässigkeit oraler Kontrazeptiva negativ beeinflusst.

Das Makrolid-Antibiotikum **Erythromycin** verzögert die Biotransformation von Cumarinen, dem herzirksamen Digitoxin, von verschiedenen Benzodiazepinen, das sind spezielle Psychopharmaka, von opioiden Schmerzmitteln und von Theophyllin, das als Bronchospasmodikum eingesetzt wird.

Andererseits wird die Resorption von **Gyrasehemmern** bei gleichzeitiger Gabe von magnesium- und aluminiumhaltigen Antazida (Pharmaka zur Neutralisation der im Magensaft enthaltenen Salzsäure) gestört.

Von großer Bedeutung für die medikamentöse Therapie sind auch Wechselwirkungen zwischen **Sulfonamiden** und Lokalanästhetika, die einen p-Aminobenzoessäurerest (Procain, Benzocain) enthalten. Letztgenannte verringern die Wirkung der Sulfonamide. Wichtig ist die Kenntnis der Verstärkung der blutzuckersenkenden Wirkung von Sulfonylharnstoffen, ein Sachverhalt, der bei der Dosierung oraler Antidiabetika zu beachten ist.

Die EN-Werte und ihre Historie

Teil 2: Die Theorie der elektrischen Polarität der Atome nach Berzelius

Im April 1812 weilte Goethe bei Döbereiner, um sich chemischen Studien zu widmen. In einem Brief teilte er Friedrich Albrecht Gotthelf v. Ende mit, welcher glücklicher Entschluß es war, Döbereiner als Professor für Chemie an die Universität Jena zu berufen:

„Was mein Vergnügen über diesen glücklichen Entschluß vollkommen macht, ist die fürtreffliche Art, mit der sich Professor Döbereiner benimmt. Es ist unglücklich wie rasch er, sowohl in practischer Fertigkeit, als in theoretischer Einsicht, nicht weniger in litterarischer Kenntnis vorschreitet. [...] Freilich ist die Zeit diesem Studium günstiger, als irgend eine war. Das früher, mit großer Anstrengung, geöffnete Feld ist nun gereinigt und zeigt eine Aussicht ins Unendliche. Wohl dem, der jetzt ohne Eigensinn, Handwerksgeist, Grille und Dünkel auf einem so herrlichen Schauplatz wirken kann.“

Es war die Zeit eines gewaltigen Aufbruchs, denn auf dem herrlichen Schauplatz der Chemie wirkten mit Kraft und Genialität einige außergewöhnliche Charaktere: Die Alchemistenküchen verwandelten sich in moderne Laboratorien und die Atomlehre gewann unwiderruflich die Oberhand.

„1813: Berzelius führt die ersten genauen Atomgewichts-Bestimmungen aus und beweist das Gesetz der konstanten Proportionen. Erste Atomgewichtstafel 1814. Gleichzeitig entwickelt er seine Theorie der elektrischen Polarität der Atome. Er führt für die Elemente die Symbole ein, die heute gebräuchlich sind.“ (Holleman - Wiberg: Lehrbuch der anorganischen Chemie, 1960). Diesem Buch kann man auch folgende Informationen entnehmen:

Der Schwede Jöns Jakob Berzelius (1779-1848) verlor früh seine Eltern und mußte sich hart durchschlagen. Er studierte Medizin und wurde Armenarzt. Gleichzeitig wandte er sich dann der Chemie zu. 1807 wurde er Professor für Chemie und Pharmazie in Stockholm. Durch sein dreibändiges, in alle Welt-sprachen übersetztes 'Lehrbuch der Chemie' beeinflusste er entscheidend die Entwicklung der gesamten Chemie seiner Zeit.

Es folgen Textpassagen aus diesem Buch (nach Woehlers Übersetzung von 1835):

Die über die gegenseitigen elektrischen Beziehungen der Körper gemachten Versuche haben uns gezeigt, dass jene in zwei Klassen getheilt werden können: in elektropositive und elektronegative. Die zur ersten Klasse gehörigen einfachen Körper, so wie ihre Oxyde, nehmen immer positive Elektrizität an, wenn sie mit einfachen Körpern oder Oxyden der zweiten Klasse in Berührung kommen [...]

Werden die Körper nach ihren elektrischen Dispositionen geordnet, so entsteht ein elektrochemisches System, welches, nach meiner Meinung, am besten von allen sich eignet, eine Idee von der Chemie zu geben.

Der Sauerstoff ist der elektronegativste Körper. Da er niemals, in Beziehung auf irgend einen anderen, positiv ist, und da es, nach allen bis jetzt bekannten chemischen Erscheinungen, wahrscheinlich ist, dass kein Element unserer Erde elektronegativer sein kann, so legen wir ihm eine absolute Negativität bei. Auch ist er in dem elektrochemischen System der einzige Körper, dessen elektrische Beziehungen unveränderlich sind. Die anderen sind in dem Sinne veränderlich, dass ein Körper, in Beziehung auf einen anderen, negativ, und in Beziehung auf einen dritten, positiv sein kann; so sind z. B. der Schwefel und das Arsenik in Beziehung auf die Metalle negativ. Die Radikale der fixen Alkalien und der alkalischen Erden sind dagegen die elektropositivsten Körper; sie sind es aber in wenig verschiedenen Graden [...]

Wenn man die Körper nach dem Zunehmen ihrer positiven Eigenschaften ordnet, so findet man in der Mitte dieser Reihe Körper, deren spezifische elektrochemische Eigenschaften wenig ausgezeichnet sind, und die man eben so gut in die eine wie in die andere elektrische Klasse setzen könnte. Diesen Körpern fehlen indessen nicht die elektrochemischen Eigenschaften; sie sind, in Beziehung auf die nach ihnen folgenden, negativ.

In der fünften umgearbeiteten Auflage von 1843 können wir lesen:

Ich habe in dem Vorhergehenden angeführt, dass die Wissenschaft gegenwärtig 55 Grundstoffe kennt (mit dem unter-

dessen entdeckten Didym 56). Wir teilen dieselben, in Rücksicht auf ihr elektrochemisches Verhalten, in zwei Abtheilungen ein, nämlich elektropositive und elektronegative Grundstoffe.

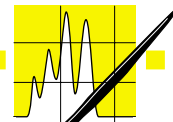
Wir wollen nun die Grundstoffe aufzählen in der Ordnung, wie sie nach den eben angeführten Gründen auf einander folgen, von dem elektronegativsten, dem Sauerstoff, an bis zum elektropositivsten, dem Kalium, in welcher Reihe der Wasserstoff die Grenze ausmacht.

-E.	Sauerstoff	Gold
	Schwefel	Osmium
	Selen	Iridium
	Stickstoff	Platin
	Fluor	Rhodium
	Chlor	Palladium
	Brom	Quecksilber
	Jod	Silber
	Phosphor	Kupfer
	Arsenik	Wismut
	Chrom	Zinn
	Vanadin	Blei
	Molybdän	Cadmium
	Wolfram	Kobalt
	Bor	Nickel
	Kohlenstoff	Eisen
	Antimon	Zink
	Tellur	Mangan
	Tantal	Uran
	Titan	Cerium
	Kiesel	Thorium
	Wasserstoff	Zirconium
		Aluminium
		Didym
		Lanthan
		Yttrium
		Beryllium
		Magnesium
		Calcium
		Strontium
		Barium
		Lithium
		Natrium
		+E. Kalium

Ich darf indessen nicht verhehlen, dass diese Ordnung in Vielem nach Gutdünken gemacht ist, und dass, wenn es eine strenge Art ihrer Prüfung gäbe, vielleicht nur wenige der darin aufgezählten Körper ihren Platz behalten würden.

“[...] in his textbook accounts no data or further information is given as to how these final lists were established.” (William B. Jensen: Journal of Chemical Education 73 [1996], 17).

Harald Richter,
Wuppertal



AUFSÄTZE

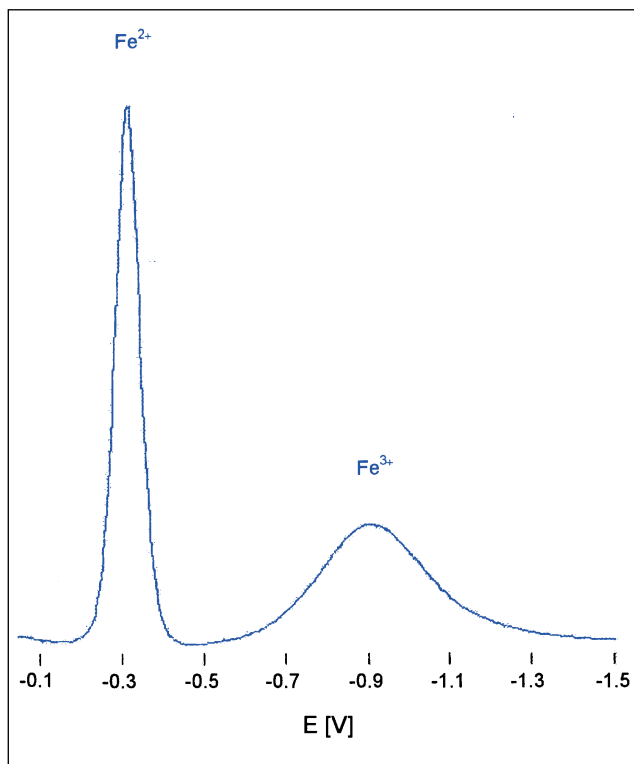


Abb. 3:
Polarogramm für Fe(II) und Fe(III) in destilliertem Wasser; Grundelektrolyt: Natriumpyrophosphat 1 mol/l (pH 10,3).

Dieser katalytische Effekt führt zu einer Steigerung der Empfindlichkeit in der voltammetrischen Messung. Die Abbildung 4 zeigt das Voltammogramm für die Bestimmung des Gesamtgehaltes von Eisen in einer Probe von hydrothermal beeinflusstem Meerwasser nach drei Stunden UV-Aufschluss bei pH 2.

■ Arsen-Speziation

Die voltammetrische Spezifizierung von As(III) und As(V) ist aufgrund der elektrochemischen Inaktivität des As(V) (analog Se(VI)) problematisch. Durch den Zusatz von Mannitol zur Grundlösung ist es jedoch möglich, As(V) voltammetrisch ohne vorherige Reduktion zu As(III) zu bestimmen [7]. Das Prinzip beruht auf der Co-Elektrolyse von Arsen mit Kupfer und einer Anreicherung als intermetallische Verbindung. Die Empfindlichkeit der Methode kann durch den Zusatz von Selen verbessert werden, so dass Konzentrationen von unter 1 $\mu\text{g/l}$ Arsen bestimmbar sind. Die Speziation erfolgt dadurch, dass zunächst der Gehalt an As(III) bestimmt wird, ohne dass Mannitol der Probe zugesetzt wird. Der Gesamtgehalt von Arsen wird dann nach oxidativem UV-Aufschluss in Form von As(V) gemessen. Aus der Diffe-

renz zwischen Gesamt-Arsen und Arsen(III) kann dann der Arsen(V) Gehalt rechnerisch ermittelt werden.

Der genaue Mechanismus der Reaktion ist noch nicht aufgeklärt. Vorstellbar ist jedoch, dass As(V) (in wässrigen Lösungen als AsO_4^{3-} vorliegend) in Anwesenheit von Mannitol komplexiert und an der Elektrode reduziert wird. Das gebildete As(III) wird dann in Anwesenheit von Kupfer- und Selen-Ionen sowie unter Beteiligung von Quecksilber zu einer intermetallischen Verbindung weiter reduziert. Die Bestimmung erfolgt dann durch Reduktion von As(0) zu As^{3-} . Die Abbildung 5 zeigt die Anwendung dieser Methode zur Bestimmung von As(V) in einer Wasserprobe aus Thermalquelle, nach Henze et. al. [7]. Nach der Anreicherung bei einem Potential von -0,55 V während 60 Sekunden wird As(V) bei dem kathodischen Verlauf des Potentials in einem Grundelektrolyt, der 0,4 mol/l H_2SO_4 , 0,22 mol/l Mannitol, 10 mg/l Cu(II) und 70 $\mu\text{g/l}$ Se(IV) enthält, bestimmt.

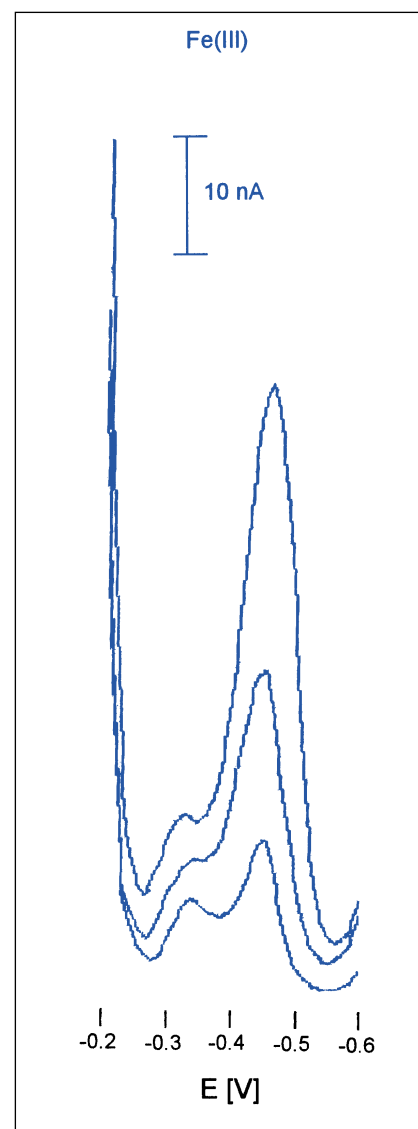
■ Selen-Spurenanalytik mittels Durchfluss-Voltammetrie

Da Selen(VI) elektrochemisch inaktiv ist, kann zwischen den Oxidations-

stufen +4 und +6 nur indirekt, nach Reduktion und Bestimmung des gesamten Selengehaltes in Form von Selen(IV), unterschieden werden.

Die konventionelle kathodische Stripping-Voltammetrie von Selen beruht auf der Reduktion von Se(IV) zu

Abb. 4:
Voltammetrische Bestimmung des Gesamt-Eisengehaltes in einer hydrothermalen Meerwasserprobe, nach 3 Stunden UV-Aufschluss auf pH 2,0; Grundelektrolyt: NN 20 $\mu\text{mol/l}$, HEPPS 10 mmol/l, BrO_3^- 40 mmol/l; Anreicherung: -0,1 V (60 s).



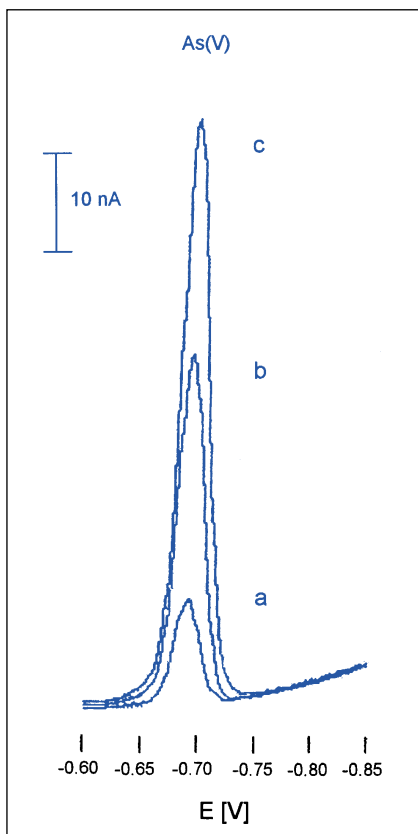


Abb. 5: Voltammetrische Bestimmung von As(V) in einer Wasserprobe aus einer Thermalquelle, nach Henze et. al. [6] : (a) Probe, (b) Probe + 30 µg/l As(V), (c) Probe + 60 µg/l As(V) ; Grundelektrolyt: H₂SO₄ 0,4 mol/l, Mannitol 0,22 mol/l, Cu(II) 10 mg/l, Se(IV) 70 µg/l ; Anreicherung: -0,55 V (60 s).

HgSe an der Oberfläche der Quecksilberelektrode unter sauren Bedingungen. Das Quecksilberselenid kann während des kathodischen Potentialverlaufs zu Se²⁻ reduziert werden (Tabelle 1).

Ein alternatives voltammetrisches Verfahren bezieht sich auf die Co-Elektrolyse von Se(IV) als Cu₂Se, das bei negativeren Potentialen reduziert wird. Die intermetallische Cu(I)₂Se Verbindung wird an der Elektrodenoberfläche adsorbiert und anschließend wird Kupfer unter Bildung eines Amalgams reduziert (Tabelle 1).

Die Co-Elektrolyse von Kupfer und Selen vermindert die Störungen durch andere Metallionen, die ebenfalls stabile Selenide bilden, wobei auch die Empfindlichkeit der CSV-Methode erhöht wird.

Durch die Entwicklung einer ein-satzfähigen voltammetrischen Durchflusszelle (EFTA-Metrohm) ist es ge-

Tab. 2: Überblick der voltammetrischen Methode zur Bestimmung von Metallionen

Methoden*	Metallionen	Bestimmungsbereich
DPASV	Zn, Cd, Pb, Cu	ng/l bis µg
CAdSV	Ni, Co	ng/l bis µg
DPP	Fe(III) / Fe(III)	mg/l
CAdSV	Fe(II) / Fe(III)	ng/l
CSV	As(V) / As(III)	µg/l
CSV	Se(IV) / Se(VI)	µg/l

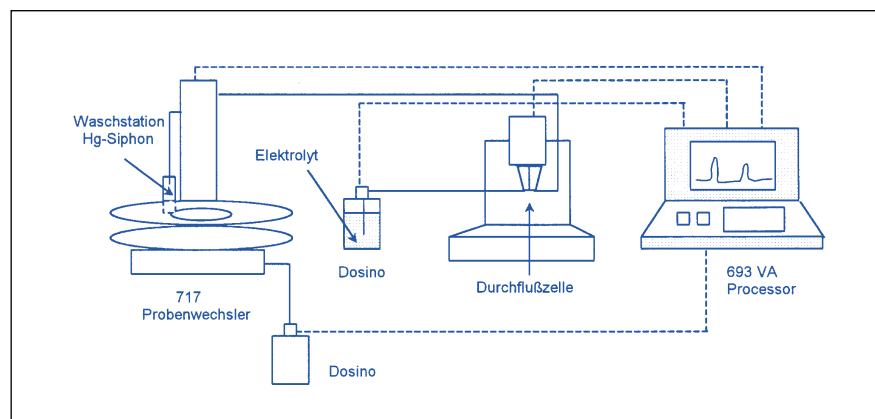
*DPASV: Differentielle-Pulse Anodische Stripping-Voltammetrie
 CAdSV: Kathodische Adsorptive Stripping-Voltammetrie
 DPP: Differentielle-Pulse Polarographie
 CSV: Kathodische Stripping-Voltammetrie
 EFTA: electrochemical flow-through trace analyser (Metrohm)

lungen, eine vollständige Automatisierung der Arbeitsvorgänge zu ermöglichen. Die EFTA-Technik eröffnet viele neue Anwendungen und analog zu den gezeigten Beispielen lassen sich nahezu alle bekannten voltammetrischen Applikationen an das EFTA-System anpassen. Im Gegensatz zur Batch-Technik, bei der sowohl die Anreicherung, als auch die Aufnahme des Voltammograms in derselben Lösung erfolgt, kann mit der Hilfe der Durchflusstechnik nach der Anreicherung des Analyten aus der Probenlösung ein Elektrolytwechsel erfolgen. Durch den Austausch der matrixbelasteten Probenlösung durch einen neuen, Sauerstoff-freien Grundelektrolyten werden Störungen vermieden, die aufgrund von Matrixeinflüssen während des voltammetrischen Scans auftreten können. Ein weiterer Vorteil bei der Verwendung durchflussovoltam-

metrischer Zellen besteht darin, dass die komplette Automation des voltammetrischen Systems erleichtert wird. Mit der Miniaturisierung des Zellen-volumens auf wenige Mikroliter anstelle von 5 bis 20 Millilitern in der Batch-Zelle, ermöglicht die Durchflus-zelle auch die Verwendung eines Probenwechslers mit einer hohen Probenanzahl.

Der Messaufbau für ein voltammetrisches System unter Anwendung der Durchflusszelle (EFTA) ist in Abbildung 6 dargestellt. Bei einem typischen Verfahren unter Anwendung des abgebildeten Flusssystems werden zuerst die beiden Dosinos gefüllt (Spülwasser und Grundelektrolyt). Danach wird die Durchflusszelle mit Grundelektrolyt gespült und ein neuer Quecksilbertropfen erzeugt. Danach werden 200 ml Probe zur Durchflusszelle transportiert, wobei das Selen

Abb. 6: Durchflussovoltammetrischer Meßaufbau mit Probenwechsler (Metrohm).
 — Liquid-Handling - - - Elektrische Konnektion



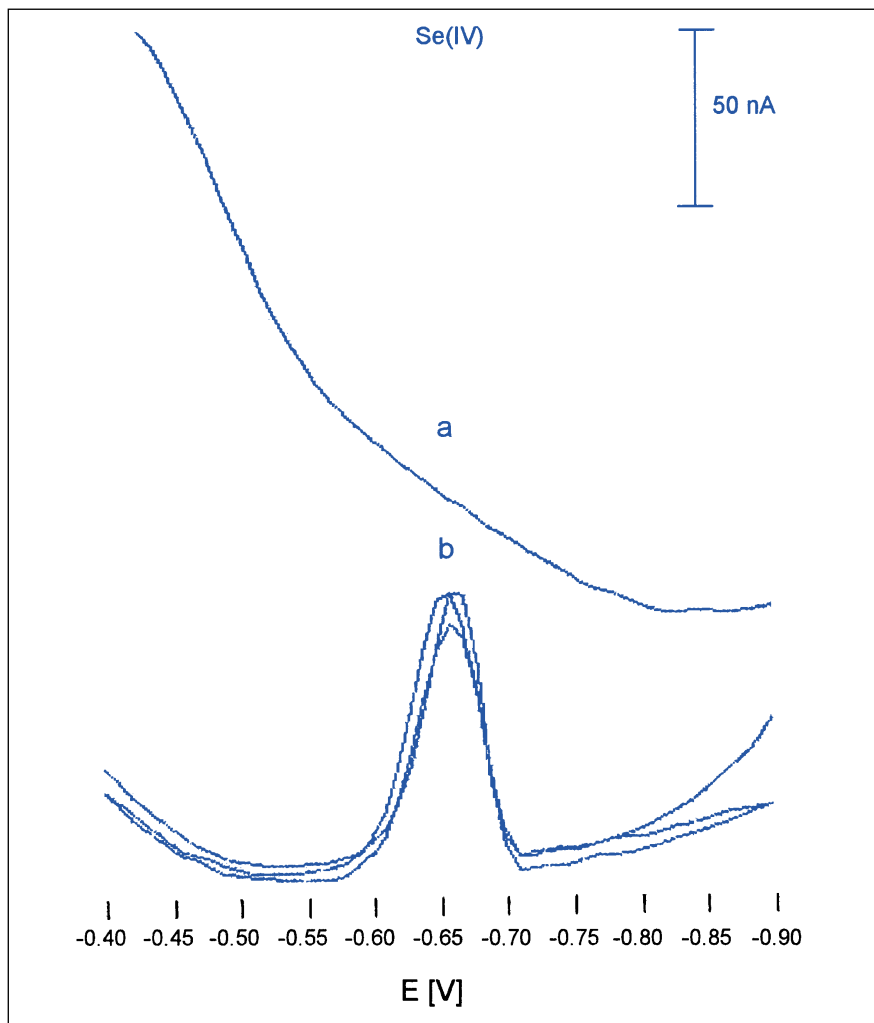
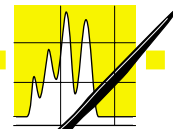


Abb. 7:

Durchflussvoltammetrische Bestimmung von Se(IV) in einem Modellwasser:

(a) Modellwasser mit 10 $\mu\text{g/l}$ Se(IV) vor UV-Aufschluss,

(b) Modellwasser mit 10 $\mu\text{g/l}$ nach 3 Stunden UV-Aufschluss mit H_2O_2 (pH 11), Modellwasser mit 5 $\mu\text{g/l}$ Se(IV) + 5 $\mu\text{g/l}$ Se(VI) nach 3 Stunden UV-Aufschluss mit H_2O_2 und Reinstwasser mit 10 $\mu\text{g/l}$ Se(IV); Grundelektrolyt: HCl 0,025 mol/l; Anreicherung: -0,40 V.

durch ein Hin- und Herbewegen der Probenlösung in der Zelle potentiostatisch angereichert wird. Das Herbewegen der Probenlösung in der Zelle erfolgt durch den Ausfluss des entlüfteten Grundelektrolyten (500 ml). Der Fluss wird gestoppt und das Voltammogramm dann aufgenommen. Nach der Messung wird eine hohe Flussgeschwindigkeit von 20 ml/min gestartet und der Quecksilbertropfen im Hg-Siphon der Waschstation aufgefangen.

Abbildung 7 zeigt die Se(IV)-Bestimmung vor und nach UV-Aufschluss in einem Modellwasser unter Anwendung des abgebildeten Flußsystems. Das Modellwasser weist einen TOC-Gehalt von 620 mg/l auf und enthält 500 mg/l Triton X-100, 500 mg/l Pikrinsäure, 500 mg/l EDTA und

250 mg/l Huminsäure. Der Gesamtgehalt an Selen kann nach Aufschluss der Probe mittels UV-Bestrahlung und gleichzeitiger Reduktion von Se(VI) zu Se(IV) bestimmt werden. Der Aufschluss erfolgt hier unter den gleichen Bedingungen wie die Reduktion (pH 11) und die Zugabe von Wasserstoffperoxid (100 μl pro 10 ml Probe) ist hier unbedingt erforderlich [8].

■ Ausblick

In der Routineanalytik hat die Voltammetrie noch lange nicht den Platz eingenommen, der dieser Methodik aufgrund ihrer hohen Leistungsfähigkeit zusteht. Nicht nur eine hohe Nachweisstärke, d.h. extrem niedrige Nachweis- und Bestimmungsgrenzen, son-

dern vor allem die Flexibilität der Methodik insgesamt, von den verschiedenen Messtechniken, über den gezielten Einsatz chemischer Reaktionen (s. UV-Aufschluss, Zusatz von Komplexbildnern usw.) bis hin zu den Möglichkeiten der an Bedeutung zunehmenden Aufgaben der Elementspeziation und Automatisierung in Durchflusssystemen, sind als besondere Charakteristika zu nennen. Die Vorurteile, voltammetrische Verfahren seien zu störanfällig, sind durch die beschriebenen routinemässig angewendeten Verfahren aus der Praxis widerlegt. Konkurrierende Methoden wie diejenigen der Atom-spektrometrie liegen in den Anschaffungskosten der Geräte wesentlich höher - und sie bieten vor allem nur selten die beschriebenen Möglichkeiten einer differenzierten, der Aufgabenstellung angepassten speziellen Analytik.

Literatur

- [1] G. Schwedt: Analytische Chemie. Grundlagen, Methoden und Praxis, Kap. 4.5, Thieme Verlag, Stuttgart 1995
- [2] G. Henze: Polarographie und Voltammetrie Grundlagen und analytische Praxis, Springer-Verlag, Berlin 2001
- [3] D. Saur u. E. Spahn: Die UV-Photolyse ein nahezu reagenzienfreies Aufschlussverfahren für die Spurenanalytik, GIT Fachz. Lab. 2, 103-106 (1994).
- [4] C. Marchiando: Voltammetrie - ein Schlüssel zur automatisierten Spurenanalytik, LaborPraxis, März, 60-63 (1994).
- [5] Metrohm Application Notes: Speciation of Fe(III) and Fe(II) in standard, VA Application Note No. V-61.
- [6] A. P. Aldrich u. C. M. G. van den Berg: Determination of iron and its redox speciation in seawater using catalytic cathodic stripping voltammetry, Electroanalysis 10, 369-373 (1998).
- [7] G. Henze, W. Wagner u. S. Sander: Speciation of arsenic(V) and arsenic(III) by cathodic stripping voltammetry in fresh water samples, Fresenius J. Anal. Chem. 358, 741-744 (1997).
- [8] L. M. de Carvalho, G. Schwedt, G. Henze u. S. Sander: Redoxspeciation of selenium in water samples by cathodic stripping voltammetry using an automated flow system, Analyst 124, 1803-1809 (1999).

Arsen und die Qualität des Bodenseetiefenwassers

Thomas L. Pieper, Zweckverband Bodeseewasserversorgung, Sipplingen,
Dr. Joachim Kleiner, individuelle Software und EDV-Schulung, Moos

Der Bodensee gehört zu den Ökosystemen, die in den letzten 20 Jahren intensiv untersucht wurden. In dieser Zeit haben sich die Analysemethoden zum Teil stark gewandelt. Mit modernen Analysenautomaten und Analysetechniken ist es heute möglich, kleinste Mengen und Veränderungen von Stoffkonzentrationen nachzuweisen. In dem vorliegenden Beitrag wird die Frage diskutiert, welche Indikatorfunktion die Konzentration des gelösten Arsens im Tiefenwasser für die Qualität des Bodenseewassers haben kann.



Neben den für das Wachstum benötigten Nährstoffen, wie Phosphor, Kohlenstoff und Stickstoff, sind auch noch viele andere Elemente im Bodenseewasser gelöst. Sie werden entsprechend ihrer Konzentration in Makroelemente (mg/l) sowie Spurenelemente ($\mu\text{g/l}$) eingeteilt. Zu den Makroelementen im Bodenseewasser gehören zum Beispiel die Elemente Calcium (45-50 mg/l), Magnesium (ca. 8 mg/l) und Natrium (ca. 4 mg/l). Zu den Spurenelementen zählen die Elemente Eisen (ca. 3 $\mu\text{g/l}$), Arsen (ca. 1 $\mu\text{g/l}$) und Selen (ca. 0,2 $\mu\text{g/l}$). Diese Elemente sind zum Teil für das Wachstum von Zellorganismen wichtige essentielle Spurenelemente, oder es sind konservative Elemente und die Konzentrationen werden von biologischen Vorgängen nicht beeinflusst. Besonders in den Wasserschichten, die nicht mehr vom Sonnenlicht erreicht werden, verhalten sich viele Elemente konservativ und können deshalb physikalisch-chemische Prozesse aufzeigen, die im Bodenseewasser ablaufen.

Eutrophierung und Oligotrophierung

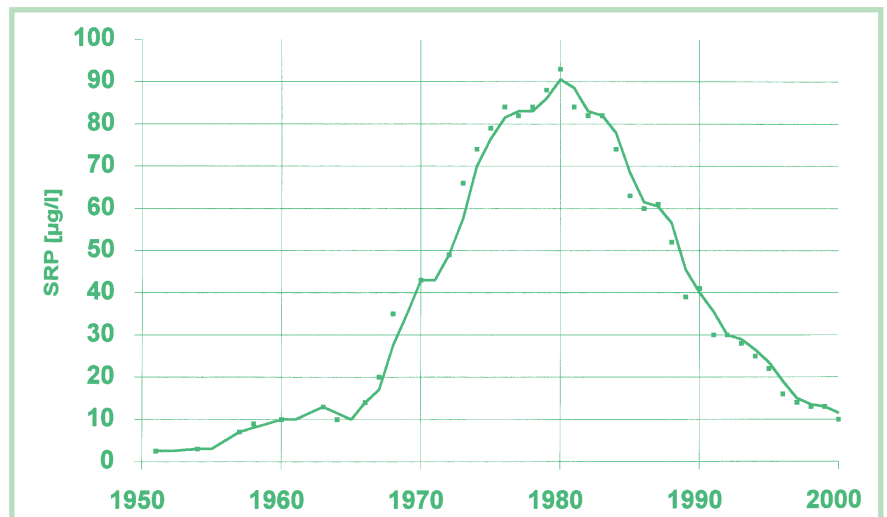
Die Diskussion über die Qualität des Bodenseewassers wurde in den letzten drei Jahrzehnten wesentlich von der

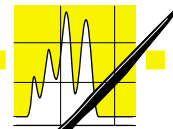
Problematik der im Wasser gelösten Nährstoffe (insbesondere der Phosphatgehalt) und ihre Auswirkungen bestimmt. Im Gegensatz zur Situation in der Landwirtschaft, wo ein Anstieg der Nährstoffkonzentration durch künstliche Düngung bewusst herbeigeführt wird, ist dies in einem See ein nicht erwünschter Zustand. Aufgrund der Zunahme der Besiedelung und der vermehrten Einschwemmung von Phosphaten infolge des erhöhten Waschmittelverbrauchs stieg zwischen 1960 und 1980 die Konzentration der Phosphate überproportional an. Dies wird durch die Darstellung der Phosphorkonzentration zum Zeitpunkt der Frühjahrsdurchmischung des Bodenseewassers über den erwähnten Zeitraum verdeutlicht. Da der in den Phosphaten gebundene Phosphor den Algen als grundlegende Nährstoffquelle dient, war zu beobachten, dass mit dem Anstieg des Phosphatkonzentration (kurz nur als Phosphorkonzentration bezeichnet) die Produktion von Algenbiomasse stark zunahm. Dies führte zu zwei Effekten: Zum einen nahmen die Algenpopulationen

(besonders die Grünalgenpopulationen) so stark zu, dass große Wasserflächen bedeckt wurden und damit die Ästhetik der Badequalität des Bodensees stark beeinträchtigt wurde. Zum anderen war der Abbau der vermehrt produzierten organischen Materie hauptsächlich zu Beginn des Sommers mit einer starken Geruchsbelästigung verbunden. Außerdem kam es zu einem erhöhten Sauerstoffverbrauch im Tiefenwasser des Bodensees infolge des Abbaus der organischen Materie durch Bakterien und andere Kleinstlebewesen.

Die Umkehrung des Prozesses der Nährstoffzunahme, also die Abnahme der Nährstoffe, wird Reoligotrophierung genannt. Dieser Prozess setzte im Bodensee Anfang der 80er Jahre ein. Mit großen finanziellen Anstrengungen der an den Bodensee angrenzenden Staaten, die ca. sechs Milliarden Schweizer Franken in den Ausbau von Kläranlagen mit Phosphateliminationsstufe investiert haben, gelang es, den Zustand des Bodensees in den letzten fünfzehn Jahren wieder zu verbessern. Neue Kläranlagen im gesamten Wassereinzugsgebiet des Bodensees sorgen für eine Elimination des aus häuslichen Abwässern (anthropogene Quellen genannt) stammenden Phosphat-Phosphors. Diese Maßnahmen begannen in der ersten Hälfte der 80iger Jahre zu greifen, so dass die Phosphorkonzentration zum Zeitpunkt der Frühjahrsdurchmischung ab 1981 einen Rückgang zeigt (Abb. 1).

Abb. 1:
Phosphat-Phosphorkonzentrationsverlauf im Bodensee –
Überlinger-See zum Zeitpunkt der Volldurchmischung von 1950 bis 2000.





■ Gelöste Phosphate und ihre Funktion im See

Kohlenstoff (C), Stickstoff (N) und Phosphor (P) sind im Wasser die wichtigsten produktionssteuernden Nährstoffe. Diese drei Elemente kommen in Phytoplanktonzellen in einem annähernd konstanten Gewichtsverhältnis ($C : N : P = 40 : 7 : 1$) vor. Im Bodensee ist Phosphor der Nährstoff, der das Algenwachstum nach dem Liebig'schen Minimumgesetz limitiert. Deshalb wird der Phosphorkonzentration im Bodensee große Aufmerksamkeit gewidmet. Die Löslichkeit von Phosphor in der Form Orthophosphat hängt unter anderem von den Faktoren pH-Wert und Sauerstoffgehalt ab (bei höheren pH-Werten ist mehr Phosphat gelöst; bei kleineren Sauerstoffkonzentrationen ist Phosphat besser löslich).

Betrachtet man den Kreislauf von Phosphat-Phosphor, bestehend aus Zufluss in den See, Umsetzungsprozesse im See und Abfluss aus dem See, so stellt man fest, dass der Phosphor hauptsächlich durch Zuflüsse in den See transportiert wird. Im See selbst kann der gelöste Phosphor durch komplexe Prozesse an Partikel gebunden und durch Sedimentation aus der Wassersäule ausgebracht werden. Zusätzlich werden gelöste Phosphate durch den Abfluss aus dem See ausgeschwemmt. Die Umwandlung des gelösten Phosphors in die gebundene Form erfolgt hauptsächlich in der lichtdurchsetzten

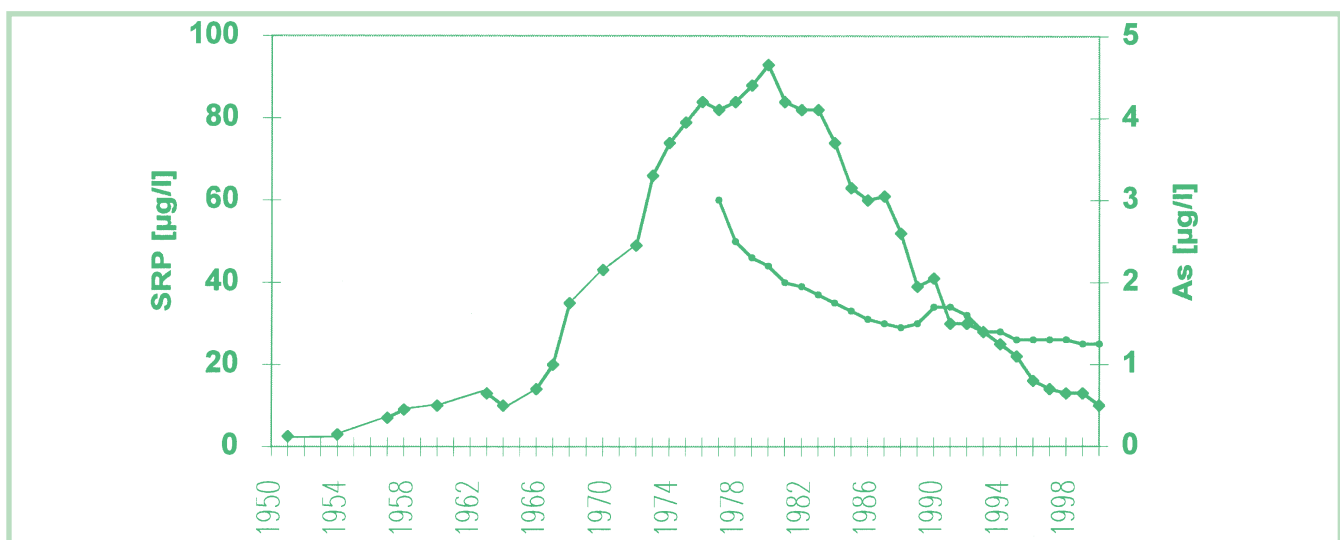
Zone des Wasserkörpers (als euphotische Zone bezeichnet und im Bodensee sich bis maximal 20 m Tiefe erstreckend). Bei der Photosynthese nehmen Phytoplanktonalgen gelöstes Phosphat als Nährstoffquelle zum Aufbau von organischer Materie auf. Das Phosphat ist ab diesem Zeitpunkt in den Zellen gebunden und liegt somit in partikulärer Form vor. Ein weiterer Vorgang ist die Adsorption von gelöstem Phosphat an im Wasser befindliche Schwebstoffe. Die Sedimentation der Phosphorverbindungen erfolgt durch Absinken des partikulär gebundenen Phosphors auf den Seegrund.

In der Zeit der Eutrophierung war parallel zum Phosphoranstieg eine Zunahme verschiedener Algenpopulationen zu verzeichnen. Beim Abbau der aus abgestorbenen Algen resultierenden organischen Materie durch Bakterien wird im Tiefenwasser (unterhalb der euphotischen Zone) gelöster Sauerstoff verbraucht. Infolge der sommerlichen Temperaturschichtung ist das kalte Tiefenwasser wegen der Dichteanomalie des Wasser vom warmen Oberflächenwasser weitestgehend getrennt. Folglich erfolgt auch nur minimaler Gasaustausch mit dem Tiefenwasser des Bodensees. Je wärmer das Oberflächenwasser ist, desto stabiler wird diese Schichtung und hemmt den Austausch der Wasserinhaltsstoffe zwischen den Schichten. Die Abbauvorgänge von produzierter Algenbiomasse

können deshalb den vorhandenen Sauerstoffvorrat in der Tiefe eines Sees nahezu vollständig verbrauchen. Aufgrund der geringen Sauerstoffkonzentrationen in der sedimentnahen Wasserschicht verändert sich die Löslichkeit des Phosphors, und es kommt so zu einer Rücklösung von im Sediment gebundener Phosphate.

Der Phosphataustausch zwischen Sediment und Wasser ist von der Wechselwirkung zwischen Eisen und Phosphor sowie von den Sauerstoffsättigungsverhältnissen abhängig. Bei Vorhandensein von ausreichend Sauerstoff erfolgt die Bildung von unlöslichen Eisen(III)hydroxidphosphaten, die wasserunlöslich und partikulär im Sediment vorhanden sind. Wird nun die vorhandene Sauerstoffkonzentration durch mikrobiellen Abbau verringert, so ändert sich dieses Reaktionsgleichgewicht. Unter Sauerstoffverarmung wird das Eisen(III)hydroxidphosphat zu Eisen(II)hydroxidphosphat reduziert, das wasserlöslich ist. Damit gelangen wieder gelöste Phosphate in die Wassersäule. Bei reduzierenden Bedingun-

Abb. 2: Konzentrationsverlauf des Phosphats zur Frühjahrszirkulation und Jahresdurchschnittskonzentrationen des gelösten Arsens – im Tiefenwasser des Überlingersees.



gen an der Sedimentoberfläche werden auch die Lösungsverhältnisse nicht anthropogen verursachter Verbindungen beeinflusst. Diese Stoffe werden als geogen bezeichnet.

■ Arsen im Bodenseewasser

Arsen ist in der Erdkruste mit einer durchschnittlichen Konzentration von $5 \mu\text{g}/\text{kg}$ Gestein vorhanden. Durch Auswaschung in den Wassereinzugsgebieten sind davon ca. $0,5\text{-}2 \mu\text{g}/\text{l}$ in Süßwässern gelöst. Für den Bodensee wird das Arsen geogenen Ursprungs über die Auswaschung aus den Alpen über den Alpenrhein in den Bodensee eingetragen. Arsen wird zum großen Teil an Partikel gebunden. Gelöstes Arsen wird während der Wachstumsphase der Algen im Spätfrühjahr bei Verarmung des Oberflächenwassers an Phosphor als Arsenat aufgenommen. Dadurch gelangt das Arsen durch Sedimentation der Algenzellen zusätzlich zum Seegrund. Das Arsen, das in gelöster Form im Oberflächenwasser des Bodensees vorhanden ist, unterliegt einer jahreszeitlichen Konzentrationsschwankung im Bereich von $0,8\text{-}1,7 \mu\text{g}/\text{l}$. Diese Konzentrationsschwankungen werden nur in der euphotischen Zone beobachtet. Im Tiefenwasser ergeben sich im Jahresverlauf kaum Veränderungen. Die Konzentration an gelöstem Arsen im Tiefenwasser lag in den Jahren 1977 bis 1981 zwischen 3 und $2 \mu\text{g}/\text{l}$ mit fal-

lender Tendenz. Im Wasser des Alpenrheins wurden im gleichen Zeitraum zwischen $1,3$ und $1,6 \mu\text{g}/\text{l}$ gemessen, so dass die erhöhte Konzentration des gelösten Arsens im Tiefenwasser des Bodensees nur durch Remobilisierung aus dem Sediment zu erklären war.

In den folgenden Jahren nahm die Jahresdurchschnittskonzentration des Arsens kontinuierlich ab. Im Februar/März 1997 lag die durchschnittliche Arsenkonzentration bei $1,3 \mu\text{g}/\text{l}$ (siehe hierzu Abb. 2).

Betrachtet man den Verlauf der gelösten Arsenkonzentration und den Verlauf des Phosphat-Phosphorgehalts (Abb. 2), so erkennt man einen Zusammenhang zwischen den beiden Kurven. Daraus ergibt sich die Frage nach einem möglichen Mechanismus zwischen einem geogenen Element und einem biogenen Element im Bodenseewasser. Für das Verständnis der Freisetzung von Arsen aus den Sedimenten muss man die oxidierenden bzw. reduzierenden Verhältnisse des Tiefenwasser betrachten. Das Redoxpotential wird entscheidend von den Sauerstoff-Sättigungsverhältnissen bestimmt. Arsenverbindungen und Phosphate werden bei Sauerstoffdefizit (reduzierende Verhältnisse) vermehrt aus dem Sediment gelöst und gelangen wieder in den Seekreislauf. Anhand dieser Tatsache wird deutlich, wie wichtig der Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser ist. Die von der Phos-

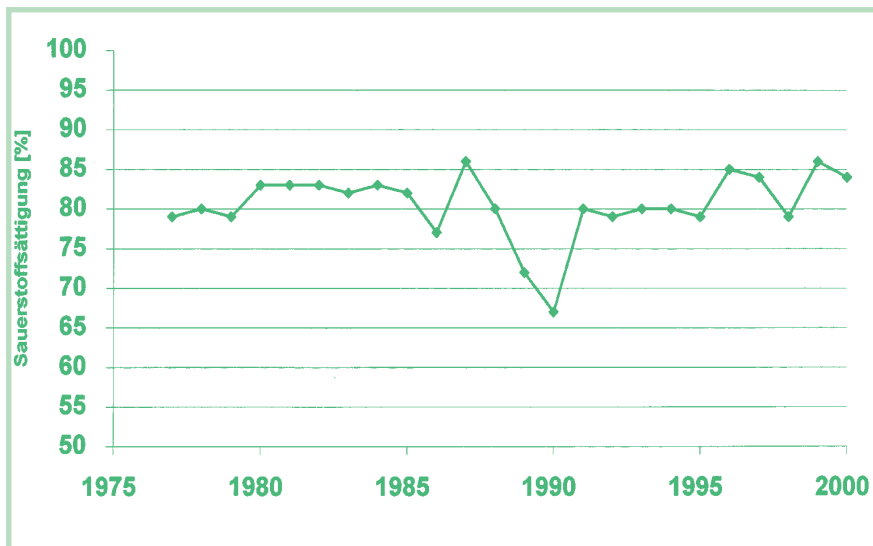
phorkurve abweichende Konzentrationsentwicklung des Arsens zwischen 1989 und 1991 sind auf meteorologische Verhältnisse zurückzuführen. So wurde in den Wintern 1989 bis 1990 keine Vollzirkulation bis zur Sedimentoberfläche (Überlingersee maximale Tiefe ca. 140 m) erreicht. Dies hatte zur Folge, dass der Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser nicht ausreichend aufgefüllt wurde. Die Sauerstoffsättigung erreichte im Tiefenwasser nur Werte zwischen 65 und 70% (Abb. 3), so dass die Konzentration des gelösten Arsens auf Grund der reduzierenden Verhältnisse in den Jahren 1990 bis 1992 wieder anstieg. Dies zeigt, dass schon geringe Schwankungen in der Sauerstoffversorgung des Tiefenwassers eine Rücklösung von Arsen aus dem Sediment zur Folge hat.

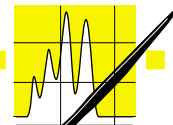
Dieses Zusammenwirken von steuernden Faktoren auf die Konzentration des gelösten Arsens, konnte aufgrund der Verfeinerung und Weiterentwicklung der Analysetechnik für die Bestimmung der Arsenkonzentration im Spurenelementbereich untermauert werden.

■ Entwicklung der Arsenanalytik

Zwischen 1975 und 1985 hat sich die Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) – speziell die Atomisierung in der Graphitrohrküvette - in der Wasserchemie als Standardnachweismethode in der Spurenelementanalytik etabliert. Mittels der Kopplung Hydridtechnik/AAS konnte man den Analyten von störenden Matrixeinflüssen abtrennen und erreichte damit eine Steigerung der Nachweisempfindlichkeit besonders bei Arsen. Bei der Hydridtechnik wird das im Wasser gelöste Arsen zu gasförmigem Arsenhydrid umgewandelt, indem zu einem bestimmten Wasservolumen (z. B. 50 ml) Natriumborhydridlösung hinzugefügt wird, das die Arsenhydridreaktion bewirkt. Das Arsenhydrid strömt, unterstützt von einem Trägergasstrom, in eine ca. $900 \text{ }^\circ\text{C}$ heiße Quarzröhre. Auf der heißen Quarzoberfläche spaltet das Arsenhydrid den gebundenen Wasserstoff ab und liegt danach in atomarer Form vor, so dass in der Quarzröhre die Absorption von

Abb. 3:
Verlauf der Sauerstoffsättigung im Tiefenwasser des Bodensees zwischen 1980 und 2000.





AUFSÄTZE

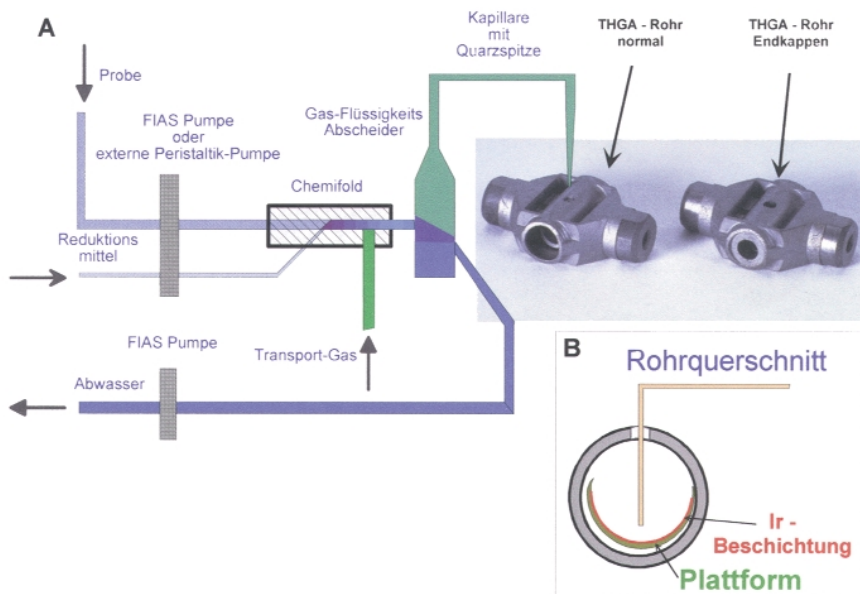


Abb. 4:

A: Schema der Arsenhydridzeugung in einem kontinuierlich fließenden Flüssigkeitsstrom (FI Technik) und Anreicherung in einem transversal geheizten Graphitrohr von Perkin Elmer (THGA). B: Ir-beschichtete Plattform der THGA-Küvette.

eingestrahlt Arsen-spezifischem Licht gemessen werden kann. Hierdurch entsteht ein Absorptionssignalverlauf, dessen zeitliche Abhängigkeit von der Kinetik der Hydridreaktion und der Trägergasströmung beeinflusst wird. Mit dieser Methode der Hydridzeugung in Verbindung mit der Atomabsorptionsspektrometrie konnten schon Konzentrationsunterschiede von ca. $0,1 \mu\text{g/l}$ detektiert werden. Jedoch erwies sich die Hydridtechnik in Verbindung mit der Quarzröhre als störungsanfällig: Nachteilig z. B. wirkte sich die zeitliche Abhängigkeit der Lichtabsorption von einem Transportgasstrom aus. Somit konnte die erreichte Lichtabsorption nur über die Signalhöhe ausgewertet werden. Außerdem war die Nachweisempfindlichkeit dramatisch von der Oberflächenbeschaffenheit der Quarzküvette abhängig. So kann die Quarzküvette gänzlich ihre Eigenschaft der Hydridspaltung verlieren und muss dann durch chemische Behandlung mit Flusssäure neu konditioniert werden.

Um mit der Hydridtechnik weniger störanfällig messen zu können, wurde ab 1989 das Arsenhydrid in einem kontinuierlich gepumpten Flüssigkeitsstrom in engen Kapillarschläuchen erzeugt (FIAS-Technik) und in

die Quarzküvette geleitet. Dies hatte allerdings den Nachteil, dass das Arsenhydrid, das nun aus kleinen Wasservolumina (max. $500 \mu\text{l}$) gewonnen wurde, in das relativ große Volumen der Quarzküvette (10 cm Länge und ca. 8 mm Durchmesser) geleitet und damit eine quasi Verdünnung bewirkt wurde. Auch wurde mit der FIAS-Technik die Abhängigkeit von der Transportkinetik nicht völlig behoben.

Ein weiterer Schritt in der Steigerung der Nachweisempfindlichkeit war die Erkenntnis, dass Arsenhydrid auf einer metallischen Iridiumoberfläche bei einer Temperatur von $400 \text{ }^\circ\text{C}$ „gebunden“ wird (der chemische Mechanismus hierfür wurde im Labor der BWV nicht weiter untersucht und soll nicht weiter erörtert werden). Hierdurch konnte das freigesetzte Arsenhydrid direkt auf einer mit Iridium beschichteten Graphitrohrküvette gesammelt und somit zur Messung der Lichtabsorption die Vorteile der Graphitrohrtechnik genutzt werden. Nach Abschluss der Arsenhydridreaktion erfolgt dann die Freisetzung der Arsenatome durch schnelles Aufheizen des Graphitrohrrofens auf $2100 \text{ }^\circ\text{C}$. Insbesondere über den Aufkonzentrierungsprozess ergab sich eine entscheidende Steigerung der Nachweisempfindlichkeit in der Arsenanalytik. So war man

mit dieser Entwicklung der Analysetechnik nun in der Lage, Konzentrationsunterschiede von $0,01 \mu\text{g/l}$ bei nur 2 ml Probenvolumen sicher nachzuweisen. Diese Technik ermöglicht es auch, den Arsengehalt aus größeren Probenvolumina vor der Messung der Lichtabsorption aufzusammeln, und dadurch die relativen Nachweisgrenzen zu erniedrigen (Abb. 4).

Fazit

Mit dieser Weiterentwicklung der Arsenanalysetechnik war man nun in der Lage, die kleinen Konzentrationschwankungen in den Jahren 1989 bis 1992 sicher zu erkennen und den kausalen Zusammenhang zur Sauerstoffsättigung aufzuzeigen.

Durch Anwendung von nachweisstarken Analysemethoden und deren Weiterentwicklung auf Spurenelemente im Tiefenwasser des Bodensees können Rückschlüsse auf die Löslichkeitsverhältnisse und deren Steuerungsmechanismen im Tiefenwasser aufgedeckt werden. Untersuchungen, die kontinuierlich über mehrere Jahre durchgeführt werden, können hiermit auch Phänomene aufzeigen, deren Ursache in kurzzeitigen, geringfügigen klimatischen Verschiebungen liegen.

Danksagung

An dieser Stelle möchten sich die Autoren dieses Beitrages herzlich beim Betriebs- und Forschungslabor der Bodensee-Wasserversorgung für die Bereitstellung des umfassenden Datenmaterials bedanken. Ein besonderes Dankeschön gilt Herrn Hans-Werner Sinemus, der mit unermüdlichem Forscherdrang in den letzten Jahren seines Berufslebens die Anreicherungstechnik von Metallhydriden bzw. auch Quecksilber im Graphitrohr aufgegriffen hat, Motor der Weiterentwicklung war und die Technik auf Problemstellungen bei der Routineuntersuchungen des Bodenseewassers angewendet hat.

Giftige Pellets

Pellets aus Kunststoff adsorbieren im Meer toxische Chemikalien. Da die Kügelchen von Tieren aufgenommen werden, bedeuten sie eine Umweltgefahr.

Viele Plastikprodukte werden aus leicht transportierbaren Pellets hergestellt. Beim Verschiffen des Rohmaterials gelangen sie häufig ins Meer und machten 1992 an der amerikanischen Küste 94 % des anthropogenen Treibgutes in Häfen aus. Japanische Chemiker sammelten und analysierten jetzt Polypropylenpellets von den Küsten Japans. Sie fanden eine Anreicherung von PCB und DDE bis auf das Millionenfache, verglichen mit der Konzentration im Meerwasser. Die Substanzen sind dafür bekannt, dass sie Immunverhalten und Fruchtbarkeit von Tieren beeinflussen. Auch Nonylphenol, das mit dem Hormonsystem interagiert, wurde akkumuliert. Versuche zeigten eine deutlich zeitabhängige Aufnahme von PCB und DDE.

Seevögel, Fische und Schildkröten halten die Pellets für Nahrungspartikel und nehmen auf diese Weise Giftstoffe auf. Es dürfte schwierig sein, die Verschmutzung der Umwelt wirkungsvoll zu stoppen (New Scientist 169, Nr. 2274, 18 [2001]).

DRV

Duft als Waffe

Pflanzen können Gen-gesteuert Duftstoffe produzieren, die Feinde ihrer Parasiten anlocken. Die Reaktion erfolgt nur bei akuter Gefahr.

Grundsätzlich vermögen Pflanzen ihren Fressfeinden nicht durch Flucht zu entkommen. Bei Mais hat man einen Mechanismus entdeckt, der indirekt Hilfe bringt: Die Pflanze entlässt eine Mischung flüchtiger Indol- und Terpenverbindungen, wenn sie von der Raupe des Schädling *Spodoptera exigua* attackiert wird. Diese Substanzen locken eine parasitische Wespe an, die ihre Eier in die Raupe deponiert. Die Wespenlarven fressen dann ihren Wirt auf.

Bei der Duftproduktion spielt ein Gen eine Rolle, das an der Bildung von Indol beteiligt ist. Ein anderes Mais-Gen wird für die Synthese eines Sequiterpens benötigt. Diese Anlagen werden aber nur dann aktiviert, wenn ein Schädling die Pflanze angreift. Wichtig dabei ist Volicitin, eine chemische Verbindung, die im Speichel der Raupe vorkommt. Durch diesen Auslösemechanismus wird vermieden, dass die Pflanze „in die Abwehr investiert“, ohne dass eine Veranlassung dafür gegeben wäre (Nature 408, 785 [2000]).

DRV

Radioaktives Trinkwasser

In weiten Teilen Chinas ist das Trinkwasser durch radioaktives Radon-222 so stark kontaminiert, dass akute Krebsgefahr besteht.

Dies gilt vor allem für rund 33 Millionen Menschen in der Provinz Fujian im Südosten Chinas. Dort gibt der Granit des Untergrundes große Mengen Radon-222 ab. Als Folge davon sind maligne Tumoren des Respirations- und Gastrointestinaltraktes so häufig wie nirgend sonst in China.

Die durchschnittliche Strahlung von 147,8 Kilobecquerel/m³ Wasser ist um ein Vielfaches höher als die Emissionen der meisten amerikanischen und europäischen Trinkwasserquellen. Fachleute empfehlen Sofortmaßnahmen: Vielfach genüge schon das Durchleiten eines Luftstroms, um das Radongas aus dem Wasser zu entfernen (New Scientist 169, Nr. 2273, 20 [2001]).

DRV

CO₂ aus Permafrostboden

Ein wärmeres Klima könnte über einen Rückkopplungseffekt das Freisetzen von Treibhausgasen aus Permafrostboden intensivieren.

Große Teile der Arktisrandgebiete bestehen aus Sumpfland, das derzeit tief gefroren ist. In dem Boden ist etwa ein Siebtel des Kohlenstoffs unseres Planeten gespeichert. Taut der Boden auf, so werden CO₂ und CH₄ frei, die als Treibhausgase den ohnehin bedenklichen Erwärmungsprozess der Erde fördern. Bakterien können bei höheren Temperaturen wiederum aktiver tätig sein. Dadurch wird ein Kreislauf in Gang gesetzt, der das biologische Gleichgewicht an der Polarfront beeinflussen dürfte: Seen werden eisfrei, die Lebensräume der Bevölkerung verschieben sich. Das United Nations Environment Programme (UNEP) versucht, die Öffentlichkeit auf die Probleme aufmerksam zu machen (Nature 409, 751 [2001]).

DRV

Polymer repariert sich selbst

Stark beanspruchte Strukturpolymere sind beim Auftreten von feinen Rissen bruchanfällig. Ein neues Verfahren integriert gewissermaßen die eigene Reparatur durch Einbau eines Katalysators.

Scott White und seine Arbeitsgruppe von der University of Illinois in Urbana-Champaign mischt dem Polymer Dicyclopentadien bei, eingeschlossen in Mikrokapseln. Ferner enthält die Substanz als Reaktionsbeschleuniger kleine Mengen des rutheniumhaltigen Grubbs-Katalysators. Tritt eine Verletzung des Materials auf, so brechen die Kapseln entzwei und entlassen das

Dicyclopentadien. In Anwesenheit des Katalysators polymerisiert die Masse und verschweißt den Riss.

Die Festigkeit an der betreffenden Stelle erreicht 75 % des ursprünglichen Wertes, reicht also für die Praxis völlig aus. Der Vorteil liegt darin, dass selbst winzige Spalten erfasst werden, die ansonsten gar nicht zu identifizieren sind, selbst im Inneren des Polymers. Die Reaktion erfordert nur wenige Minuten und läuft bei Raumtemperatur ab.

Ähnliche Reparaturmechanismen scheinen auch für Keramik und Glas denkbar zu sein (Nature 409, 794 [2001]).

DRV

Stahlproduktion optimieren

CLB-Herausgeber und -Autor Karl Heinz Koch spricht in dem zweiten Teil seines Artikels über analytische Aufgaben in der Stahlindustrie (Seiten 128 - 133) davon, dass jüngste Entwicklungen etwa im Umfeld der Qualitätssicherung für die Analytik neue Herausforderungen mit sich bringen, die zu bewältigen ein „hochtechnisiertes und computergestütztes Instrumentarium“ erfordern. Dazu zählen komplexe Aufgaben der Datenklassifizierung und -auswertung. Schnellste Scansysteme und tausende von Sensoren schaffen heute eine Datenflut, die sich nur mit modernsten Mitteln der Informatik bewältigen lassen. Auch die Stahlproduktion liefert Beispiele dafür.

Für Stahlproduzenten sind auch kleinere Oberflächenfehler wie Abdrücke der Walzen oder eben Pickel mehr als nur ein Ärgernis. Reklamationen oder Preisabschläge kann sich kein Stahlproduzent, der ohnehin schon mit geringen Margen kämpfen muss, leisten. Die Güte der Oberfläche bestimmt den Wert von Bandstahl. Während die Gesamtstahlerzeugung weltweit stagniert, wachsen die Hochqualitätssegmente kontinuierlich.

Dabei waren laut Beratungsunternehmen AT Kearney (Chicago) Anfang 2000 nur sieben Prozent der 3340 Stahlproduktionslinien mit Oberflächenkontrollsystemen ausgerüstet, und das trotz Sparpotenzial: Lassen sich Oberflächenfehler bereits in vorgelagerten Prozessphasen etwa beim Warmband, bei Beize, Glühe oder Beschichtung erkennen, dann durchläuft minderwertiges Material erst gar nicht den teuren Weiterbearbeitungsprozess. In vielen Stahlwerken oblag früher die Fehlerentdeckung einzig dem geschulten Auge der menschlichen Kontrolleure, welches aber angesichts der immer höheren Produktionsgeschwindigkeiten und der Qualitätsansprüche der Kunden kapitulieren musste.

Die Aachener Firma Parsytec hat den Bedarf erkannt und sich auf die Entwicklung von Systemen zur Ober-

flächeninspektion spezialisiert, über den Umweg der Entwicklung und Herstellung von Parallelrechnern. Nur die waren damals – Mitte der 90er Jahre – schnell genug, um die Verarbeitung von Kamerasignalen auszuführen, die von der Produktion frisch produzierter Stahlbänder aufgenommen wurden. Heute schaffen das auch normale PCs. Die Rahmendaten: Bei der Kontrolle von Bandstahl werden rund 2000 Videobilder pro Sekunde zur Überprüfung an die Rechner weitergeleitet, die Fehlergrößen bis unterhalb eines Quadratmillimeters selbst bei Bandgeschwindigkeiten von über 100 Stundenkilometern und Bandbreiten von bis zu zwei Metern erfassen und speichern.

Die Komplexität der Software, die dies leistet, ist entsprechend hoch; die Parsytec-Software besteht aus über zwei Millionen Programmzeilen. Die hohen Anforderungen, die sie erfüllen muss, ergeben sich auch aus der Dauerleistung. Es geht nicht nur um die Erkennung einzelner Oberflächenfehler, sondern es laufen Stahlbänder von zwei oder mehr Kilometern Länge 24 Stunden am Tag, 365 Tage im Jahr an den Kameras vorbei.

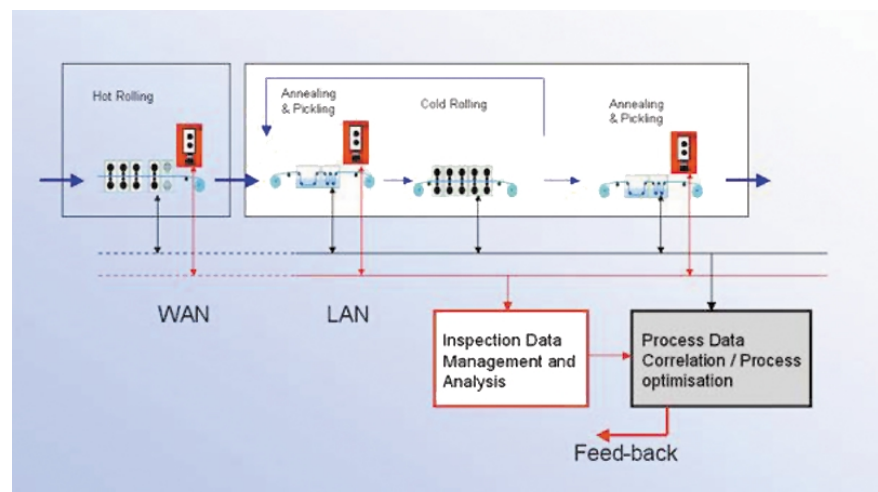
Auf diese Weise entsteht in kurzer Zeit an ganzer Berg von Daten. Diese gilt es, intelligent auszuwerten. Das will man mit Data Mining erreichen. Data

Mining ist die Suche nach auffälligen Mustern in Daten. Sie bedient sich sowohl statistischer Methoden wie auch solchen künstlicher Intelligenz, etwa den künstlichen neuronalen Netzen.

Die Bildinformationen der Inspektionskameras werden nach ihrer Aufnahme durch die Software in weniger als acht Millisekunden pro Bild (also in Echtzeit) ausgewertet. Leistungsfähige Algorithmen speichern nur Auffälligkeiten des Bandes ab. Mit Filtern in Form von noch komplexeren Algorithmen werden diese Fehler einer weiteren Analyse unterzogen. Die so ermittelten Anomalitäten werden automatisch klassifiziert, so dass schnell Rückschlüsse auf ihre Ursache gezogen und die entsprechenden Maßnahmen eingeleitet werden können, im Extremfall die sofortige Unterbrechung der Produktion.

Neuere Entwicklungen wie die in dem gerade abgeschlossenen, dreijährigen BMBF-Projekt „Prosa“ (Prozessoptimierung und Oberflächeninspektion bei der Stahlerzeugung) beinhalten nicht nur eine vollständige online-Oberflächeninspektion, sondern auch die Optimierung der Produktionsprozesse. Dazu müssen diese in mathema-

Die Optimierung des gesamten Bandstahl-Produktionsprozesses ist das Ziel des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projektes „Prosa“ (Abb.: Parsytec)



tischen Modellen beschrieben werden. Dann gilt es, Prozess- und Inspektionsdaten zu korrelieren, um Fehler zu finden und sogar vorherzusagen. Methoden dafür kommen aus der Statistik, aber immer mehr auch aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz. Beispiele dafür ist der Einsatz der schon erwähnten künstlichen neuronalen Netze, Fuzzy-Datenanalyse oder evolutionärer Algorithmen. Derart ausgestattete Systeme sind lernfähig; sie klassifizieren nicht nur bekannte Fehler.

Die Aachener Firma gibt an, dass Stahlproduzenten, die ihr System bereits einsetzen, ihren Ertrag um durchschnittlich sechs Prozent steigern konnten, da zum einen die Materialverluste zurückgegangen seien und zum anderen produziert Material seltener aufgrund von Oberflächenfehlern zurückgestuft werden musste. Darüber hinaus könnten die Walzen bis zu 20 Prozent länger eingesetzt werden. Bereits drei Jahre nach Produkteinführung ist Parsytec Weltmarktführer. Nach eigenen Angaben sind über 60 Prozent aller während der letzten zwei Jahre weltweit vergebenen Oberflächenkontroll-Aufträge sind bei dem Aachener Systemhaus eingegangen.

Beispiel aus Frankreich

Die französische Gruppe Usinor hat, zum Teil mit Unterstützung der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl (EGKS), ein neues, hochmodernes Hochofenüberwachungs- und Steuerungssystem entwickelt. Über ein Dutzend führender französischer Experten für Hochofendiagnose haben ihr Wissen und Know-how in dieses Projekt eingebracht. Auch dabei kommt künstliche Intelligenz zum Einsatz.

Usinors neues System „Sachem“ ist darauf ausgelegt, Unregelmäßigkeiten im Betrieb von Hochöfen aufzuspüren und so die Stabilität und Effizienz der Arbeitsgänge zu gewährleisten. Sachem erfasst physikalische und chemische Daten von etwa 1000 Sensoren – beispielsweise für Temperatur, Druck, Gas, die dem System jede Minute ungefähr 5000 Dateneingaben liefern. Es nimmt die Rohdaten, beispielsweise Temperatur und Zeit, und berechnet Variablen wie die Geschwindigkeit der Temperaturveränderung, die nicht direkt messbar, aber als Betriebsparame-

ter von Bedeutung sind. Sachem ermittelt und überwacht Tausende solcher abgeleiteter Variablen, prüft Übereinstimmung und Gültigkeit – da kommt die künstliche Intelligenz ins Spiel.

Das System nutzt künstliche neuronale Netze und lernt aus prozesshistorischen Daten. Anomalien macht Sachem also auf der Grundlage bereits aufgetretener Probleme ausfindig. Anschließend analysiert es sie und teilt sie nach Schweregrad ein. Das System kann mehr als 160 verschiedene Anomalien aufspüren und erzeugt täglich ungefähr 40 Warnmeldungen. Dabei liefert es den Bedienern Diagnoseinformationen und Empfehlungen.

Das neue System wurde inzwischen installiert und läuft in sechs Hochöfen an drei verschiedenen Orten in Frankreich. Unter anderem wurde festgestellt, dass Sachem die Produktivität erhöht, Kraftstoff spart, Kohlendioxid-Emissionen reduziert, Produktqualität und Sicherheit verbessert und die Lebensdauer der Maschinen in den Betrieben verlängert. Die gesamten Einsparungen belaufen sich pro Jahr auf knapp 30 Millionen Euro, veröffentlichte das EU-Magazin „FTE-Info“ in seiner 28. Ausgabe. Derzeit werde bei Usinor daran gearbeitet, ähnliche auf Wissen basierende Systeme für andere Stahlerzeugungsprozesse und andere Sektoren zu entwickeln, auch etwa für den betriebsinterne Materialtransport.

Nicht nur beim Stahl...

Erfolge des Data Mining und der künstlichen Intelligenz belaufen sich in der Chemie und benachbarten Bereichen bei weitem nicht nur auf Beispiele aus der Stahlerzeugung. Mit Data Mining hat man beispielsweise 3881 koreanische Patente von 1991 in ihren Beziehungen zueinander transparent gemacht. Solche Analysen können Unternehmen helfen, alle zu einem Marktumfeld gehörenden Konkurrenz-Arbeiten zu identifizieren; jährlich werden weltweit mehr als eine Million neuer Patentdokumente bei den Patentämtern abgelegt. Roche Diagnostics hat mit dem Programm CoBrain der Firma Invention Machine eine solche Untersuchung durchgeführt. Die Bewertung der Ergebnisse dieser automatischen Patentdaten-Analyse durch Roche-Experten soll zur Ableitung von

Strategie-Empfehlungen für den Forschungsbereich geführt haben. Dow Chemical hat mit Data Mining Erhebungen zur Kundenzufriedenheit durchgeführt, und das Pharma-Unternehmen Pfizer analysierte so biomedizinische Literatur. An der Universität von Chicago entwickelte man das Programm „Arrowsmith“ zum Literaturgestütztem Data Mining (Text Mining). Es half, Verbindungen zwischen Magnesiummangel und Migräne aufzufinden, ebenso einen möglichen indirekten Mechanismus für den bereits bekannten Zusammenhang von bestimmten Östrogenkonzentrationen und der Alzheimerschen Krankheit.

Knowledge Discovery

Einen Schritt über Data Mining hinaus geht Knowledge Discovery. Wenn man Data Mining bildlich als Arbeit eines Goldwäschers darstellt, reicht Knowledge Discovery viel weiter, von der Auswahl eines Claims über die Zusammenstellung der Ausrüstung bis hin zur Bewertung und Vermarktung der Funde. Data Mining-Systeme müssen typischerweise formal adressiert werden und liefern nicht selten triviale Aussagen wie „Alle schwangeren Patienten sind weiblich“. Systeme des Knowledge Discovery lassen sich hingegen nahezu natürlich ansprechen und vermeiden durch Filter nicht relevante Ergebnisse. Bei entsprechenden Verfahren stößt man häufig auf die fortgeschrittensten Entwicklungen der Künstlichen Intelligenz bis hin zu Untersuchungen des Verstehens natürlicher Sprache. Die angewandten Methoden reichen von solchen der Statistik über neuronale Netze bis hin zu evolutionären Algorithmen. Mit letztgenannten Methoden untersucht man beispielsweise im Rahmen des Human Genome Project die Tertiärstruktur von Proteinen. Dabei geht man von einer bestimmten tertiären Proteinstruktur aus und fragt: Welche Proteinsequenz passt am besten zu dieser Struktur?

Mit Methoden des Knowledge Discovery hat man es geschafft, die Anwesenheit bestimmter Elemente in einer DNA-Struktur vorauszusagen, die zellulären Mechanismen das Vorhandensein eines bestimmten Gens anzeigen. Der Erlanger Computerchemie-Spezia-

list Prof. Johann Gasteiger beschrieb Knowledge Discovery in Reaktions-Datenbasen mit einem selbstorganisierenden neuronalen Netz, das organische Reaktionen klassifiziert. Krebsforscher in London sagten mit einer anderen Knowledge-Discovery-Methode zusammen mit Informatikern der Universität Oxford die Mutagenität von Substanzen voraus. Seit 1998 läuft das dabei angewandte Programm „Progol“ in einem weltweiten Wettbewerb zur Vorhersage von Kanzerogenität. Das auf Induktive Logische Programmierung beruhende Programm hat in einer ersten Runde unter allen teilnehmenden Systemen am besten abgeschnitten.

Das „Mechem“ von Prof. Raúl E. Valdés-Pérez, Carnegie Mellon Universität Pittsburgh, und dem russischen Wissenschaftler A.V. Zeigarnik ist in der Lage, erklärende Hypothesen in der Chemie zu finden. Nennt man die Startsubstanzen einer Reaktion und die Endprodukte, findet das Programm mögliche Reaktionsmechanismen. Dabei tauchen auch neue Lösungswege auf. Das Programm geht nämlich nicht von einem gespeicherten Katalog von Standardreaktionen aus, sondern erzeugt Reaktionen von Basisprinzipien. Oft erzeugt das Programm einfachste Reaktionswege mit der geringsten Anzahl von Zwischenstufen und -substanzen.

Rolf Kickuth

Festphasenzytometrie für schnellen Nachweis von Keimen

Sicherheit in wenigen Stunden

Forscher der ozeanologischen Beobachtungsstation von Banyuls-sur-mer der Universität Paris haben kürzlich im Rahmen ihrer Partnerschaft mit der französischen Firma Chemunex, dem französischen Elektroenergiekonzern EDF und der Firma Indicia Diagnostic ein Verfahren entwickelt, mit dem es möglich wird, innerhalb weniger Stunden die Abwesenheit von krankheitserregenden Amöben im Wasser zu kontrollieren. Dieses Verfahren wird in naher Zukunft auch für toxische Algen im Meerwasser angewandt.

Bestimmte toxische Algen wie die *Alexandrium minutum*, *Pseudo-nitzschia multiseriata* und *Dinophysis spp.* sind Gegenstand eines Programms zur ständigen Überwachung von Küstengewässern. Sie sind in geringer Konzentration jedoch sehr schwer feststellbar und oftmals erst bei einem Bloom (Phase der schnellen Algenblüte) nachzuweisen. Ihr Nachweis mit Hilfe der Festphasenzytometrie ist gegenwärtig Gegenstand eines europaweit durchgeführten Programms.

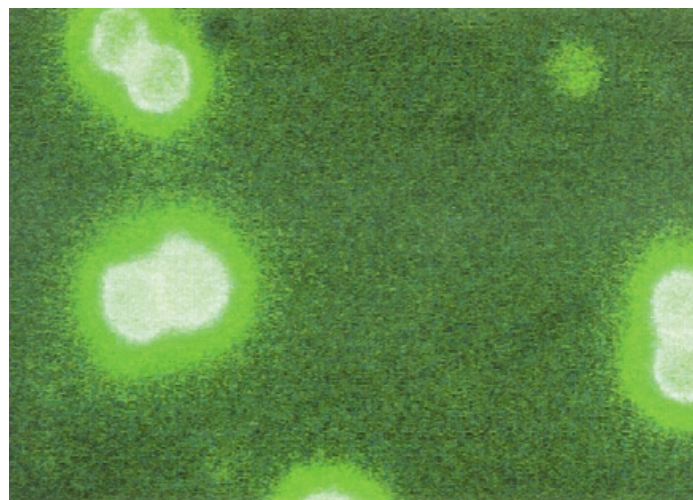
Bislang sind mindestens zwei bis drei Tage nötig, um die Anwesenheit von pathogenen Mikroorganismen (Bakterien, Amöben, toxische Algen)

im Wasser feststellen zu können. Bei den Methoden der direkten Beobachtung, wie zum Beispiel der Epifluoreszenz-Mikroskopie oder der Flusszytometrie kann die Etappe der Züchtung von Kulturen zwar entfallen, jedoch ist die quantitative Sensibilität dieser Verfahren zu gering.

Die von Chemunex entwickelte Festphasenzytometrie ist ein sensibles Analyseverfahren, das es ermöglicht, seltene Mikroorganismen nachzuweisen, nachdem das Prüfgut nach Filtern durch eine Membran mit variabler Porosität konzentriert wurde. Die gesuchten Mikroorganismen werden

anschließend durch Hybridisierung zum Fluoreszieren gebracht. Dies geschieht mit einem fluoreszierenden Antikörper oder mit Hilfe einer spezifischen oligonukleotiden Sonde, die auf die Ribosomgene gerichtet wird und mit einem Fluorophor gekoppelt ist. Das Festphasenzytometer ist mit einem Argonlasergerät ausgerüstet, welches mit mehreren oszillierenden Spiegeln die gesamte Fläche der Filtermembran in weniger als drei Minuten abtastet.

Die zur pathogenen Amöbe *Naegleria fowleri* durchgeführten Forschungen führten zur Erstellung eines Protokolls über die Immunfluoreszenz-Hybridisierung, wodurch es möglich wird, diesen Organismus in Flusswasser nachzuweisen. Dieses Protokoll wurde während der gesamten Sommerperiode auf das für die Leitungen des Kernkraftwerks Civaux genutzte Kühlwasser angewandt und ermöglichte es, innerhalb von weniger als vier Stunden die Abwesenheit von Amöben mit einer Präzision von einer Amöbe pro zehn Milliliter Wasser nachzuweisen. Die im Wasser vorhandenen Schwebeteilchen haben dabei keinen Einfluss auf den Nachweis von Amöben. Eine Verbesserung der Messgenauigkeit durch Magnetscheidung wird untersucht (Nachweis in einem Liter Wasser).



Zellen der *Naegleria fowleri*, die mit einem monoklonalen, mit einer Peroxidase gekoppelten Antikörper hybridisiert und durch Ausfällung eines mit dem Fluorescein gebundenen Tyramids nachgewiesen wurden (Foto: CNRS Universität Paris / Fizit)

Aus den Firmen

Seit 19 Jahren gibt es in den Vereinigten Staaten von Amerika bei der Zeitschrift 'Fortune' die Umfrage **America's Most Admired Companies**. Bei der letzten Befragung haben 10000 Industrievertreter und Wirtschaftsanalysten teilgenommen und dabei acht Kriterien bewertet. In der Kategorie Chemie – sie ist eine von 61 – sah die Rangfolge so aus:

1. DuPont
2. Dow Chemicals
3. **Bayer**
4. PPG Industries
5. **BASF**

Unter den fünf angesehensten Chemiefirmen rangieren in USA also zwei deutsche.

Unter dem Leitspruch **Fit for the Future** will die **BASF Aktiengesellschaft** ihre Position als weltweit führendes Chemieunternehmen stärken, indem auf Kundenbedürfnisse schneller und flexibler reagiert wird und die internen Ge-

schäftsprozesse verbessert werden. Seit Februar gibt es bei der BASF 33 regionale und 10 globale Geschäftseinheiten. Die Mitarbeiter erhalten mehr unternehmerische Verantwortung, damit sie in ihren Märkten schneller und besser handeln können. Die Geschäftseinheiten werden den gesamten Prozess von der Produktion bis zur Vermarktung verantworten und dafür sorgen, dass die regionale Stimme ein stärkeres Gewicht erhält. Die detaillierten Strukturen sollen bis Mitte des Jahres ausgearbeitet werden.

Seit Anfang des Jahres gibt es bei der **Sartorius AG** drei operative Geschäftsbereiche:

- Mechatronik,
- Biotechnologie,
- Umwelttechnik.

Die beiden bisherigen Bereiche 'Wägetechnik' und 'Gleitlagertechnik' wurden zum neuen Bereich 'Mechatronik' zusammengefasst. Der bisherige Bereich 'Separationstechnik' wurde in die Bereiche 'Biotechnologie' und 'Umwelttech-

nik' aufgeteilt. Sartorius zählt inzwischen zu den größten an der Börse notierten Biotechnologie-Zulieferern. Der neu geschaffene Bereich Umwelttechnik kann auf ein bereits bestehendes Volumen von etwa 18 Millionen DM aufbauen. Das Unternehmen unterstreicht die Neuausrichtung visuell durch ein neues Bildzeichen.

Die **BASF Aktiengesellschaft** hat den Verkauf ihres Pharma-Geschäfts an die Abbott Laboratories (USA) am 2. März abgeschlossen. Der Kaufpreis betrug 6,9 Milliarden US-Dollar. Das Unternehmen ist jetzt noch besser in der Lage, sich auf die Stärken ihre Portfolios zu konzentrieren.

Mit der Eintragung ins Düsseldorfer Handelsregister wurde am 9. Februar die Verschmelzung von **Degussa-Hüls** und **SKW Trostberg** wirksam. Der Handel der rund 206 Millionen Aktien der neuen **Degussa AG** startete am 12. Februar. Mittlerweile ist die neue Degussa-Aktie im DAX-30 vertreten.

Frühjahrmessen

Gleich zwei Messen sind in diesem Frühjahr für CLB-Leser interessant. Auf dem Messegelände im Süden von Hannover findet im Jahr nach der Expo 2000 wieder im gewohnten Monat (vom 23. bis 28. April) die größte Industriemesse der Welt mit erwarteten 7000 Ausstellern



Das Verwaltungsgebäude der Deutschen Messe AG am Eingang Nord zum Messegelände in Hannover – es überragt alle Hallen. Kennzeichen aller neuen Hallen: ebenerdig und ohne Stützpfeiler.

aus 65 Ländern statt. Italien ist das Land mit den meisten Ausstellern, nämlich 510, danach folgen Frankreich (220), Schweiz (180), Großbritannien (160) und Taiwan (132). In der Bundesländer-Reihenfolge steht Nordrhein-Westfalen mit 1070 Ausstellern an erster Stelle, gefolgt von Baden-Württemberg (880) und Bayern (586). Der Bereich 'Research & Technology' ist wieder in Halle 18 untergebracht; 600 Aussteller zeigen hier ihre Exponate. Nanotechnologie und Technologietransfer sind wichtige Themen in dieser Halle.

Das Thema Energie ist zwar auf der Hannover-Messe vertreten, ist aber auf der ENVITEC (14. bis 17. Mai) in Düsseldorf ein neues Schwerpunkt-Thema. Die anderen Bereiche sind dort Abfallbehandlung, Entsorgung, Recycling und Umweltschutztechnik. Mit der Themenenerweiterung reagiert die Messe Düsseldorf auf die Veränderungen der globalen Märkte. Deutschland gilt als Weltmeister in der Produktion von Windkraft: Der Umsatz deutscher Windkraft beläuft sich derzeit auf annähernd vier Milliarden DM, in der Windkraftbranche sind rund 30000 Menschen beschäftigt. Zwar ist der Zuwachs bei Fotovoltaik-Anlagen hoch, doch war der Anteil an der Regenerativstrom-Produktion im Jahre 1999

erst 0,07 Prozent. In Japan ist die Fotovoltaik dabei, sich – mit starker staatlicher Unterstützung – zu einem der wichtigsten Exportbereiche zu entwickeln. Die USA sind Weltmarktführer für Technologien der Erdwärmenutzung und der Brennstoffzellenproduktion.

Die Düsseldorfer Messe hat im Vorfeld der ENVITEC Zahlen des Statistischen Bundesamtes zu den Umweltschutzinvestitionen veröffentlicht. Insgesamt wurden im Jahre 1998 von den Unternehmen im 'Produzierenden Gewerbe' (ohne Bauindustrie) 3,3 Milliarden DM für Umweltschutzinvestitionen aufgewendet. Die chemische Industrie führt mit 629,1 Millionen DM, gefolgt von der Metallerzeugung/-bearbeitung mit 353,2 Millionen DM. Die Aufteilung auf die einzelnen Gebiete sieht so aus:

Luftreinhaltung	40,4 %
Gewässerschutz	36,6 %
Abfallwirtschaft	14,3 %
Lärmbekämpfung	5,9 %
Naturschutz/Landsch.pflege	1,9 %
Bodensanierung	0,9 %

Für die Luftreinhaltung wurden 1,328 Milliarden DM ausgegeben.

In Hannover und Düsseldorf bestehen viele Möglichkeiten, sich über Forschung, Energie und Umweltschutz zu informieren.

SigmaPlot 2001

SPSS Science hat eine neue Version der weitverbreiteten wissenschaftlichen Grafiksoftware SigmaPlot herausgebracht. In der neuen Version können Teilbereiche unter oder zwischen den Kurven schattiert werden, um diese Bereiche hervorzuheben. Mit dem Gleichungslöser können Gleichungen oder Funktionen, die eine einzige unabhängige Variable und eine unbestimmte Anzahl von Parametern aufweisen, automatisch aufgelöst werden.

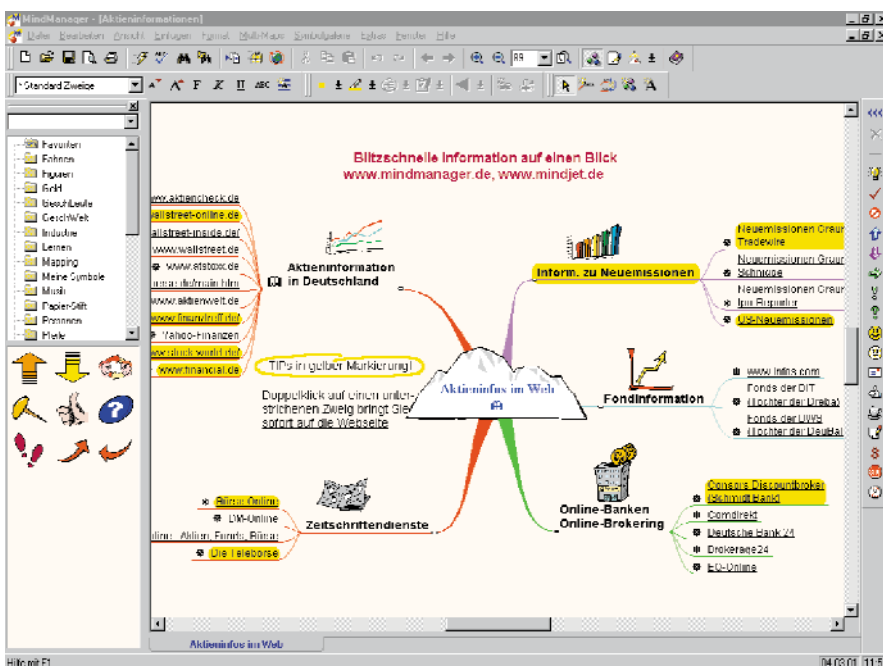
Vielleicht die wichtigste Neuheit ist, dass Anwender jetzt Grafiken und Charts als hochauflösendes, interaktives Web-Objekt auf einer Web- oder Intranetseite veröffentlichen können. Ruft der Browser zum ersten Mal eine SigmaPlot-2001-Grafik auf, wird der WebViewer, ein freies Internet Explorer Plug-in, automatisch heruntergeladen. Mit einem Passwort wird der Zugriff auf die Daten der Grafik auf autorisierte Anwender beschränkt. Eine Live-Demonstration einer solchen Web-Grafik ist zu finden unter www.spssscience.com/viewer

Mind Mapping jetzt am Bildschirm

Fragt man in einer größeren Buchhandlung nach einem Buch zu Mind Mapping, so wird einem eine beachtliche Auswahl angeboten. Eine erste Einführung gibt z. B. das Humboldt-Taschenbuch 1086 (DM 14,90). Mind Map[®] ist eine eingetragene Marke, in den folgenden Fällen wird auf[®] verzichtet.

Mit der Mind-Mapping-Methode lassen sich Gedanken und Informationen strukturieren und visualisieren. Die Methode nutzt die assoziative Arbeitsweise unseres Gedächtnisses; sie ist im privaten Bereich, in Schulen und Betrieben einsetzbar. In einem Mind Map (Gedankenkarte) werden die Gedanken festgehalten, dabei entstehen neue Gedanken.

Beim Erstellen eines Mind Maps gilt der Grundsatz 'Vom Allgemeinen zum Speziellen'. So kommt es, dass alle Mind Maps ähnlich aussehen; Das Thema steht in der Mitte, und Verzweigungen (das Spezielle) gehen nach außen. Bisher wurde auf einen Bogen im Querformat gezeichnet, es bedurfte also gewisser zeichnerischer Fähigkeiten. Jetzt kann man die Software Mind Manager 4.0 (in Deutsch) verwenden, um seine Gedanken mit Bildchen und Texten zu Papier zu bringen. Die Software regt zu vielen Gedankenflügen an. Aus den Bibliotheken kann man eine große Zahl von Bildern holen. Nach dem Ausdruck hat man sein neues Mind Map vor sich.



Der MindManager[®] (Business-Edition) mit einer der mitgelieferten Mind Maps. Wird auf DIN A4 gedruckt, ist alles gut lesbar. Ausdrucke sind aber auch bis zu einer Größe von 1,5 m mal 1,5 m möglich. Näheres im Internet: www.mindjet.com und (für Schulen) www.cotec.de

Vier Millionen

Am 15. Februar 2001 wurde der viermillionste Kunde registriert, der im Internet eine Homepage betreiben darf, deren Adresse mit .de endet. Inzwischen hat die Zahl der Registrierungen natürlich weiter zugenommen. Am 2. März 2001 – ein willkürlich gewählter Tag – war die Zahl auf 4 101 552 angestiegen, und an diesem Tag wurden 5978 Neukunden registriert. Unter www.denic.de kann man jederzeit den genauen Stand sowie eine zugehörige Grafik ansehen.

Jede Firma und jede Privatperson, die bereits einen Internetanschluss hat, kann eine eigene Homepage betreiben. Zunächst muss man sich klar darüber sein, unter welcher Adresse man die Homepage eröffnen will; man kann auch prüfen, ob der Name noch frei ist. In diesem Zusammenhang wird von Top Level Domain (de, uk, it, com, gov, edu) und Second Level Domain (Firmenname, Familienname, Universität) gesprochen. Dann wählt man aus dem großen Angebot einen Internet Service Provider und bei diesem ein für den gedachten Zweck geeignetes Servicepaket aus, hiernach meldet man sich an. Der Provider gibt Nachricht, falls der Name schon besetzt ist. Wenn er frei ist, führt er die Anmeldung durch. Einige Tage danach kann der Anmelder mit dem Füllen seiner Homepage beginnen.

Die Gebühren für den Betrieb einer Homepage sind, zusätzlich zu den Telefonkosten, sehr unterschiedlich. In jedem Fall steht bei dem gewählten Servicepaket des Providers nur ein bestimmtes Festplattenvolumen (z. B. 100 MB) und ein bestimmtes Datentransfervolumen (z. B. 2 GB pro Monat) zur Verfügung – ein Mehr kostet auch mehr.

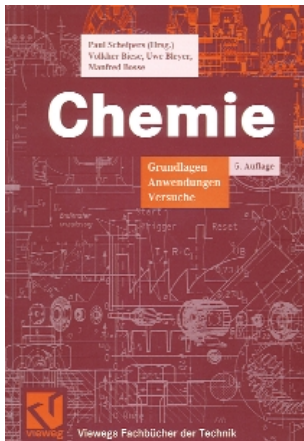
Erwähnt werden muss noch, dass die de-Namen langsam knapp werden, und dass es eine große Zahl von Firmen gibt, die die Gestaltung einer Homepage im Auftrag durchführen. Einfache und damit schnell ladbare Seiten sind nahezu im Handumdrehen erstellt.

Ganz auf das deutschsprachige Internet hat sich web.de spezialisiert. Die Aktiengesellschaft beschäftigt ca. 365 Mitarbeiter und bündelt unter 18 Hauptrubriken 150 Themenportale; sehr bekannt ist z. B. der Routenplaner. Im Januar 2001 gab es 3,5 Millionen registrierte Anwender. Ein Besuch dort lohnt sich wirklich.

Chemie

Paul Scheipers (Herausgeber), Volker Biese, Uwe Bleyer, Manfred Bosse: **Chemie. Grundlagen, Anwendungen, Versuche.**

Fünfte Auflage. 264 Seiten mit 135 Bildern. Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft, Braunschweig/Wiesbaden 2000. ISBN 3-528-44609-9. DM 48,-.



Dieses Buch hat eine lange Tradition, es erschien zum ersten Mal 1981 unter der Herausgeberschaft von W. Weißbach. Die vorliegende 5. Auflage wendet sich laut Vorwort des Herausgebers

und der Autoren an Schüler in Berufsfachschulen, Berufsaufbauschulen, Fachschulen für Technik und Fachoberschulen. Wenn Sie als CLB-Leser nicht zu diesem Kreis gehören, so können Sie dieses Buch aber getrost Interessenten empfehlen, die sich die Grundlagen der Chemie aneignen wollen, denn es ist technisch (Satz und Abbildungen) und inhaltlich gut gemacht. Abgesehen von großen Abbildungen, Zusammenfassungen und Tabellen hat das Buch zwei Spalten. Die linke Spalte enthält den Lehrtext, die rechte Spalte bleibt Beispielen, Bildern, Hinweisen und Versuchen vorbehalten. Es werden auch Aufgaben gestellt; die Lösungen findet der Leser im Anhang. Die organische Chemie wird auf (nur) 26 Seiten behandelt, dafür die Kunststoffe auf nochmal 16 Seiten. In dem 14 Seiten umfassenden Kapitel 'Kernchemie' gehen die Autoren auch auf die Kernverschmelzung ein.

H. R. Wiedmann

Qualitätsmanagement

Michael Scheutwinkel und Manfred Kindler: **Qualitätsmanagement-Handbuch für Laboratorien.**

Nach DIN EN ISO/IEC 17025. Stand September 2000. DIN A4, rund 150 Blätter, größtenteils zweiseitig bedruckt. Mit einer CD-ROM mit den vollständigen Texten. WEKA Fachverlag, Augsburg. Kennziffer 11211. DM 168,-.

Dass sich der WEKA Fachverlag auch um Laboratorien kümmert, konnten CLB-Leser im letzten Heft feststellen. Während es da ein dicker Ordner war, ist es heute eine Broschüre, die man leicht auseinandernehmen und nach der Lochung der Blätter in einen Ordner überführen kann. Dabei muss die Reihenfolge der Blätter eingehalten werden, weil sie keine Seitenzahlen in üblicher Art tragen.

Das Werk hat einen Hintergrund: Der Akkreditierer Manfred Kindler hatte das

Labor von Dr. Michael Scheutwinkel „abzunehmen“. Er fand das Qualitätsmanagement dieses Labors so gut, dass er den Laborleiter dazu brachte, allen interessierten Kollegen eine Hilfestellung für das Erstellen oder Ändern ihrer Qualitätsmanagement-Dokumentation zu geben.

Obwohl es kein Inhaltsverzeichnis gibt, findet man sich in dem Werk schnell zurecht. Es enthält Blätter zum QM-Handbuch, zu QM-Verfahrensweisungen, zu QM-Formblättern und -Listen. Bei der Fülle des Materials wäre es ungerade, auf Einzelheiten einzugehen. Jedes vergleichbare Labor wird an Hand der Unterlagen in der Lage sein, sein eigenes Qualitätsmanagement-Handbuch zu erstellen. Es soll aber doch der Hinweis des Laborleiters Scheutwinkel erwähnt werden, dass er in einigen Punkten seine eigenen Interpretationen vorstellt, z. B. bei der Vorgehensweise zur Abschätzung der Messunsicherheit eines Prüfverfahrens (es wurde bisher nicht abgenommen). Er ist generell dafür, dass ein QM-Handbuch leben soll und darin keine unrealistischen Wünsche und Hoffnungen formuliert werden. Nutzen Sie die Offenlegung dieses erfolgreichen Labors!

R. Ellmer

Mineralien

Gabriele Steffen: **Farbe und Lumineszenz von Mineralien.**

Eine Einführung in die kristallchemischen und kristallphysikalischen Ursachen. 145 Seiten, 117 Abbildungen, 10 Tabellen, 14 Farbbilder. Enke im Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2000. ISBN 3-13-118341-1. DM 69,80.

Dieses Buch ist für Naturwissenschaftler geeignet, die sich beruflich oder privat mit Mineralogie beschäftigen, ein 'gewöhnlicher' Mineraliensammler wird nicht in allen Kapiteln den Ausführungen der Autorin folgen



können. Nach einer Einführung (u. a. Farbtheorie, Spektren) und Anwendungsaspekten (u. a. Mineralien als Pigmente, Kristallzucht) folgen die Kapitel 'Farben durch Kristallfeld-Effekte', 'Energiebänder in Mineralien', 'Farbzentren', 'Lumineszierende Mineralien' und 'Licht- und Farberscheinungen aus dem Gebiet der Wellenoptik'. Ausblick, Glossar, Literatur, Index und die oben erwähnten Farbtafeln bilden den Schluss.

In diesem Buch erfahren die Liebhaber der bunten Steine viel mehr als wohl in den meisten (preiswerteren) Mineralienbüchern, zum Beispiel wie der Alexandrit-Effekt zustande kommt, warum der schwarze Ilmenit schwarz ist und wie das Farbenspiel der Opale zustande kommt – um nur einen Bruchteil der vorgestellten Besonderheiten bei Mineralien zu nennen. Wer das nötige Fachwissen hat, wie etwa ein CLB-Leser mit Interesse an diesem Gebiet, wird den Erwerb des Buches als Gewinn betrachten.

Zu den Abbildungen (Zeichnungen) sei angemerkt, dass sie uneinheitlich wirken und nicht wenige von ihnen eigentlich nicht zur inhaltlichen Qualität des Buches passen. Das liegt daran, dass sie anderen Werken entnommen wurden. Dagen ist nichts einzuwenden, aber einem Teil dieser Abbildungen wäre ein Neuzeichnen gut bekommen, um sie besser lesbar zu machen.

R. Ellmer

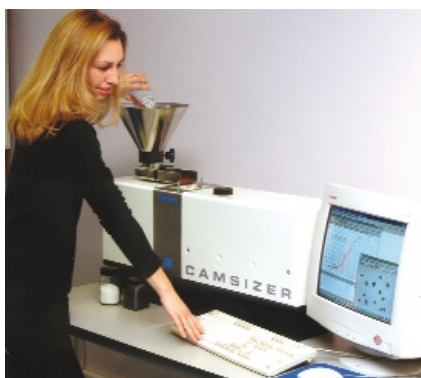


Neue Produkte

Partikelmess-technik mit opti-mierter Auswertemöglichkeit

Erst mit dem Einsatz der digitalen Bildverarbeitung in der Partikelmess-technik ist es möglich geworden, die Partikelform exakt zu vermessen und damit eine schnelle sowie zuverlässige Charakterisierung von Pulvern und Schüttgütern zu erzielen. Mit einer Softwareerweiterung lassen sich nun im Camsizer aus den ermittelten Werten die Unterschiede verschiedener Messverfahren – basierend auf verschiedenen Partikeldefinitionen – darstellen und kompensieren. Auf diese Weise können die Ergebnisse der traditionellen und in vielen Normen verankerten Siebanalyse nun nahezu perfekt per digitale Bildverarbeitung erzielt werden. Zusätzlich erhält der Anwender Informationen über Kornformparameter, wie absolute Längen, Breiten-/Längenverhältnisse, Symmetrie und Rundheit.

Die neue Camsizer-Software liefert darüber hinaus Trendanalysen und Mittelwertbildungen, um Produktionsprozesse bzw. Veränderungen im Pulver und Schüttgut schnell und einfach auch über längere Zeiträume hinweg beurteilen zu können. Dadurch ist eine lückenlose Qualitätssicherung möglich.



Auch beim Partikelmessgerät Crystalsizer überprüft nun eine intelligente Software kontinuierlich die gerätespezifischen Einstellungen und justiert diese erforderlichenfalls nach. Besonders wichtig für einen Einsatz unter rauen Industriebedingungen ist die nun automatisierte Erkennung und

Kompensation von Verschmutzungen. Damit wird die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse und die Messsicherheit im Betrieb nochmals verbessert. Die Wartungsintervalle können deutlich ausgedehnt werden, was die Wirtschaftlichkeit der Partikelanalysen nachhaltig positiv beeinflusst.

Retsch Technology GmbH,
Postfach 10 16 46, 42760 Haan,
Tel. 0 21 29/55 61-0, Fax 0 21 29/55 61-87.

Flexibles Küvetten-system

Die Omni-Küvette eignet sich zur qualitativen und quantitativen Untersuchung von Flüssigproben, Pasten, Ölen und Verreibungen in Transmission. Die Basis bildet der Küvettenkörper, der sich mittels Schnellverschluss-schrauben einfach zerlegen und auch wieder zusammensetzen lässt. Sowohl rechteckige zerlegbare Fensterpaare mit entsprechender Distanzscheibe, versiegelte Fenstereinheiten mit definierter Schichtdicke als auch runde Nujol-Fensterpaare können darin eingesetzt werden. Somit erhält man mit einem Küvettenkörper preiswert drei Küvettentypen.

Selbstverständlich stehen eine Vielzahl an Fenstermaterialien und Schichtdicken zur Auswahl. Aufgrund der speziellen Form der Apertur lassen sich die Omni-Küvetten in Dispersiven und FTIR-Spektrometern einsetzen.

L.O.T.-Oriel GmbH & Co.KG,
Im Tiefen See 58, 64293 Darmstadt,
Tel. 0 61 51/88 06-0, Fax 0 61 51/89 66 67.

„Leise-Sauger“ für's Labor

Die hier vorgestellte Saugerbaureihe begnügt sich mit einer Schallemission von nur 56 dB(A) nach DIN EN ISO 3744. Die beiden Modelle DS 1150 und DS 1220, die jetzt als „Leise-Sauger“ angeboten werden, erreichen bei Motorleistungen von 1,5 bzw. 2,2 kW eine Luftförderung von 235 bzw. 240 m³/h. Diese Werte sind nahezu identisch mit denen der DS-Sauger ohne spezielle Schalldämmung.

Ihre Einsatzbereiche finden die neuen „Leise-Sauger“ überall dort, wo keine lauten Maschinen arbeiten, der Sauger also die größte Lärmemission verursacht – zum Beispiel in Chemie-Laboratorien, in der Elektronik-Produktion oder im Zahntechnik-Labor. Wie alle Ruwac-Sauger sind auch diese



von neutraler Stelle (in diesem Fall vom BIA) geprüft und in den „alten“ Verwendungskategorien U, G, C und K1 lieferbar. Dies entspricht den neuen, EU-weit harmonisierten Staubklassen L, M und H nach DIN EN 60335.

Ruwac GmbH,
Postfach 11 46, 49310 Melle,
Tel. 0 52 26/98 30-0, Fax 0 52 26/98 30-44.

Impulsverstärker für die Materialbestimmung

Mit dem neuen Impulsverstärker 5077PR kommt ein Rechtecksender als Alternative zu Impulsverstärkern mit breitbandigem Sendeimpuls auf den Markt. Der je nach Frequenz verschiedenen lange, rechteckige Sendeimpuls verbessert das Signal-/Rauschverhalten um ca. 9 dB. Damit eignet sich das Gerät in besonderer Weise zu Messungen stark schallschwächender Materialien. So wird ein um das zwei- bis dreifach besseres Prüfergebnis im Vergleich zu herkömmlichen Impulsverstärkern erreicht. Jede Impulslänge ist um +/-25 % justierbar, um optimale Messergebnisse erzielen zu können. Für bestes Signal-/Rauschverhalten sorgt auch der Rechteck-Sendeimpuls von minus 400 Volt. Zur Anpassung an die Dicke der Teile ist die Impulsspannung einstellbar. Mit einer Bandbreite von 35 MHz ist der 5077PR sowohl für die Messung dicker als auch dünner Teile geeignet. Der neue Impulsverstärker ist universell einsetzbar als

Dickenmesser zur Schallaufzeitbestimmung, für medizinische und biologische Forschungsaufgaben oder zur Materialbestimmung z. B. auch in der Geologie. In Verbindung mit einem Digitalisierer kann der 5077PR auch preiswerte Basis für kleinere US-Prüfanlagen sein.

Panametrics GmbH, Mess- und Prüftechnik,
Robert-Bosch-Str. 20a, 65719 Hofheim,
Tel. 0 61 22/8 09-0, Fax 0 61 22/81 47.

Hochgenauer Feuchtekalibrator

Der HUMOR10 ist ein kompakter und transportabler Feuchtekalibrator für den Bereich 10...95 % r. F. Ein spezielles Verfahren zur Korrektur systematischer Fehler führt zu einer Genauigkeit von $\pm 0,5$ % r. F. im Bereich 10...45 % r. F. und $\pm 0,7$ % r. F. zwischen 46 und 70 % r. F. Der HUMOR10 lässt sich auf internationale Standards rückführen und ist optional mit einem offiziellen Prüfzertifikat der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) lieferbar.

Der HUMOR10/HUMOR10S dient auch als Basis für ein akkreditiertes Kalibrierlabor für relative Feuchte.

Dieser Feuchtekalibrator 10S ist ein Zwei-Druck Generator und hat somit eine Funktionsweise wie es auch bei Eichämtern zur hochgenauen Feuchtedarstellung Verwendung findet. Die Stabilisationszeit liegt unter 3 min und ist weitgehend unabhängig von der Temperatur. Kostspielige vollklimatisierte Betriebsräume sind daher nicht notwendig. Als Betriebsmittel sind lediglich destilliertes Wasser, eine 230(110)VAC Versorgung und ölfreie, gefilterte Luft mit einem Druck von 10 bar nötig.

Die Messkammer kann je nach Anforderung für Stabmessfühler mit einem Durchmesser bis 25,5 mm oder auf kubische Messeinheiten bis max. 80 x 80 x 20 mm adaptiert werden. Die Einstellung des gewünschten Feuchtewertes erfolgt über einen Drehknopf, wobei der gewählte Messwert auf einem Display angezeigt wird. Für die elektrische Speisung des Prüflings stehen am Gerät 24 VDC zur Verfügung.

E+E Elektronik GmbH,
Langwiesen 7, A-4210 Engerwitzdorf,
Tel. ++43/72 35/6 05-0, Fax ++43/72 35/6 05-8.

CO₂-Inkubator ohne Kontaminationsprobleme

Der HERAcell CO₂-Brutschrank mit Befeuchtungssystem gewährleistet sicher kontrollierte und stabile Inkubationsbedingungen sowie Schutz vor Kontamination für die Kulturen. Der Innenraum mit seinen glatten Wänden und abgerundeten Ecken lässt sich problemlos reinigen. Die automatische Dekontaminationsroutine ContraCon eliminiert Mikroorganismen einschließlich Mykoplasmen und bietet erhebliche Vorteile gegenüber Systemen mit HEPA-Filter, bei denen die Kontaminanten auf der Filteroberfläche im Innern des Inkubators konzentriert werden. ContraCon ermöglicht die Dekontamination aller Oberflächen, Einbauten, Sensoren und des Wasserreservoirs.



Gleichbleibende Kulturbedingungen und damit eine hohe Langzeitstabilität werden durch die Luftmanteltemperierung und den WLD-CO₂-Sensor gewährleistet. Die Innenausstattung ist aus Edelstahl oder aus fungizid und bakterizid wirkendem Vollkupfer erhältlich.

Kendro Laboratory Products GmbH,
Postfach 15 63, 63405 Hanau,
Tel. 0 18 05/53 63 76, Fax 0 18 05/11 21 14.

Digitale Mikroskopkamera mit 14 Bit Farbtiefe

Polaroid aktualisiert seine Produktpalette für wissenschaftliche Anwendungen mit der neuen digitalen Mikroskopkamera DMC 2. Sie eignet sich für den medizinisch/wissenschaftlichen

oder technischen Einsatz, bei dem es auf detaillierte Bilderfassung für Analyse, Dokumentation, Kommunikation oder Archivierung ankommt.

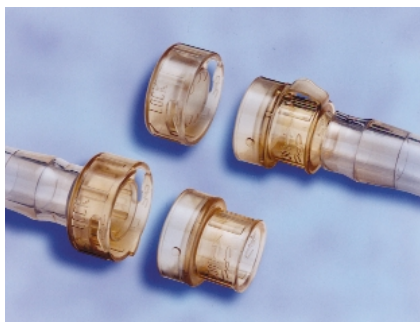
Die Polaroid DMC 2 Mikroskopkamera ermöglicht die Aufnahme hochauflösender Bilder direkt am Mikroskop. Sie besitzt eine echte CCD-Auflösung von 2,1 Megapixeln (1616 x 1296 Pixeln) und einer weiter erhöhten Bildrate bis zu zwölf Aufnahmen pro Sekunde. Die Kamera liefert ein lineares RGB-Bild mit 14 Bit Farbtiefe. Die hohe Übertragungsrate von 2MB/sec macht eine Komprimierung der zu übermittelnden Daten überflüssig. Mit der DMC 2 konnte Polaroid außerdem die Bildrate, die jetzt zwischen sieben und zwölf Bildern pro Sekunde liegt, erneut erhöhen.

Die Polaroid DMC 2 ist mit einer Fokussierhilfe, einem automatischen Weißabgleich und einer automatischen Farbkorrektur ausgestattet. Bei wiederholtem Fotografieren ähnlicher Vorlagen und Umgebungen können so genannte Speichervorgaben eingestellt und abgelegt werden, beispielsweise numerische Hinweise für Weißabgleich, Kontrast, Helligkeit und Schärfe. Der automatische Weißabgleich und die Farbkorrektur geben dem Benutzer die Möglichkeit, eine individuelle Einstellung für den Weißabgleich zusätzlich zu den Einstellungen für Kunstlicht und Tageslicht vorzunehmen. Weitere Sonderfunktionen erlauben eine nachträgliche Feinabstimmung zur Erzielung einer optimalen Bildqualität. In der verbesserten Vorabsicht können jetzt Bildausschnitte zur leichteren Einstellung und Fokussierung auf das Vierfache ihrer Normalgröße gezoomt werden. Diese Features sind ideal für den Einsatz in der Fluoreszenz-Mikrofotografie.

Polaroid GmbH,
Sprendlinger Landstr. 109, 63069 Offenbach,
Tel. 0 69/84 04-5 03, Fax 0 69/84 04-5 30.

Kupplungen für beschleunigten Medientransfer

Colder Products Company (CPC) stellt die neuen medizinischen MPU-Kunststoffkupplungen mit übergroßer Nennweite und 19 mm Schlauchtülle vor. MPU-Kupplungen wurden entwickelt, um den Transfer von Biomedien bei großen Behältern und Bags (mit



mehr als 500 Litern) in Biotechnologie-Anwendungen zu erleichtern. Solche Anwendungen sind z. B. das Abpacken von Medien, die biotechnologische Herstellung und Pharmazeutika sowie Laboranwendungen, die ein einfaches und sicheres Verbinden von 19-mm-Schläuchen erfordern.

Die innenliegende, von einem Kunststoffrand geschützte Dichtung der MPU-Kupplung verhindert die Kontaminierung des Durchflusses. Die leckagefreie Drehverriegelung schützt vor dem versehentlichen Öffnen und beugt damit dem Verlust von wertvollen Biomaterialien vor. Die Kupplungen bestätigen mit einem hörbaren Klick, dass eine sichere Verbindung zustande gekommen ist. Eine bequeme Daumentaste erleichtert das Entkuppeln, und schmale Übergänge an den Tüllenenden minimieren Fluidturbulenzen. Die sterilisierbaren MPU-Kupplungen sind eine einfache zu bedienende Alternative zu Camlock-Kupplungen und großen Fittings, die üblicherweise beim Transfer von Biomedien bei großen Behältern oder anderen 19-mm-Schlauch-Anwendungen benutzt werden.

Die MPU-Kupplungen werden aus Polysulfon der Klasse VI hergestellt und enthalten einen Silikon-O-Ring. Sie sind kompatibel mit gängigen Sterilisationsmethoden wie Autoklavieren, EtO, Elektronen- und Gammastrahlen.

Colder Products Company GmbH,
Postfach 15 33, 64505 Groß-Gerau,
Tel. 0 61 52/18 01-1, Fax 0 61 52/5 30 33.

Hochtemperatur-Thermostate bis 400 °C

Die neuen HT Hochtemperatur-Thermostate HT30-M1 und HT60-M2 sind für Arbeitstemperaturen von +70 °C bis +400 °C einsetzbar. Mit der integrierten Umwälzpumpe werden Lei-

stungen von 18 l/min und 1,2 bar maximal erzielt, während die Heizleistung alternativ 3 kW oder 7 kW beträgt. Die Geräte sind ausschließlich für die externe Temperierung geschlossener Anlagen (Autoklaven, Pilotanlagen) konzipiert. Mit einem externen Pt100-Fühler wird direkt im angeschlossenen System die vorgegebene Temperatur gemessen und geregelt.

Mit der zusätzlich verfügbaren C.U.-Kühleinheit kann die Temperaturflüssigkeit innerhalb kürzester Zeit auf einen niedrigeren Wert abgekühlt werden. Exotherme Reaktionen werden so schnell und sicher kompensiert. Die Bedienung erfolgt über die außenstehende Regelelektronik, die neben LED- und interaktivem LCD-Display eine Leuchtanzeigen für das Füllvolumen aufweist. Weitere Vorteile:



integrierter Programmgeber, Analog-Anschlüsse für externe Sollwertstellung und Temperaturschreiber.

Julabo Labortechnik GmbH,
Eisenbahnstr. 45, 77960 Seelbach,
Tel. 0 78 23/51-0, Fax 0 78 23/24 91.

Handliche Druckdosen für Gasversorgung

Die Westfalen AG, Münster, präsentiert auf der InCom 2001 ihr überarbeitetes Produkt-Portfolio. Druckdosen für Reinstgase und Gasgemische sind eine Anpassung an die fortschreitende Miniaturisierung der Messgeräte im analytischen Labor und in der Messtechnik: So werden die immer kleineren Bedarfsmengen an Betriebs- und Referenzgasen handlich und sicher bereitgestellt und mobile Einsätze deutlich erleichtert. Weitere Vorteile der Druckdosen sind ihre einfache und sichere Handhabung. So lassen sie sich – außer bei der Befüllung mit toxischen

TERMINE

sensor & Test 2001:

Messe und Kongress. Themen: Materialprüfung, Qualitätssicherung, EMV und Umweltsimulation. 8. bis 10. Mai, Nürnberg. AMA Service, Tel. 0 50 33/96 39-0.

Control:

Fachmesse für Qualitätssicherung. 8. bis 12. Mai, Sinsheim. Schall Messeunternehmen, Tel. 0 70 25/92 06-0.

Envitec:

Internationale Fachmesse und Kongress für Ver- und Entsorgung. 14. bis 17. Mai, Düsseldorf. Messe Düsseldorf, Tel. 02 11/45 60-01.

Rheologentagung 2001:

14. bis 16. Mai, Berlin. Deutsche Rheologische Gesellschaft (DRG), Tel. 0 30/81 04-16 19.

Grundlagen der ICP-MS:

28. bis 29. Mai, Offenbach. Thermo Elemental, Tel. 0 69/9 84 08-1 60.

Theorie und Praxis der GPC:

Intensivkurs. 28. bis 30. Mai, Mainz. PSS Polymer Standards Service, Tel. 0 61 31/9 62 39-0.

Thermoanalytische und IR-spektroskopische Methoden an Kunststoffen:

Seminar über Materialcharakterisierung. 29. Mai, Darmstadt. Thermo Nicolet, Tel. 0 69/9 84 08-1 20.

Plant Lipid Metabolism:

From Basic Research to Biotechnology. Symposium. 15. bis 18. Juli, Meisdorf. Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft (DFG), Tel. 0 69/79 17-5 33.

Gasen – problemlos per Post verschicken.

Auf dem Messestand waren auch die entsprechenden Gasversorgungssysteme zu sehen. Seit kurzem kann das komplette Programm via Internet über einen elektronischen Marktplatz für Laborbedarf bestellt werden.

Ferner zeigte die Westfalen AG eine breite Palette an Gasen für den Einsatz in Analytik und Diagnose. Dazu gehören Sondergase wie Labor- und Betriebsgase, Reinstgase, Gasgemische und Prüfgase.

Westfalen AG,
Industrieweg 43, 48155 Münster,
Tel. 02 51/6 95-3 05, Fax 02 51/6 95-1 29.

Datenanalyse-Software überarbeitet

Das Update des statistischen und grafischen Analysetools Statistica auf die Version 6 beinhaltet vielseitige Möglichkeiten der Benutzeranpassungen, erweiterte Web-Fähigkeit und eine eingebaute Visual-Basic-Makroprogrammiersprache. Die Benutzeroberfläche wurde stark vereinfacht: Über „Standardregister“ lassen sich Analysen unkompliziert spezifizieren und erlauben schnellen Zugriff auf wichtige Ergebnisse; weitere Register bieten Zugang zu spezialisierten Werkzeugen der Datenauswertung.

Die Ausgabemöglichkeiten der Ergebnisse wurden erweitert: Arbeitsmappen und Berichte ermöglichen eine übersichtliche Verwaltung einer nahezu unbegrenzten Anzahl von aktiven, multimedialfähigen Dokumenten (sowohl im Statistica-eigenen Format als auch ActiveX-Dokumente) in einer hierarchischen Baumstruktur.

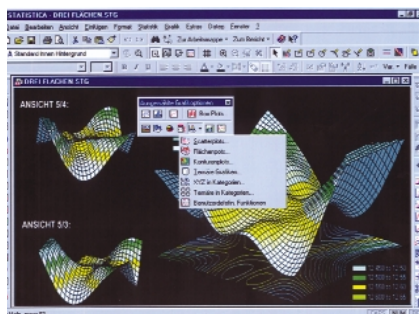
Anwender können ihre mit Statistica berechneten Ergebnisse automatisch im Web veröffentlichen. Darüber hinaus ist es aber auch möglich, über einen Internet-Browser praktisch von jedem mit dem Internet verbundenen Computer der Welt aus Statistica anzuweisen, bestimmte Berechnungen durchzuführen und die Ergebnisse anzuzeigen. Nahezu alle Systembeschränkungen der vorherigen Version wurden beseitigt; so können z. B. mehrere Kopien von Statistica gleichzeitig laufen, von der jede mehrere Dateien, die gleichzeitig auch von anderen genutzt werden, verarbeiten kann. Dateien können un-

begrenzt viele Variablen und Textwerte, Labels, Variablen- und Fallnamen mit beliebig langen Zeichenfolgen enthalten.

StatSoft (Europe) GmbH,
Hoheluftchaussee 112, 20253 Hamburg,
Tel. 0 40/46 88 66-0, Fax 0 40/46 88 66 77.

Einführung in die Kapillarviskosimetrie

Eine neue Broschüre mit dem Titel: „Theorie und Praxis der Kapillarviskosimetrie“ wurde von Schott-Geräte, Mainz, fertiggestellt. Der interessierte Leser wird im 1. Abschnitt kurz in die Theorie der Rheologie eingeführt. Das



Messprinzip der Kapillarviskosimetrie sowie die bei Viskositätsbestimmungen mit Glaskapillarviskosimetern ggf. erforderlichen Korrekturen werden ausführlich beschrieben.

Der 2. Teil steht ganz im Zeichen der praktischen Anwendung. Neben einem kurzen Kapitel über die Kalibrierung steht die Handhabung von Glaskapillarviskosimetern ganz im Vordergrund. Ein Abschnitt über die möglichen Fehlerquellen und deren Vermeidung bei Viskositätsbestimmungen ergänzt die praktische Anwendung. Im 3. und letzten Teil wird die Viskosität als Kenngröße in der Kunststoff- und Mineralölanalytik sowie ihre Rolle in der Lebensmittelprüfung dargestellt.

Das umfangreiche Literatur- und Normenverzeichnis gibt schließlich eine Übersicht über die Fachliteratur sowie einen kurzen Abriss über nationale und internationale Normen, die die Glaskapillarviskosimetrie betreffen.

Die 40-seitige Broschüre kann unter avs@schott.com kostenlos angefordert werden.

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

Riechen und eindeutig identifizieren

Es betrifft nahezu alle Industriezweige: Kunststoff, Aroma- und Duftstoffe, Nahrungs- und Genussmittel, Pharmazie und Umweltanalytik: Wenn Geruchsverursacher dingfest gemacht werden sollen, stoßen herkömmliche Methoden rasch an ihre Grenzen. Nur der parallele Einsatz sensitiver Analytik und menschlicher Sinneswahrnehmung, sprich der Nase, liefert aussagekräftige und gesicherte Ergebnisse. Der Gerstel OlfactoryDetectorPort (ODP) ermöglicht es, zum Chromatogramm ein Aromaprofil zu erstellen - gleichgültig, ob es sich um den Nachweis einzelner Komponenten oder charakteristischer Geruchsmuster handelt. Durch Kombination mit handelsüblichen Gaschromatographen gestattet der Gerstel-ODP eine sichere und eindeutige Identifizierung aller Geruchsverursacher und Geruchsquellen.

Verschiedene Module und Vorgehensweisen gestatten die individuelle Nutzung des Systems: Mit Hilfe des OlfactoryIntensityDevice (OID) lassen sich in Abhängigkeit geruchsbedingter Wahrnehmungen Signale auslösen und ein so genanntes Aromagramm erstellen; identifiziert werden die Komponenten, indem das Aromagramm einfach mit dem Chromatogramm überlagert wird. Sollen flüchtige oder semiflüchtige Komponenten aufgeklärt werden, bietet sich die Kombination mit dem ThermoDesorptionsSystem 2(TDS) an.

Gerstel GmbH & Co.KG,
Aktienstr. 232-234, 45473 Mülheim an der Ruhr,
Tel. 02 08/7 65 03-0, Fax 02 08/7 65 03 33.

BEZUGSQUELLENVERZEICHNIS

Analysen

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

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

Aräometer

Amarell GmbH & Co KG
97889 Kreuzwertheim
Postfach 1280
Tel. (09342) 92 83-0
Fax (09342) 398 60



Leo Kübler GmbH
Stephaniestr. 42/44, 76133 Karlsruhe
Tel. (07 21) 22491, Fax (07 21) 27903

Arbeitsschutzartikel



Carl Roth GmbH + Co.
Postfach 21 11 62
76161 Karlsruhe
Tel. (07 21) 56060

Bimssteingranulate und -mehle



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

BSB-Bestimmung

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

Chemikalien



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

Extruder für Labor und Produktion



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

Flüssigkeitschromato- graphie/HPLC

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

FTIR-Spektrometer- Zubehör



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

Gefahrgutberatung

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

Gefriertrockner

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

Gefriertrocknungsanlagen



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



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

Hochdruckautoklaven

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

Hochdruck- Extraktionsanlagen

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

Hohlkathodenlampen



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

HPLC-Lösungsmittel

Zinsser Analytic GmbH
60489 Frankfurt, Eschborner Landstr. 135

Klimakammern

-thermotest-
Telefon 0221/508667
Fax 0221/505834

Kühlgeräte

MTW, 97078 Würzburg, (0931) 29903-47

Kühl- + Tiefkühlgeräte



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

Küvetten

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

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

Laboratoriumsmühlen

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

Laborchemikalien



Carl Roth GmbH + Co.
Postfach 21 11 62
76161 Karlsruhe
Tel. (07 21) 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.
Postfach 13 62, 88229 Wangen,
Tel. (07522) 986-0, Fax 986-418

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

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

Laborhilfsmittel



Carl Roth GmbH + Co.
Postfach 21 11 62
76161 Karlsruhe
Tel. (07 21) 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 100541, 31105 Hildesheim
Telex: 5 121 845 GUMWOE
Tel. (051 21) 5 6046

Laborzentrifugen, Kühlzentrifugen



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



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

Leitfähigkeits-Meßgeräte



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

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

Leitfähigkeitsmessung

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

Mahlanlagen

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

Mikrophotographie

OLYMPUS OPTICAL CO.
(EUROPA) GMBH, Postf. 104908
D-20034 Hamburg

Mikroskope



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

Helmut Hund GmbH
Postfach 21 01 63 · 35550 Wetzlar
Telefon: (0 64 41) 20 04-0
Telefax: (0 64 41) 20 04-44

OLYMPUS OPTICAL CO.
(EUROPA) GMBH, Postf. 104908
D-20034 Hamburg

Osmometer

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

Partikelanalyse

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



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

pH/Redox-ISE-Messung

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

pH-Messgeräte



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

Photometer

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

Photometr. Wasseranalyse Geräte und Testsätze

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

Polarimeter

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



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



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

Probenfläschchen aus Glas und Kunststoff

Zinsser Analytic GmbH
60489 Frankfurt, Eschborner Landstr. 135

Reagenzien

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

Reflektometrie

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

Refraktometer

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



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

Reinigungsmittel für Laborglas



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

Sauerstoff-Meßgeräte



HANNA Instruments
Deutschland GmbH
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 12 80
Tel. (093 42) 92 83-0
Fax (093 42) 3 98 60



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



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

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

Thermometer

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



Tiefsttemperaturmessung

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

Trifluoressigsäure und Derivate

Solvay Fluor
und Derivate GmbH
Postfach 220
30002 Hannover
Tel. (05 11) 8 57-0
Fax (05 11) 28 21 26

Trockner für Labor und Betrieb



Emil Lihotzky Maschinenfabrik
GmbH & Co KG
(Pressen - Walzen - Trockner)
POB 1165 D-94441 Plattling,
Tel. (099 31) 29 51, Fax 12 71
http://www.lihotzky.de

Umweltanalytik/Wasser

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

Vakuumkonzentratoren



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

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

Wasserdestillierapparate



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

Zentrifugen

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

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



ZUM TITELBILD



Der VA-Computrace 757

ist ein PC-gesteuertes Voltammetriesystem, in das die bewährte Hardware der Metrohm-VA-Stände integriert ist. Die ausgezeichnete mechanische Stabilität und das hervorragende Signal-Rausch-Verhältnis der Messdaten sind mittlerweile sprichwörtlich.

Der Computrace 757 eignet sich bestens für einfache Routineanalysen. Alle für die quantitative Auswertung notwendigen Parameter sind in wenigen Fenstern übersichtlich zusammengefasst. Messparameter und Voltammogramme werden nebeneinander auf dem Bildschirm dargestellt. So ist die Optimierung einer Messmethode kein Problem mehr.

Alle auf dem Bildschirm erscheinenden Kurven, d.h. Voltammogramme, Kalibrier- sowie Standardadditionskurven, aber auch die Ergebnisse können über die Zwischenablage in andere Windows™-Applikationen übertragen werden. Der Datenexport im ASCII-Format ist ebenfalls möglich. Der Programmteil „Determination“ dient zur quantitativen Analyse anorganischer oder organischer Substanzen. Die Kalibrierung erfolgt mittels Standardaddition oder Kalibrierkurve und kann manuell oder automatisch durchgeführt werden.

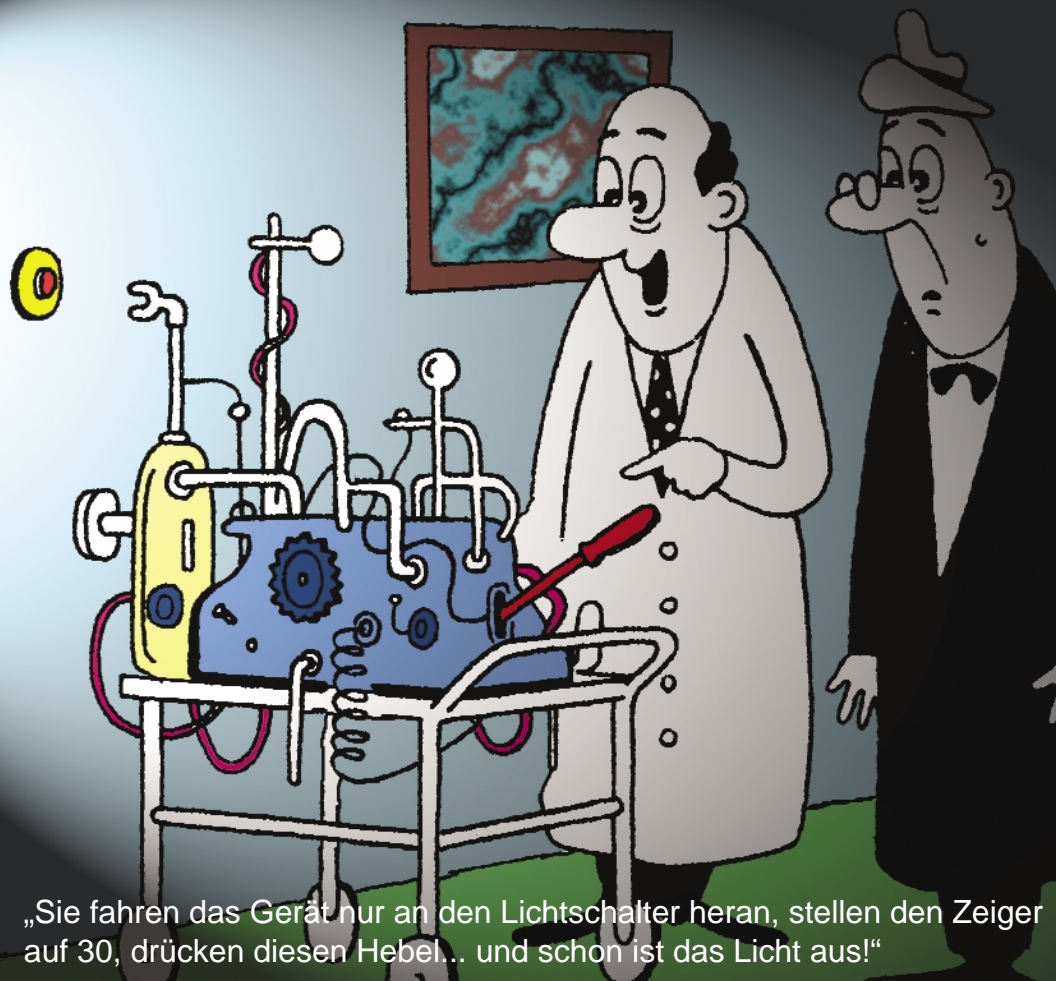
Der 757 VA-Computrace eignet sich hervorragend für die praxisorientierte Voltammetrieausbildung an Universitäten, Fachhochschulen und Betrieben.

Das Instrument bietet die folgenden Messtechniken:

Sampled DC	Direct Current (Gleichstrom)
DP	Differential Pulse
SQW	Square Wave (nach Osteryoung)
AC	Alternating Current (Wechselstrom, 1. und 2. Harmonische, phasenselektiv)
CV	Cyclic Voltammetry (zyklische Voltammetrie), inklusive Auswertung
PSA	Potentiometric Stripping Analysis (Inverschronopotentiometrie)

Deutsche Metrohm GmbH & Co
Elektronische Messgeräte
In den Birken 3
D-70794 Filderstadt

Postfach 1160
70772 Filderstadt
Tel.: 0711-77088-0
Fax: 0711-77088-19
E-Mail: sales@metrohm.de
www.metrohm.de



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

CLB

Einmalige Sonderaktion nach Verlagswechsel: Wer sich bis zum 30. Mai 2001 einschließlich zu einem Abonnement entscheidet, erhält für ein Jahr 15 % Preisnachlass auf den Standardpreis von DM 138,- und zahlt nur DM 117,30 (incl. 7 % MWSt., zzgl. Versandkosten)!

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 einmaligen Sonderpreis von DM 117,30 zzgl. Versandkosten (Inland: DM 22,80, Ausland: DM 41,40). Das Abonnement verlängert sich automatisch um ein weiteres Jahr (dann zum Standardpreis), wenn es nicht bis acht Wochen vor Ende des Bezugsjahres gekündigt wird.

X
Datum / 1. Unterschrift

Name/Vorname

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

Straße/Postfach

Land/PLZ/Ort

X
Datum / 2. Unterschrift

Telefon

Jetzt abonnieren und 15 % sparen!