

CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

- Umfeld Wissenschaft: FET11
- Stromstörer in Laborgeräten
- Methodentransfer in der HPLC
- Small scale-Versuche mit Brom

05 / 2011

D 2046 E

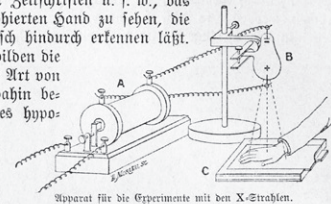
Die Jahrbuchreihe „Das neue Universum“, gegründet 1880, eingestellt 2002, zeigt unterhaltsam den Wandel unserer Sicht auf technische Entwicklungen. Dieser zeitgenössische Artikel über die Entdeckung der Röntgenstrahlen ist voll von Bewunderung, aber auch Ehrfurcht vor dem Unbekannten (wie schon das Titelbild des Buchs, abgebildet auf der Editorial-Seite). Sind Röntgenstrahlen nun longitudinale Aetherwellen (s. 2. Seite unten)?

Auf Umschlagseite 3 ist ein 50 Jahre alter Artikel von CLB 01-1961 wiedergegeben: Pflanzen als Indikatoren für Erzlager. Heute helfen uns Erkundungen von Satelliten, und bald womöglich die Messungen von Einflüssen der Gravitation auf Quantenobjekte wie Bose-Einstein-Kondensate...

Röntgens X-Strahlen.

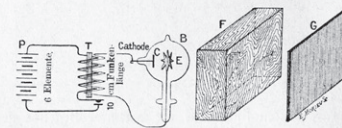
Im vorigen (16.) Jahrgang brachten wir (Seite 234 bis 239) einen Aufsatz über Kathodenstrahlen, in dem wir der wichtigen Forschungen von Lenard und Herz gedenken. Es war unter anderem bemerkt worden, daß jene Strahlen dünne Schichten von Aluminium und Papier durchdringen, als wären sie durchsichtig, während sie durch eine 1/2 mm dicke Quarzplatte nicht zu gehen vermögen. Endlich hatten wir darauf hingewiesen, daß man eine Brechung der Kathodenstrahlen nicht wie die der Lichtstrahlen bewerkstelligen kann, daß man vielmehr zur Erzeugung eines Kathodenstrahlenstrahltrums das Prisma durch einen Magneten ersetzen müsse. Neben diesen Unterschieden zwischen Kathodenstrahlen und Licht zeigten sich aber auch so viele Ähnlichkeiten, daß man erstere gleichfalls für Aetherwellungen halten muß. Wir sprachen die Hoffnung aus, daß es der Wissenschaft gelingen werde, weitere Forschungen über diese neue Art Aetherwellen anzustellen. Wenige Wochen nachher ging die Kunde von einer Entdeckung, die Professor W. C. Röntgen in Würzburg gemacht habe, durch alle Zeitungen, einer Entdeckung, die das Interesse der gesamten gebildeten Welt erregte und noch darüber hinaus von jedem, der sie vernahm, besprochen wurde. Professor Röntgen hatte entdeckt, daß aus den Kathodenstrahlen noch eine andere Art Strahlen hervorgehe, die höchst wunderbare

Eigenschaften aufweisen und in noch rätselhafterer Weise als jene sich von den Lichtstrahlen unterscheiden; da ihr Wesen zunächst noch dunkel war, so nannte er sie, gleich wie der Mathematiker eine unbekannte Größe mit x bezeichnet, X-Strahlen. Die physikalischen Laboratorien wetteiferten in der Wiederholung der von Röntgen angestellten Versuche, und bald war überall, in Bilderläden, illustrierten Zeitschriften u. s. w., das bekannte Bild der photographierten Hand zu sehen, die die Knochen durch das Fleisch hindurch erkennen läßt.



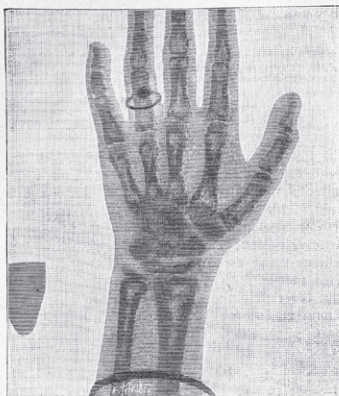
Apparat für die Experimente mit den X-Strahlen.

Wie bereits erwähnt, bilden die X-Strahlen eine ganz andre Art von Aetherwellen als die bis dahin bekannten Schwingungen dieses hypothetischen Stoffes. Die Spektralanalyse lehrt, daß das Sonnenlicht aus einer ganzen Anzahl von Lichtsorten zusammengesetzt ist, unter denen man sieben Hauptfarben unterscheidet: Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo, Violett. Jenwärts des Rot ist zwar keine Lichtwirkung mehr zu bemerken, jedoch erkennt man hier durch empfindliche Wärmemesser das Vorhandensein von Wärmestrahlen, die demnach als dunkle Wärmestrahlen bezeichnet und auch ultrarote Strahlen genannt werden. Ebenso gibt es jenseits des Violett ultraviolette Strahlen, die weder Licht- noch Wärmestrahlen sind, aber chemische Wirkungen, z. B. auf die photographische Platte, ausüben. Zu diesen drei Arten von Strahlen, den infraroten, ultraroten und ultravioletten, kamen dann die elektromagnetischen Strahlen hinzu, die der vor wenigen Jahren in Bonn verleborene Physiker Herz entdeckte. Alle vier Sorten Strahlen sind transversale Aetherwellen und zeigen die gemeinsamen Eigenschaften der Reflexion, Brechung und Polarisation. Abweichend von ihnen allen sind nun hierin die im Dezember 1895 von Röntgen entdeckten X-Strahlen. Sie sind nicht durch spiegelnde Flächen zur Reflexion, nicht durch Einschaltung von durchdringenden Körpern in ihren Weg zur Brechung, überhaupt nicht zu einer Ablenkung von dem einmal eingeschlagenen geradlinigen Weg zu bringen, und da auch Polarisationsercheinungen sich nicht an ihnen beobachten lassen, so liegt die vom Entdecker ausgesprochene Vermutung nahe, daß man es hier mit longitudinalen Aetherwellen zu thun habe. Die neuen Strahlen sind nicht unmittelbar mit dem Auge wahrnehmbar, läßt man sie aber auf ein Blatt Papier fallen, das auf der einen Seite einen Beleg von Bariumcyanid hat, so fluoresziert dieses



Der Segny'sche Apparat zur Wiederholung der Röntgenschen Versuche.

wie unter dem Einflusse von Lichtstrahlen. Dabei ist es aber gleichgültig, ob die X-Strahlen die präparierte Vorderseite oder die Rückseite des Papiers treffen. Eine zweite Eigenschaft, die die X-Strahlen mit dem Lichte gemeinsam haben, ist ihre Wirkung auf die photographische Platte. Man darf sich aber dazu nicht eines gewöhnlichen photographischen Apparates mit Einstieps bedienen, da die neuen Strahlen von der Linse nicht gebrochen werden, so daß sie auch kein verkleinertes verkehrtes Bild des Gegenstandes auf der Platte hervorrufen. Man bedient sich vielmehr lediglich der die Platte enthaltenden Kassette, die man geschlossen lassen kann, da die Strahlen den Deckel durchdringen. Es entsteht dann ein aufrechtes Bild in natürlicher Größe, ähnlich einem durch Sonnenstrahlen an der Wand erzeugten Schattenbilde.



Gesunde Hand eines jungen Mädchens.

Die Anordnung des Versuches zeigt unsere erste Abbildung. Ein kräftiger Primärstrom wird in die Hauptleitung eines großen Ruhmfortschen Funkeninduktors A geschickt, von der Nebenleitung führen Drähte zu der Crookeschen oder Gittorf'schen Röhre B. Diese entsendet nun ihre Strahlen, die nötigenfalls durch einen Magneten

herabzulenkten sind, auf die darunter liegende geschlossene Kassette C. Auf diese legt man die Hand, deren Bild entstehen soll. Der Versuch muß etwa auf 20 Minuten Zeitdauer ausgeführt werden. Unter Anwendung eines Tesla'schen Induktors von 2000 Volt Primärspannung und Einschaltung von 12 Leydener Flaschen von je 2 Liter Volumen gelingt der Versuch in wesentlich kürzerer Zeit. Ebenso eignet sich eine im vorigen Jahrgange (Seite 235) abgebildete und (Seite 236) beschriebene Lenard'sche Röhre noch besser zu dem Versuche, da die Strahlen durch das dort angebrachte Aluminiumplättchen besser als durch Glas hindurchgehen. Nebenfalls muß die Luft viel stärker in der Röhre verdünnt sein (etwa auf 1 Milliontel Atmosphäre), als dies in den gewöhnlichen Geißler'schen Röhren der Fall ist. Allerorten hat man die Röntgenschen Versuche wiederholt, so Wiebemann in Leipzig (in

Gegenwart des Königs von Sachsen), Spiess, Slaby und Klingenberg in Berlin, Swinton in England, Puluj in Prag, Segny in Paris, Eder und Balenta in Wien, Vicentini in Padua; dem deutschen Kaiser hat Röntgen selbst seine Experimente vorgeführt. — Betrachten wir noch die von Segny bei seinen Versuchen getroffene Anordnung! Den Primärstrom für den Ruhmfort'schen Apparat T liefert bei ihm eine Batterie P von 6 Chromsäureelementen. Die Spannung des Sekundärstromes gestattete eine Funkenstreckweite von 10 cm Länge. Dieser Induktionsstrom geht durch eine



Tuberkulöse Hand.

zu photographierenden Gegenstände (Gewichte, Schlüssel, Ketten, Geldstücke, Vogelkugeln u. a.) kommen in den Holzkasten F, hinter dem, eingepackt in schwarzes Papier, die photographische Gelatinobromürplatte G steht. Zwischen der Crookeschen Röhre und der photographischen Platte ist ein Zwischenraum von etwa 12 cm. Die Bestrahlung hat 35 Minuten zu dauern. Zum Schluß geben wir zwei Abbildungen, die nach Aufnahmen von

Puluj in Prag angefertigt sind. (Die Entwicklung der Platten und die Herstellung der Kopien hat der Hofphotograph S. Edert in Prag besorgt.) Zunächst sehen wir eine normale Hand eines elfjährigen Mädchens, ein Bild ähnlich den viel verbreiteten Photographien, die unmittelbar nach der Röntgenschen Entdeckung hergestellt wurden. Außer der Hand, deren einer Finger einen Ring trägt, sieht man hier aber auch einen Teil des Unterarmes mit einem Armband. Die Knochen erscheinen kräftig dunkel mit etwas helleren Markhöhlen, das Fleisch nur matt schattiert, eine Erscheinung, die die Röntgensche Entdeckung am meisten populär gemacht hat und sie von großer Bedeutung für die Chirurgie erscheinen läßt. Das andre Bild zeigt eine tuberkulöse Hand und läßt die von der Krankheit herrührenden Knochenverfälschungen erkennen, besonders an dem kürzer gewordenen Zeige-

finger mit seinen porösen Knochen. — Mögen sich die von allen Seiten auf die geniale Entdeckung gesetzten Hoffnungen erfüllen, zum Wohle der Menschheit und zur Ehre deutscher Wissenschaft!

Umschlagseite 3: Pflanzen als Indikatoren für Erzlager

Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,



da geht sie nun dahin, die schöne neue Welt der Atomenergie – zumindest in Deutschland: aus der Traum spätestens in elf Jahren. Schon in den letzten beiden Editorials habe ich auf die früheren Erwartungen zur Kernkraft verwiesen, auf die Träume der Atomminister Franz Josef Strauß, Siegfried Balke – und sogar der BASF, die 1969 einen Antrag zur Errichtung eines Werks-Kernkraftwerks einreichte. Wie konnte man sich in seiner Technologie-Einschätzung so irren?

Ich denke, die Menschen sind in den vergangenen 200 Jahren vom technischen Fortschritt einfach überrollt worden, insbesondere in ihrer Fähigkeit, diesen in seiner komplexen weiteren Entwicklung zu beurteilen. Der nackte Affe trifft auf globale Reaktionsmechanismen – da muss ja was falsch laufen. „Radium wird das Wachstum von Pflanzen fördern. Radium wird zum unfehlbaren Heilmittel gegen Krebs, Blindheit, den Alterungsprozess. Radium wird den elektrischen Strom für Zwecke der Beleuchtung ersetzen.“ All das mutmaßten veritable Professoren zu Beginn des 20. Jahrhunderts, festgehalten in dem Buch: Die Welt in 100 Jahren“ aus dem Jahre 1910, jetzt als Nachdruck erschien. Nur wenige Vorhersagen trafen zu. Um einmal darzustellen wie sehr man im Zeitgeistdenken gefangen sein kann habe ich in der CLB-Geschichte die Entdeckung der Röntgenstrahlen in zeitgenössischer Darstellung des 1896-Jahrbuchs „Das neue Universum“ wiedergegeben (siehe Seite links). Immerhin war schon vor über 100 Jahren klar: Patente sichern Reichtum, man beachte den Jüngling mit seinem Schutzschild auf der Titelseite des Buchs unten...



Lenken wir Entwicklungen jetzt besser? Sicher können wir aus Prognosefehlern lernen, nur steht oftmals Emotion gegen Ratio. Die deutschen wollen mehrheitlich den Ausstieg aus der Kernkraft. Ein Beharren würde wohl mehr Schaden verursachen – gesellschaftlich – als der Ausstieg; in sofern ist dieser politisch richtig. Neueste Untersuchungen zur Intelligenz der Massen (Schwarmintelligenz) zeigen allerdings: Intelligenter als von Einzelindividuen sind deren Entscheidungen nur, wenn sie nicht zwischenzeitlich über das Denken der anderen Populationsmitglieder unterrichtet werden... Technisch gibt es sehr wohl Unterschiede zwischen unseren KKWs und den unter dem Sowjet-System fehlgeleiteten, über-ehrgeizigen Tschernobyl-Ingenieuren mit ihrem damals schon veralteten Material bzw. dem klar in Erdbebengefahr positionierten KKWs in Japan. Und sicherer hinsichtlich Reaktorunfällen leben wir mit den KKWs an unseren Grenzen auch nicht. Dafür muss zunächst mal wieder mehr Kohle und Gas ran, oder will man Züge, Fabriken mit Wind- und Solarenergie betreiben? Nun ja, 2010 gab es ein Rekordhoch an Klimagasen, 1,6 Gigatonnen mehr als 2009, insgesamt 30,6 Gigatonnen. Zwei-Grad-Klimaerwärmungsgrenze ade kann man da nur sagen.

Schätzen wir die Zukunft jetzt also besser ein? Ich war Anfang Mai auf einer EU-Tagung in Budapest (FET11), wo Flagship-Kandidaten vorgestellt wurden (s.S. 206-208). Zehn Jahre lang will man zwei Forschungsrichtungen mit 100 Millionen Euro fördern – pro Jahr! Und was war der Eindruck? Vernunftbegabte, fühlende Roboter, selbstorganisierende Sensornetze, die die Gesundheit von Menschen überwachen, die Simulation des Menschlichen Gehirns, und das alles – und noch viel mehr aus den Bereichen Quantenkommunikation, Materialien (Graphen) – soll es in zehn, elf, zwölf Jahren geben; da fällt einem schon mal die Kinnlade runter. Ich denke, hier kommt unsere Zukunftslenkung noch mehr unter die Räder. Vielleicht regieren ja Marktmechanismen: Nicht Technikfolgenabschätzungs-Forschungen, Ethik-Kommissionen, Gesetzesinitiativen, sondern der Kapitalmarkt und Versicherungen werden unseren Alltag lenken. Beispiel automatisches Fahren: Fahrassistenz-Systeme, die Verkehrsschilder lesen, Abweichungen von der Fahrbahn entdecken, sind heute bereits verfügbar. In 30 Jahren werden Versicherungen sagen: *Sie können gerne selbst fahren. Ihre Prämie beträgt dann 3000 Euro pro Jahr. Lassen Sie den Autopiloten ihres Fahrzeugs fahren zahlen Sie nur 800 Euro – weil es da entsprechend weniger Unfälle gibt.*

Nun, die CLB wird Sie auf dem Laufenden halten, auch über sehr zukunftsorientierte Themen,

Ihr

INHALT

Aufsätze

| | |
|--|------------|
| Stromstörer in Laborgeräten Vorteile durch effizientes Vermischen | 192 |
| Methodentransfer in der HPLC Zu hohen Aufwand vermeiden | 198 |

Rubriken

| | |
|--------------------------|------------|
| Editorial | 185 |
| Impressum | 187 |
| F & E im Bild | 187 |
| Unternehmen | 188 |
| Personalia | 190 |
| Nachschlageseite | 197 |

| | |
|---|------------|
| Aktuelles Ereignis | 202 |
| Marktheidenfelder Schüler: Lehrplan Bionik Dr. Heinrich Netheler Stiftung verleiht zum zweiten Mal einen Preis | |

| | |
|---|------------|
| Aktuelles Ereignis | 204 |
| Der Preis geht in diesem Jahr nach Holland – Eppendorf Young Investigator Award 2011 am EMBL in Heidelberg verliehen | |

| | |
|--|------------|
| Umfeld Wissenschaft | 206 |
| Der Milliardenpoker der Forscher hat begonnen FET11 in Budapest: EU startet Wettbewerb um Flagship-Projekte | |

| | |
|---------------------------------|---------------|
| Forschung und Technik | 210 |
| Der neueste Stand | 211 |
| Literatur | 212 |
| Neue Produkte | 214 |
| Bezugsquellenverzeichnis | 231 |
| CLB-Geschichte | U2, U3 |



Zum Titelbild: Das Bild bezieht sich auf den Artikel über die Tagung FET11 ab Seite 206. Um Fördermittel im Milliarden Euro-Rahmen bewirbt sich u.a. ein Projekt zu intelligenten Robotern. Das Bild zeigt den Roboter-Torso ECCE1, dessen Bewegungsapparat möglichst nahe an dem des Menschen nachempfunden ist (Foto: Kickuth).

Erreichen & Erhalten

| | |
|---|------------|
| Rückstands-Überschreitungen nehmen stetig ab BVL-Berichterstattung zu Pflanzenschutzmittelrückständen 2009 | 216 |
|---|------------|

| | |
|--|------------|
| Kein Brom auf Lager Small Scale Hands-on zum rotbraunen Gift T+ | 218 |
|--|------------|

| | |
|---|------------|
| Phosphor-Recycling macht Fortschritte Pilotanlage zur Rückgewinnung von Phosphor aus Abwasser in Betrieb | 229 |
|---|------------|

| | |
|---|------------|
| Kernresonanzspektroskopie Mehrere richtige Antworten pro Frage sind möglich. | 230 |
|---|------------|



Blühendes Leben im Extremen

Auf 4505 Metern über dem Meeresspiegel, rund 40 Meter unter dem Berggipfel des im Kanton Wallis gelegenen Doms (kleines Bild: Gipfel 4545 m), wurden kürzlich üppig blühende Kissen des Gegenblättrigen Steinbrechs (*Saxifraga oppositifolia*) entdeckt (Pfeile: Pflanzenfund). Beim Gegenblättrigen Steinbrech am Dom handelt es sich damit um die höchstgelegenen Blütenpflanze, die je in Europa dokumentiert wurde, und der Fundort ist vermutlich **der kälteste Standort der Welt, an dem eine Blütenpflanze gefunden wurde**. Christian Körner, Professor am Botanischen Institut der Universität Basel, erfasste mit einer automatischen Temperatursonde auch den Jahresgang der Temperatur. Während der etwa zweimonatigen, zeitweise schneefreien Periode liegt die Durchschnittstemperatur zwischen den Felsblöcken bei drei Grad Celsius. In jeder Nacht frieren die Pflanzen ein. Bei Sonnenschein kann sich die Nische für kurze Zeit bis auf 18 Grad aufwärmen, obwohl die Lufttemperatur unter null Grad bleibt. Den Pflanzen genügen etwa 600 Stunden pro Jahr, in denen ihre Körpertemperatur drei Grad übersteigt. Im Himalaya gibt es noch auf 6300 m ü.M. Blütenpflanzen, aber dort sind die Temperaturen wärmer als am Dom, wie Körner in seiner Studie nachweist. Der Gegenblättrige Steinbrech gehört zur Familie der Steinbrechgewächse. Er hält jede denkbare Frosttemperatur aus, auch das Eintauchen in flüssigen Stickstoff. Die ältesten Pflanzenreste unter Mooskissen am Gipfel wurden mit der ^{14}C -Methode datiert; Ergebnis: es dauert rund 13 Jahre, bis in dieser Höhe tote Blättchen abgebaut werden. (Fotos: Maria Brassel).

Impressum

CLB
Chemie in Labor und Biotechnik

Verlag:
Agentur & Verlag Rubikon
für technische und wissenschaftliche
Fachinformation – Rolf Kickuth
Anschrift:
CLB, Agentur & Verlag Rubikon
Bammentaler Straße 6–8
69251 Gaiberg bei Heidelberg
Deutschland
E-Mail: redaktion@clb.de

Gründungsherausgeber:
Dr. Dr. h.c. Wilhelm Foerst (†)
Prof. Dr. Wilhelm Fresenius (†)

Herausgeber:
Prof. Dr. Dr. U. Fitzner, Ratingen
Prof. Dr. K. Kleinerhans, Düsseldorf,
Prof. Dr. J. Schram, Krefeld
Prof. Dr. Georg Schwedt, Bonn
Dr. Wolfgang Schulz, Stuttgart
Prof. Dr. G. Werner, Leipzig.

Redaktion:
Rolf Kickuth (RK, verantwortlich);
E-Mail: kickuth@clb.de,
Dr. Christiane Soigné-Stark
(CS, E-Mail: stark@clb.de).

Ständige Mitarbeiter:
Raymond Blavatt (Grafik) San Diego (USA);
Dr. Maren Bulmahn, Bensheim;
Knut Burgdorf, Ried-Brig (CH);
Prof. Dr. Wolfgang Hasenpusch, Hanau;
Dr. Mechthild Kässer, Diekholzen;
Dr. Annette von Kieckebusch-Gück, Liestal (CH);
Prof. Dr. Röbbbe Wünschiers, Quedlinburg.

VBTA-Verbandsmitteilungen:
Thomas Wittling,
Raiffeisenstraße 41, 86420 Diedorf
Telefon (0821)327-2330
Fax (08 23 8) 96 48 50
E-Mail: info@vbta.de

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

Abonnentenbetreuung:
Natalia Bajramovic
E-Mail: service@clb.de

Layout und Satz:
Agentur & Verlag Rubikon
Druck: Printec Offset, Ochshäuser Straße
45, 34123 Kassel

CLB erscheint monatlich.
© 2011 Agentur und Verlag Rubikon
Rolf Kickuth

Bezugspreise:
CLB Chemie in Labor und Biotechnik
Einzelheft – außerhalb des Abonnements
– 14,00 Euro, im persönlichen Abonne-
ment jährlich 109,00 Euro zuzüglich Ver-
sandkosten; ermäßigter Preis für Schüler,
Studenten und Auszubildende (nur ge-
gen Vorlage der Bescheinigung) jährlich
79,45 Euro zuzüglich Versandkosten, in-
kl. 7% MWSt. Ausland sowie Firmenbzw.
Bibliothekenabonnements 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 Kün-
digung erfolgt.

Erfüllungsort ist Heidelberg. Mitglieder
des VBTA, des VCO sowie des VDC erhal-
ten die CLB zu Sonderkonditionen.

Anzeigenpreisliste:
Nr. 46 vom 01. 12. 2006.

Bei Nichterscheinen durch Streiks oder
Störung durch höhere Gewalt besteht kein
Anspruch auf Lieferung.
Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen
einzelnen Beiträge und Abbildungen sind
urheberrechtlich geschützt. Jede Verwer-
tung außerhalb der engen Grenzen des
Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustim-
mung des Verlags unzulässig und straf-
bar.
Für die Rückgabe unverlangt eingesand-
ter Buchbesprechungs-exemplare kann
keinerlei Gewähr übernommen werden.

ISSN 0943-6677



NACHRICHTEN & NOTIZEN

Bayer MaterialScience will die Produktion für Polycarbonat am Standort Krefeld-Uerdingen stark ausbauen. In den kommenden vier Jahren soll die aktuelle Kapazität schrittweise auf 400 000 Tonnen pro Jahr angehoben werden. Die aktuelle Nennkapazität beträgt 330 000 Jahrestonnen. In Summe will das Unternehmen rund 90 Millionen Euro in das Projekt investieren. Um eine energieeffiziente Chlorversorgung sicherzustellen, werden der Anlagenteil, der Chlor noch mithilfe des Quecksilberverfahrens produziert, 2012 abgestellt und neue Chlorkapazitäten auf Basis des modernen Membranverfahrens errichtet.

Lanxess investiert 17 Millionen Euro in die Erweiterung seiner Produktionskapazitäten für Polychloropren-Festkautschuk. Der Ausbau am Standort Dormagen wird voraussichtlich Ende 2012 abgeschlossen sein und die Produktionsleistung um 10 Prozent auf 63 000 Jahrestonnen steigern.

Victrex Polymer Solutions baut in Japan ein weiteres Technologie-Zentrum auf. Das nach China und Großbritannien dritte Technologie-Zentrum hat die Aufgabe, Anfragen japanischer Kunden schneller zu beantworten.

BASF wird die weltweit größte einsträngige Produktionsanlage für TDI (Toluoldiisocyanat) in Europa bauen. Die Anlage wird über eine Jahreskapazität von 300 000 Tonnen verfügen und vollständig mit den Produktionsanlagen für die benötigten Vorprodukte integriert sein. Die TDI-Anlage wird entweder in Antwerpen oder in Ludwigshafen gebaut und ab 2014 produzieren; das wird in Kürze entschieden. Die Planungen für die TDI-Anlage sind bereits angelaufen. TDI ist ein wichtiger Ausgangsstoff für Polyurethane.

QuantaRed Technologies GmbH, Wien, hat die staatliche norwegische Ölgesellschaft Statoil ASA als Kunden gewonnen. Der Öl- und Gasriese hat sich nach einer intensiven Phase der Evaluierung für ein erstes Quantenkaskadenlaser-Messgerät zur Analyse der Wasserqualität entschieden. Das Messgerät erlaubt die Messung der Konzentration von Kohlenwasserstoffen im Abwasser von Bohrseln. Bisher musste diese in aufwändigen Laboranalysen an Land gemacht werden.

BIS Industrietechnik Salzburg, eine Tochtergesellschaft der Bilfinger Berger Industrial Services Group, wurde von der US-Biotechfirma Genzyme mit der mechanischen Installation einer Produktionsanlage für die Herstellung eines Wirkstoffs zur Behandlung von Morbus Pompe beauftragt. Der Auftrag hat ein Volumen von insgesamt 30 Millionen Euro. Die Anlage wird im belgischen Geel errichtet.

Portmann Instruments AG (PIAG), Biel (Schweiz), geht eine Allianz mit Rhenovia Pharma SAS ein. Das Biotech-Unternehmen konzentriert sich auf die Entwicklung und Optimierung von Medikamenten zur Behandlung von Erkrankungen des zentralen und peripheren Nervensystems. Als Teil der Zusammenarbeit mit Rhenovia hat PIAG eine spezielle Einheit und ein ultra-modernes Labor für physikalische und chemische Analysen errichtet. Es hilft u.a., Biosimulationsprogramme zu validieren.

M&A in Q1 fast 80 Prozent höher China investiert verstärkt in Chemieunternehmen

In der Chemieindustrie ist der Gesamtwert der Fusionen, Übernahmen und Beteiligungen im ersten Quartal 2011 stark gestiegen. Das Volumen der weltweit angekündigten M&A-Deals legte gegenüber dem Vergleichszeitraum 2010 um fast 80 Prozent auf 41 Milliarden US-Dollar zu. Die absolute Zahl der Transaktionen (ab einem Volumen über 50 Millionen US-Dollar) stieg von 274 Deals im ersten Quartal 2010 auf 293. Zu diesem Ergebnis kommt die aktuelle Analyse Chemical Compounds der Wirtschaftsprüfungs- und Beratungsgesellschaft PwC.

Bemerkenswert ist die deutliche Zunahme der Mega-Deals mit Volumina von mindestens einer Milliarde US-Dollar. Im ersten Quartal 2011 gab es acht Transaktionen dieser Größenklasse, verglichen mit 14 im Gesamtjahr 2010 (ohne die mittlerweile abgesagte Übernahme von Potash durch BHP Billiton).

„Das Transaktionsgeschehen in der Chemiebranche folgt dem typischen konjunkturellen Muster. Während in Abschwungphasen eher kleinere Deals von strategischen Investoren abgeschlossen werden, wächst im Aufschwung das Interesse an größeren Übernahmen, auch von Seiten der Finanzinvestoren. Angesichts der anhaltend positiven Nachfrageentwicklung in der Industrie rechnen wir daher für das Gesamtjahr 2011 mit einer sehr starken M&A-Bilanz“, kommentiert Dr. Volker Fitzner, verantwortlicher Partner für den Bereich Chemicals Advisory bei PwC weltweit.

Finanzinvestor als Katalysator

Finanzinvestoren beteiligten sich im ersten Quartal 2011 mit rund 9,2 Milliarden US-Dollar in der

Chemiebranche. Dies entspricht einem Anteil von fast einem Viertel des gesamten Transaktionsvolumens. Im ersten Quartal 2010 belief sich die Quote demgegenüber nur auf 11 Prozent. Der mit Abstand größte seit Jahresbeginn 2011 angekündigte Deal unter Beteiligung eines Finanzinvestors ist die Übernahme von Lubrizol durch Berkshire Hathaway im Volumen von knapp 8,8 Milliarden US-Dollar.

Nachdem viele Fonds und Private-Equity-Gesellschaften ihr Kapital während der zurückliegenden Krise zur Sanierung von Portfoliogesellschaften einsetzen mussten, gibt es nunmehr Spielraum für neue Beteiligungen. Dazu tragen auch die verbesserten Finanzierungsbedingungen bei.

Wieder mehr grenzüberschreitende Deals

Mit dem Ende der Krise gewinnt auch die Konsolidierung der Chemiebranche über Staatsgrenzen hinweg wieder an Tempo. Insbesondere chinesische Unternehmen investieren stark im Ausland. Das Volumen der Transaktionen mit Ziel außerhalb Chinas lag mit gut 3,8 Milliarden US-Dollar bereits zum Ende des ersten Quartals 2011 fast auf dem Niveau des gesamten Vorjahres (knapp 4,0 Milliarden US-Dollar) und deutlich über dem Gesamtjahreswert 2009 (rund 3,3 Milliarden US-Dollar).

Investoren aus Nordamerika beteiligten sich mit 1,9 Milliarden US-Dollar an Unternehmen außerhalb der Heimatregion, während die weitaus meisten Transaktionen mit europäischem Bieter auch ein europäisches Unternehmen zum Ziel hatten.

Die aktuelle Analyse Chemical Compounds ist verfügbar unter: www.pwc.com/us/en/industrial-products/publications/chemical-compounds.jhtml.

Biokunststoffe knacken 2011 die 1-Mio-t-Marke Europa größter Absatzmarkt – immer mehr Anwendungsgebiete

Die weltweiten Produktionskapazitäten für Biokunststoffe werden sich zwischen 2010 und 2015 mehr als verdoppeln. Voraussichtlich bereits 2011 überschreiten die Kapazitäten die 1-Million-Tonnen-Schwelle. Dies besagt eine aktuelle Studie, die der Branchenverband European Bioplastics in Kooperation mit der FH Hannover auf der Interpack in Düsseldorf präsentiert hat.

Von rund 700 000 Tonnen im Jahr 2010 steigt die Produktionskapazität für Biokunststoffe voraussichtlich auf rund 1,7 Millionen Tonnen bis 2015. Im laufenden Jahr zeichnet sich zudem eine bedeutende Schwelle ab: Bereits im ersten Halbjahr 2011 bestehen Produktionskapazitäten für über 900 000 Tonnen. Die Millionen-Tonnen-Marke ist nah und könnte noch dieses Jahr von der Biokunststoffindustrie überschritten werden. „Der erfreulich positive Trend der Produktionskapazitäten lässt uns vermuten, dass die vorgelegten Zahlen in den kommenden Jahren sogar übertroffen werden“, erklärt Hasso von Pogrell, Geschäftsführer von European Bioplastics.

Ein weiterer Wandel zeigt sich bei der Zusammensetzung des globalen Produktionsvolumens ab. 2010 stellte die Biokunststoffbranche mit rund 400 000 Tonnen überwiegend biologisch abbaubare Materialien her (vgl. 300 000 Tonnen biobasierter Standardkunststoffe). Dieses Verhältnis kehrt sich – trotz allgemeinen Wachstums – in den kommenden Jahren um: „Unsere Marktstudie zeigt, dass die biobasierten Standardkunststoffe 2015 den Großteil der Produktionskapazitäten mit insgesamt rund einer Million Tonnen stellen werden. Die biologisch abbaubaren Materialien wachsen jedoch ebenfalls deutlich, und stehen dann bei etwa 700 000 Tonnen“, erklärt Professor Hans-Josef

Endres von der Fachhochschule Hannover.

Grundlegend für das rasante Wachstum ist die rasche Ausbreitung von Biokunststoffen in immer mehr Anwendungsgebieten. Von Verpackungen über den Automobilbereich bis zu Spielzeugen, Teppichen und elektronischen Komponenten – Biokunststoffe sind gefragt wie nie. Die stark wachsende Gruppe biobasierter Standardkunststoffe finden z. B. im Verpackungsmarkt starken Anklang. Mehrere große Markenartikler, wie Danone, und Coca-Co-

la, haben Produkte auf den Markt gebracht.

Europa ist der weltweit größte und interessanteste Absatzmarkt für Biokunststoffe und führend in Forschung und Entwicklung. Die Menge der Produktionsanlagen wächst hingegen in Asien und Südamerika am stärksten. Die Wettbewerbsfähigkeit europäischer Industriestandorte muss daher durch verbesserte Rahmenbedingungen gestärkt werden. European Bioplastics fordert die Politik zur Unterstützung der heimischen Biokunststoffindustrie auf.

6,13 Mrd. Euro in Laborbranche Umsatz stieg um acht Prozent – gute Aussichten

„Die Analysen-, Bio- und Labortechnik hat die Finanz- und Wirtschaftskrise überwunden und ist zurück in der Erfolgsspur.“ Das ist zusammengefasst die Bilanz der Branche, jetzt der Fachverband Analysen-, Bio- und Labortechnik beim Industrieverband „Spektaris“ vorlegte.

Der Umsatz der rund 330 deutschen Unternehmen stieg im vergangenen Jahr um knapp acht Prozent auf 6,13 Milliarden Euro zu. Auch für das laufende Jahr ist der Verband optimistisch. Man erwartet eine erneute Steigerung des Branchenumsatzes um durchschnittlich sechs Prozent.

Knapp die Hälfte des Umsatzes – etwa 2,86 Milliarden Euro – erzielten die Unternehmen der Analysen-, Bio- und Labortechnik (ABL) im Inland. Hier wuchs der Markt um fünf Prozent. Wachstumstreiber war in 2010 aber vor allem das Auslandsgeschäft. Die Exporte legten um elf Prozent auf 3,27 Milliarden Euro zu. Die Exportquote stieg damit auf knapp 54 Prozent. Mit dem Wachstum stieg auch die

Zahl der Mitarbeiter in der Branche – um 3,7 Prozent auf 35 700.

Die wirtschaftliche Erholung zahlreicher Anwendermärkte der ABL-Branche nach der Finanz- und Wirtschaftskrise war nach Auffassung des Verbandes Hauptursache für den Aufschwung, etwa in der Chemie-Industrie. Die durch die Krise verursachte Investitionszurückhaltung habe sich aufgelöst. Im Ausland gelte dies insbesondere für Asien, wo die Geschäfte kräftig wuchsen. Um 29 Prozent haben die ABL-Ausfuhren nach Asien zugelegt, insgesamt gingen rund ein Viertel der Exporte in diese Region. Allein die Ausfuhren nach China sind um mehr als 40 Prozent auf 772 Millionen Euro angestiegen. Die Volksrepublik ist damit hinter den USA die Nummer zwei der Top-Exportnationen. Großer Zuwächse verbuchten auch Brasilien (+38 Prozent) und Indien (+23 Prozent). Größte Zielregion für die deutschen Exporte bleibt aber weiterhin die Europäische Union mit einem Anteil von 36 Prozent. Hier gab es in 2010 einen Zuwachs um elf Prozentpunkte.

DPG Die Heidelberger Professorin für Experimentalphysik **Johanna Stachel** (57) wird ab April 2012 Präsidentin der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG). Mit der 56-jährigen Kern- und Teilchenphysikerin wird erstmals eine Frau die Leitung der weltgrößten physikalischen Fachvereinigung übernehmen. Sie löst den amtierenden DPG-Präsidenten Wolfgang Sandner ab, der dann turnusgemäß in die Position des Vizepräsidenten wechselt.

INVITE **Dr. Thomas Bieringer** (43) wird neuer Geschäftsführer der Forschungsgesellschaft Invite GmbH. Diese arbeitet an neuen Produktionskonzepten für die Fabrik der Zukunft. Der promovierte Physiker löst Michael Lorenz (47) ab, der seit Gründung des Joint Ventures von Bayer Technology Services (BTS) und der Technischen Universität Dortmund in 2010 als Geschäftsführer für das Technologiezentrum im Chempark Leverkusen verantwortlich war. Das neue Technologiezentrum wird im September 2011 offiziell eingeweiht.

NÜRNBERGMESSE Der Aufsichtsrat der NürnbergMesse ernannte **Dr. Roland Fleck** (49, berufsmäßiger Stadtrat und Wirtschaftsreferent der Stadt Nürnberg) und **Peter Ottmann** (44, Dipl.-Kaufmann und Kommunikationsexperte bei NürnbergMesse) einstimmig zu neuen Geschäftsführern der NürnbergMesse. Beide werden Anfang August ihre Arbeit als Doppelspitze aufnehmen. Die beiden Messe- und Wirtschaftsexperten haben bereits über Jahre hinweg die Entwicklung des Messe- und Kongressstandorts Nürnberg in unterschiedlichen Funktionen erfolgreich mitgestaltet.



Fleck

Ottmann



Bieringer



Stachel



Grundmann



Treiber



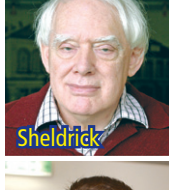
Knebel



Petrich



Sheldrick



Boztug



Klein

EHRUNGEN

Prof. Dr. Michael Neumaier, Direktor des Instituts für Klinische Chemie am Mannheimer Universitätsklinikum, erhält dort den mit 5000 Euro dotierten **Abott Award**. Die Fachgesellschaft International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (IFCC) ehrt damit Ärzte und Wissenschaftler, die wichtige Beiträge zur Molekular-Diagnostik geleistet haben. Professor Neumaier leitet eines der traditionsreichsten deutschen Kliniklaboratorien und ist Baden-Württembergs einziger Lehrstuhlinhaber für dieses Fachgebiet.

Der mit 50 000 Euro dotierte **Communicator-Preis** der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft geht in diesem Jahr an den Direktor des Max-Planck-Instituts für Bildungsforschung, Berlin, **Prof. Gerd Gigerenzer** (63). Der Psychologe und Risikoforscher, der zugleich Direktor des 2008 neu gegründeten Harding-Zentrums für Risikokompetenz in Berlin ist, wird für seine Fähigkeiten ausgezeichnet, zentrale Themen wie die Kunst des Entscheidens und den Umgang mit Risiken und Unsicherheiten einer breiten Öffentlichkeit nahezubringen. Die Jury hob besonders hervor, dass sich Gigerenzer nicht auf reine Informationsvermittlung beschränke, sondern pro-aktiv auch Praktiker wie Richter, Ärzte und Manager im In- und Ausland in Risikokommunikation und Entscheidungsfindung trainiere.

Die European Molecular Biology Organization (EMBO) hat **Simon Boulton** (38) vom Cancer Research UK's London Research Institute zum Gewinner der mit 10 000 Euro dotierten **EMBO Gold Medal 2011** erklärt. Boulton wird für seine neuen Erkenntnisse bezüglich DNA-Reparaturmechanismen geehrt; dazu etablierte er ein *C. elegans*-Wurm-Modell, um Genom-basierte Instabilität zu untersuchen.

Dr. Joachim Knebel, Chief Science Officer am Karlsruher Institut für Technologie und Sprecher des Helmholtz-Programms Nukleare Sicherheitsforschung, wurde mit dem **Europäischen Wissenschafts-Kulturpreis 2011** der Europäischen Kulturstiftung Pro Europa ausgezeichnet. Damit wurden seine wissenschaftlichen Verdienste um die Technologie ‚Partitioning und Transmutation‘ zur Reduzierung der Radiotoxizität des hochradioaktiven Abfalles und der damit verbundenen Schließung des nuklearen Brennstoffkreislaufes gewürdigt.

Für seine Verdienste um die Aufklärung von Kristallstrukturen wird der Chemiker **Prof. George M. Sheldrick** (69) vom Institut für Anorganische Chemie der Universität Göttingen mit dem **Ewald Prize der International Union of Crystallography** ausgezeichnet. Der Preis ist mit insgesamt 30 000 US-Dollar dotiert und wird alle drei Jahre verliehen. Mit Prof. Sheldrick wird das erste Mal ein in Deutschland tätiger Wissenschaftler geehrt. Er erhält die Auszeichnung gemeinsam mit Prof. Eleanor Dodson von der University of York in England und Prof. Carmelo Giacovazzo von der italienischen Universität Bari.

Dr. Nicolai Treiber, Arzt in der Klinik für Dermatologie und Allergologie am Universitätsklinikum Ulm, erhielt den mit 5000 Euro dotierten **„Young Investigator Award“**. Herr Dr. Treiber konnte mit seiner Arbeit die Bedeutung der oxidativen Schädigung des Bindegewebes für die Alterung verschiedener bindegewebsreicher Organe wie Haut, Knochen und Muskelgewebe herausarbeiten. So ergeben sich klinisch relevante Möglichkeiten zu einem vertieften Verständnis von Alterungsvorgängen, deren Prävention und zur Therapie. Der Preis wird von La Roche-Posay Laboratoire Dermatologique seit 2003 ausgeschrieben und unterstützt die Forschungsarbeit auf dem Gebiet der Hautalterung.

Prof. Immanuel Bloch, Direktor am Max-Planck-Institut für Quantenoptik (MPQ) und ordentlicher Professor für Experimentalphysik an der Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU), wird von der Europäischen Physikalischen Gesellschaft (EPS) mit dem „**2011 Prize for Fundamental Aspects of Quantum Electronics and Optics**“ ausgezeichnet. Der Preis wird ihm für „Forschungsarbeiten bei der Untersuchung von Quanten-Vielteilchensystemen aus ultrakalten Quantengasen für Quantensimulationen und Anwendungen in der Quanteninformatonsverarbeitung“ verliehen.

Die Deutsche Gesellschaft für Innere Medizin (DGIM) zeichnete **Privatdozent Dr. Robert Zeiser** vom Universitätsklinikum Freiburg für seine Forschungsergebnisse in der Transplantationsmedizin mit dem mit 30 000 Euro dotierten **Theodor-Frerichs-Preis 2011** aus. Zeiser konnte zeigen, dass aus Gewebezellen von Leukämiepatienten, die eine Strahlentherapie durchlaufen haben, die Signalsubstanz Adenosintriphosphat (ATP) freigesetzt wird. Dadurch wird die Graft-versus-Host-Erkrankung (GvHD) verschärft. Im Tiermodell gelang es Zeiser und Kollegen auf zwei Wegen, die schädliche Wirkung von ATP zu verhindern.

Für die Entwicklung einer Gentherapie zur Behandlung der seltenen Immunkrankheit Wiskott-Aldrich-Syndrom wurden die Kinderärzte **Privatdozent Dr. med. Kaan Boztug** (Wien, zuvor Hannover) und **Prof. Dr. med. Christoph Klein** (München, zuvor Hannover) mit dem **Paul-Martini-Preis** geehrt. Das seltene Wiskott-Aldrich-Syndrom (WAS) ist eine schwere Störung des Immunsystems, verursacht durch ein defektes Gen auf dem X-Chromosom. Der mit 25 000 Euro dotierte Preis wird jährlich von der Paul-Martini-Stiftung, Berlin, für herausragende Leistungen in der klinisch-therapeutischen Arzneimittelforschung verliehen.

Der mit 15 000 Euro dotierte **Kaiser-Friedrich-Forschungspreis** zum Thema „Optische Sensorik“ geht in diesem Jahr an **Prof. Dr. Wolfgang Petrich**, Leiter der Arbeitsgruppe Biophotonik am Insitut für Physik der Universität Heidelberg. Sein prämiertes fasergebundener, optischer Sensor auf Basis der MIR-Spektroskopie mittels Quantenkaskadenlaser definiert sich durch das simple Sensorprinzip, die einfache Herstellbarkeit des Sensors und dessen Miniaturisierung sowie die gleichzeitig hohe Sensitivität. Ziel der Untersuchungen ist die minimalinvasive, kontinuierliche Überwachung des Glucosespiegels bei Diabetikern. Stifter des Preises ist der Goslarer Unternehmer Dr. Jochen Stöbich.

Prof. Dr. Jürgen Richter-Gebert, Lehrstuhlinhaber für Geometrie und Visualisierung an der Technischen Universität München, erhielt den **Ars legendi-Preis** für exzellente Hochschullehre 2011. Der vom Stifterverband mit 50 000 Euro dotierte und auf Vorschlag der Hochschulrektorenkonferenz (HRK) vergebene Preis wurde in diesem Jahr in der Mathematik und den Naturwissenschaften vergeben. Richter-Gebert wurde sowohl für seine fachwissenschaftliche Lehre als auch für seine vielfältige Unterstützung und Motivierung der Studierenden ausgezeichnet.

Dr. Rudolf Eidenschink erhielt von der Society for Information Display (SID) den **Karl-Ferdinand-Braun-Preis 2011**. Bei diesem Ehrenpreis handelt es sich um die höchste Auszeichnung der SID für Leistungen auf dem Gebiet der Displaytechnologie, und hier insbesondere um Flüssigkristalle für LCDs. Rudolf Eidenschink war von 1975-1987 in der LC-Forschung bei Merck tätig und gestaltete aktiv den Erfolgsweg der Flüssigkristall-Technologien mit. Er erfand Phenylcyclohexan- und Bicyclohexan-Flüssigkristalle, die später die Grundlage zur Entwicklung LC-Displays auf Basis von TFT (Dünnschichttransistoren) boten.

Der 46-jährige Physiker **Marius Grundmann** erhält von der Stadt Leipzig, der Universität Leipzig und der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig den mit 10 000 Euro dotierten **Leipziger Wissenschaftspreis 2011**. Grundmann hat eine neue Art von durchsichtigen bzw. unsichtbaren elektronischen Bauelementen entwickelt. Die mittlerweile patentierte Technologie beruht auf gleichrichtenden Metall-Halbleiter-Kontakten, die aus transparenten Materialien hergestellt wurden, so dünn, dass man durch sie hindurchsehen und sie auch einrollen kann. Damit eröffnen sich bisher ungeahnte Anwendungsmöglichkeiten wie Displays auf Fenster- oder Autoscheiben oder eine elektronische Tapete, die ihr Muster je nach Geschmack, Laune oder Tageszeit wechselt. Ein Handy könnte in Zukunft – bis auf die weiterhin sichtbare Batterie – wie eine Glasscheibe aussehen. Mechaniker hätten mit solchen Displays die Möglichkeit, gleichzeitig Bauteil und eingblendeten Bauplan zu sehen, und könnten so Reparaturen schneller und fehlerfreier vornehmen.

Ulrich Kohlenbach, Professor am Fachbereich Mathematik der TU Darmstadt, formuliert mathematische Beweise aus der Sicht des Logikers um und legt so neue, stärkere Aussagen frei. Dieser Beweis ist auch ohne Kenntnis der angewandten logischen Methoden verständlich. Er kann daher in den einschlägigen Zeitschriften des jeweiligen Anwendungsgebiets veröffentlicht werden. „Proof Mining“ heißt das Verfahren, welches auf Anwendungen der Logik innerhalb der Mathematik zielt. Die Logik spielt auch in der Informatik eine große Rolle, etwa in der künstlichen Intelligenz, bei automatischen Beweisen oder in der Semantik funktionaler Programmiersprachen. Für seine Arbeit ehren ihn die Kurt-Gödel-Gesellschaft und die John Templeton Foundation mit dem **Kurt-Gödel-Forschungspreis**, der mit 100 000 Euro dotiert ist.

Stromstörer in Laborgeräten

Vorteile durch effizientes Vermischen

Wolfgang Hasenpusch, Universität Siegen

Durchmischungen in Reaktoren verlaufen deutlich intensiver mit Stromstörern als in den laminaren Strömungen ohne diese Einbauten. Das ist in Industriereaktoren durchaus üblich, weniger jedoch in Laborgeräten von ein bis fünf Litern an Volumeninhalt. Dass sich aber auch im Laboratorium ein effizientes Vermischen mittels Stromstörern als sehr vorteilhaft erweist, soll anhand einiger Beispiele aufgezeigt werden.

Stromstörer

Der Vorgang des Mischens ist eine fundamentale Grundoperation in der chemischen Verfahrenstechnik. Je größer die Ausmaße eines Reaktors sind, desto intensiver müssen mechanische Kräfte in das Mischgut transportiert werden, um möglichst schnell eine homogene Verwirbelung zu erzeugen.

Bei schnellen Reaktionen in dünnflüssigen Medien ist eine Durchmischung, ein Auflösen oder eine chemische Reaktion leicht zu bewerkstelligen.

Wie aber sieht es bei langsamen Reaktionen in viskosen Medien aus? Da können Einbauten in das Lösegefäß gute Dienste leisten. Dienste, die dazu führen,

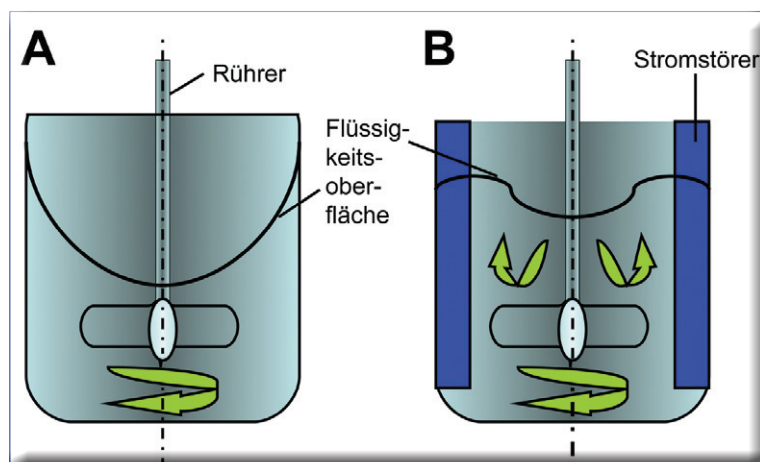
dass ein Lösevorgang beschleunigt abläuft oder dass eine Reaktion in deutlich kürzerer Zeit beendet ist. Damit lassen sich auch Operationen im Labormaßstab deutlich wirtschaftlicher gestalten.

Bei Misch-Operationen in Flüssigkeiten unterscheiden wir fünf unterschiedliche Rühraufgaben:

- Homogenisieren zweier oder mehrerer Flüssigkeiten, z. B. Salzsäure und Salpetersäure 3:1 zu „Königswasser“
- Emulgieren zweier oder mehrerer nicht miteinander mischbarer Flüssigkeiten, wie Öle in Wasser
- Suspendieren eines festen Pulvers in einer Flüssigkeit, wie beispielsweise Titandioxid-Nanopulver in Sonnenöl für hohe Lichtschutz-Faktoren
- Dispergieren eines Gases in einer Flüssigkeit, wie beispielsweise Chlor in Salzsäure, um selbst Gold und Platin zu lösen
- Intensivierung von Erwärmung oder Abkühlung, da der Wärmeübergang an der Gefäßwand verbessert wird.

Während für Industriereaktoren, in Abhängigkeit von den Medien, sehr unterschiedliche Rührertypen entwickelt wurden, überwiegt im Labor der KPG-Rührer

Abbildung 1: Reaktor ohne (A) und mit Stromstörern (B).



Der Autor

Prof. Dr. Wolfgang Hasenpusch, beschäftigt in der Chemischen Industrie als Referent für Sicherheit und Umwelt, hält darüber hinaus eine Honorar-Professur an der Universität Siegen in Industrieller Anorganischer Chemie mit den Schwerpunkten Innovationsmanagement, Recycling und Bionik. Das weite Spektrum an bearbeiteten Themen resultiert aus der vielfachen Dozenten-Tätigkeit am Deutschen Institut für Betriebswirtschaft, den Schulen der Berufsgenossenschaft Chemie sowie Universitäten.



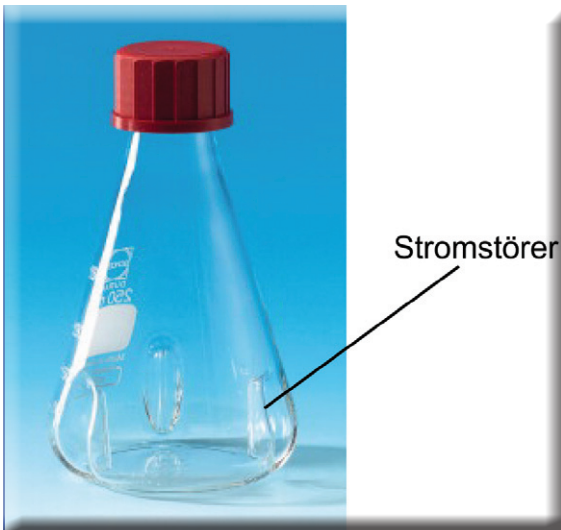


Abbildung 2: Erlenmeyer-Kolben mit Schikanen (Firma Roth).

(Kerngezogenes Präzisionsglasgerät) sowie heute noch stärker der Magnetrührer.

Ein Ultraturax-Mischer dient zum brachialen Durchmischen viskoser Materialien. Noch seltener sind Knet- oder Walzenstühle zum Durchmischen hochviskoser Komponenten, wie Farbpigmente in Wachse und Gummi-Rohstoffe.

Bei zentralachsigen, radialfördernden Rührern, zu denen auch die Labor-Magnetrührer zählen, verbessern Stromstörer die Durchmischung, weil sie das Mitrotieren der Flüssigkeit verhindern. Sie erhöhen die Relativgeschwindigkeit zwischen Rührer und der Flüssigkeit erheblich (Abbildung 1).

Labor-Stromstörer

Der Markt hält heute einige Variationen an Laborstromstörern vorrätig, die sich grundsätzlich dadurch unterscheiden, dass sie zum einen fest in einen Kolben oder Becherglas herstellseitig integriert wurden, zum anderen in das Rührgefäß eingesetzt oder angeklemt werden.

Es versteht sich von selbst, dass die fest eingebauten Stromstörer weder an Höhe, noch an Breite, noch an der Anzahl der Einbauten variabel sind. Zudem sind sie entsprechend teurer, da es sich hier um speziell angefertigte Apparaturen handelt. Als Beispiel soll ein Erlenmeyer-Kolben der Firma Roth, Karlsruhe, dienen, bei dem der untere Teil des Kolbens drei seitliche Eindellungen (Schikanen) nach innen erfahren hat, die eine Stromstörer-Funktion übernehmen sollen (Abbildung 2).

Anders verhält es sich mit den angeklebten Stromstörern, den Stromstörer-Clips: Sie sind sowohl vom Material als auch von der Dimensionierung flexibel einsetzbar.

In Zusammenarbeit mit dem Laborausstatter Bürkle, Bad Bellingen, wurde in den letzten Jahren ein spe-

zielles Stromstörer-Design entwickelt, das bereits auf dem Markt Einzug fand.

Es handelt sich um Kunststoff-Clips in zwei Größen-Ausführungen für Bechergläser bis zu 2 Liter sowie für Gefäße bis zu 5 Liter. Die Stromstörer-Blätter sind vertikal verschiebbar ausgeführt (Abbildung 3 a-c).

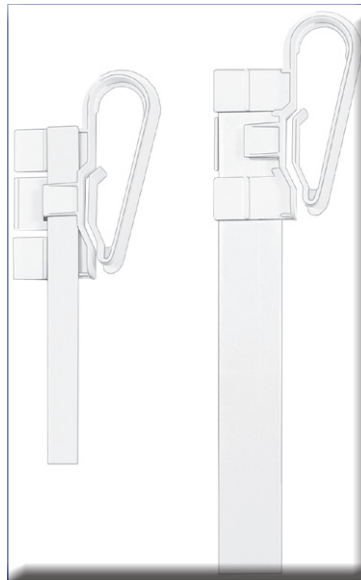


Abbildung 3a: Stromstörer-Clips mit verschiebbaren Blättern (Firma Bürkle).



Abbildung 3b: Einsatz der Stromstörer-Clips (Firma Bürkle).



Abbildung 3c: Turbulente Durchmischung mit einem Stromstörer-Clip (Firma Bürkle).

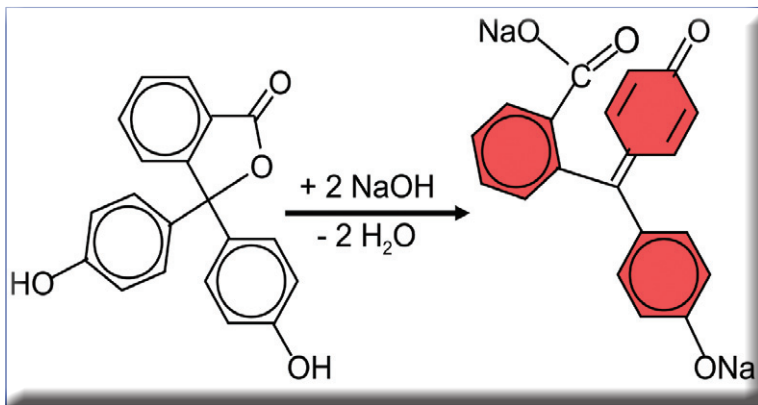


Abbildung 4: Farbumschlag des Phenolphthaleins im Alkalischen zum Kaminrot.

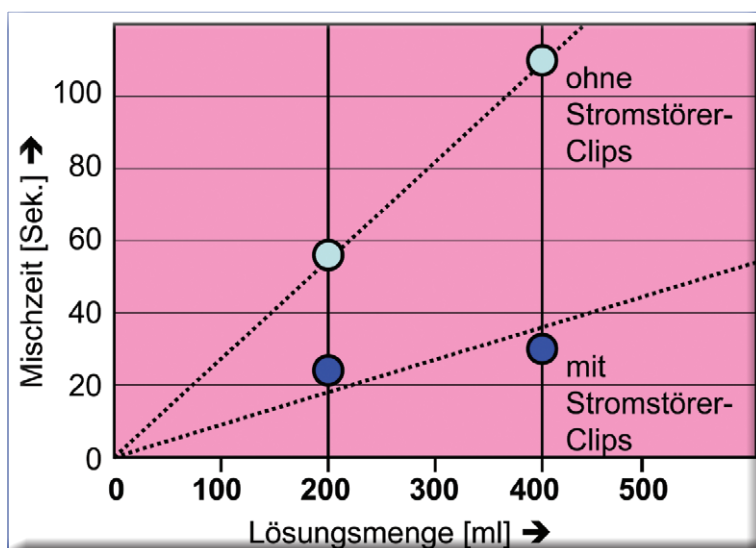
Effektivität von Labor-Stromstörern

Die verbesserte Rührleistung mit Stromstörern auch im Laborbereich soll an einigen Versuchen demonstriert werden. Sie wurden im Rahmen einer Staatsexamensarbeit an der Universität Siegen von Hanna M. Schütz unter Anleitung von Prof. Dr. Martin Gröger, Chemiedidaktik, durchgeführt.

Färben einer wässrigen Lösung

In Eiswasser aus dem Laborkühlschrank von etwa 4°C, in das Natronlauge bis zum pH-Wert = 9 titriert wird, lässt sich durch die Zugabe des farblosen Farbindikators Phenolphthalein (5 Tropfen) bis zu einer roten Lösung färben. Die Zeit zwischen Indikator-Zugabe und völliger schlierenfreier Vermischung zu einer homogenen kaminroten Farbe verweist auf die in Sekunden mit einer Stoppuhr registrierte Mischdauer. Zum Einsatz kommen Bechergläser mit und ohne zwei

Abbildung 5: Entfärbung von Phenolphthalein.



Stromstörer-Clips. Die Magnetrührer-Länge beträgt 35 mm.

Phenolphthalein ist ein farbloser Triphenyl-Indikator, der im pH-Bereich von 8,4 bis 10,0 nach kaminrot umschlägt. Die Färbung ist noch in einer Verdünnung 1: 1 Mio. zu erkennen. Die Färbung ist durch die chinoide Struktur im Alkalischen bedingt (Abbildung 4).

Als Lösungsmengen dienten 200 ml im 250 ml-Becher und 400 ml in 600 ml Becherglas.

Gemessen wurden Durchschnittszeiten aus drei Versuchen von 56 Sekunden für 200 ml Lösung ohne Stromstörer-Clip und 25 Sekunden für 200 ml Lösung mit Stromstörer-Clip sowie 111 Sekunden für 400 ml Lösung ohne Stromstörer-Clip und 32 Sekunden für 400 ml Lösung mit Stromstörer-Clip.

Die Durchmischung in derart geringen Volumina weist bereits sehr deutliche Vorteile bei der Verwendung von Stromstörern auf (Abbildung 5).

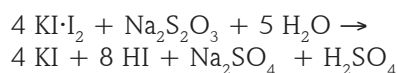
Geringere Unterschiede werden bei Verwendung von Erlenmeyerkolben und deren eingestülpte Variante ermittelt: Die Geometrie des Erlenmeyer-Kolbens bewirkt alleine eine verbesserte Durchmischung, auch ohne Stromstörer. Bei 400 ml Lösung verminderte sich die Mischzeit allerdings von 64 auf 25 Sekunden.

Das Eiswasser ließ die Abstände deutlich weiter auseinanderdriften. Bei Raumtemperatur fallen die Mischzeiten aufgrund der geringeren Viskosität deutlich schneller aus (Wasser von 4°C: 1,567 Centipoise; 25°C: 0,890 Centipoise).

Entfärben von Iod

Eine weitere Farbreaktion lässt sich sehr gut in einer Glycerin-Lösung verfolgen: Die Entfärbung des Iods durch Thiosulfat. 257,7 g Glycerin wird mit 3 ml Iod-Kaliumiodid zu einer braunen Lösung vermischt und mit 1 ml einer 0,1 m Natriumthiosulfat-Lösung versetzt.

Dabei läuft die folgende chemische Entfärbungsreaktion ab:



Die Zeit bis zur völligen, schlierenfreien Entfärbung wird in 600 ml Bechergläsern mit und ohne zwei Stromstörer-Clips gemessen.

Ohne Stromstörer dauert die Entfärbung im Becherglas länger als eine halbe Stunde, mit den beiden Stromstörer-Clips ist sie in 9,5 Minuten beendet.

Gerade in dieser viskosen Glycerin-Lösung ist der Einsatz der Stromstörer-Clips sehr vorteilhaft.

Die entsprechenden Versuche mit gleichen Mengen in entsprechenden Erlenmeyerkolben benötigen fast 15 Minuten bzw. 11 Minuten.

Lösen von Aluminium in Natronlauge

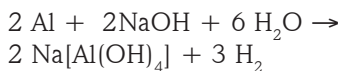
Zum Einsatz kommen 1,5 g Aluminium-Gries und 300g an 3 %-iger Natronlauge in 600 ml Bechergläsern mit und ohne zwei Stromstörer-Clips. Nach 20 Minuten wird das Aluminium abfiltriert, gewaschen, getrocknet und zurückgewogen.

Danach lösten sich mit Stromstörer 1,16 g Aluminium und ohne nur 1,07 g des Metalls, also 77 statt 71 %.

Analoge Ergebnisse erhält man in Erlenmeyerkolben.

Absolut gesehen wäre auch noch die Korngrößenverteilung des Al-Grieses von Bedeutung bzw. die aktive Oberfläche, um reproduzierbare Ergebnisse zu erzielen.

Die chemische Reaktion des Auflösens von Aluminium in Natronlauge verläuft nach der folgenden Reaktions-Gleichung:



Wegen des freiwerdenden Wasserstoffs sollte diese Reaktion auf kleine Mengen beschränkt bleiben oder mit entsprechender Vorsicht im Abzug mit offenem Reaktionsgefäß durchgeführt werden. Wasserstoff explodiert mit Zündquellen oder Katalysatoren in Luft bei einer Konzentration von 4 Volumen-Prozent!

Tabelle 1:
Gitterenergien einiger Salze (Handbook 70, D 100-102).

| Salz | Formel | Gitter-energie [kJ/mol] | Löslichkeit in H ₂ O [%], 20°C |
|----------------|---------------------------------|-------------------------|---|
| Lithiumfluorid | LiF | 1.036 | 0,28 |
| Lithiumchlorid | LiCl | 853 | 70 |
| Lithiumbromid | LiBr | 807 | 150 |
| Lithiumiodid | LiI | 757 | 165 |
| Natriumchlorid | NaCl | 786 | 36 |
| Lithiumnitrat | LiNO ₃ | 848 | 85 |
| Natriumnitrat | NaNO ₃ | 756 | 90 |
| Kaliumnitrat | KNO ₃ | 687 | 20 |
| Rubidiumnitrat | RbNO ₃ | 658 | 46 |
| Cäsiumnitrat | CsNO ₃ | 625 | 15 |
| Lithiumsulfat | Li ₂ SO ₄ | 2.142 | 25 |
| Natriumsulfat | Na ₂ SO ₄ | 1.938 | 10 |
| Kaliumsulfat | K ₂ SO ₄ | 1.796 | 10 |
| Rubidiumsulfat | Rb ₂ SO ₄ | 1.746 | 45 |
| Cäsiumsulfat | Cs ₂ SO ₄ | 1.658 | 170 |

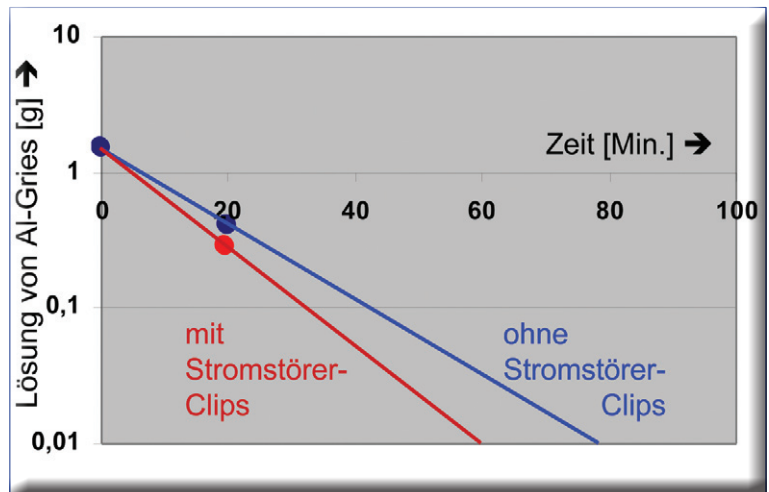


Abbildung 6: Lösen von Aluminium-Gries in Natronlauge.

Abbildung 6 zeigt in halblogarithmischer Darstellung den Unterschied der Lösegeschwindigkeit. Der Lösevorgang verläuft unter den gegebenen Bedingungen mit Stromstörer-Clips etwa 10 Minuten schneller. Er ist nach ungefähr 70 statt 80 Minuten ohne Stromstörer beendet.

Größere Vorteile bringen Stromstörer beim langsameren Reaktionen und längeren Lösezeiten sowie bei kalten und zähflüssigen Medien.

Lösen von Salzen

Auch das Auflösen von Salzen lässt sich als chemische Reaktion auffassen: Die Kationen und Anionen umgeben sich mit einer Hydrathülle. Das geschieht umso leichter, je schwächer die Gitterenergie des Kristalls ist und je niedriger die Hydratisierungsenergie der Kationen und Anionen ausfällt.

Tabelle 1 verweist auf einige Salzreihen mit ihren Gitterenergien und Löslichkeiten in Wasser.

Als Beispiel soll die Lösegeschwindigkeit von Natriumchlorid in Form von Winterstreusalz betrachtet werden: Gelöst werden sollen 120 g Salz in 600 ml Wasser im 2l-Becherglas mit und ohne zwei Stromstörerclips.

Nach einer Minute hatten sich ohne Stromstörer 15,1 g Natriumchlorid gelöst, nach drei Minuten 18,7 g. Mit den Stromstörern waren es entsprechend 17,0 g und 19,6 g Salz.

Die gelöste Salzmenge lässt sich über die Chlorid-Titration mit Silbernitrat gegen den Farbumschlag eines Kaliumchromat-Indikators oder auch potentiometrisch relativ exakt bestimmen.

Noch unkomplizierter und ohne Verwendung weiterer Hilfs-Chemikalien verläuft die physikalische Bestimmung der gelösten Natriumchlorid-

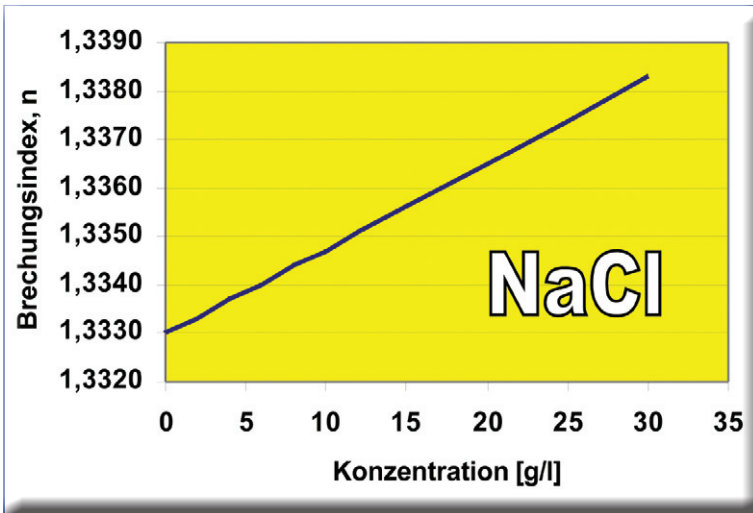


Abbildung 7: Bestimmung der NaCl-Konzentration über den Brechungsindex.

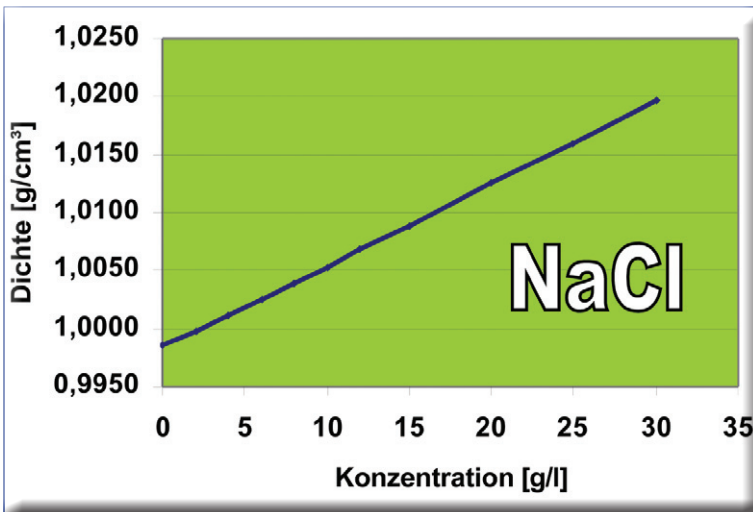
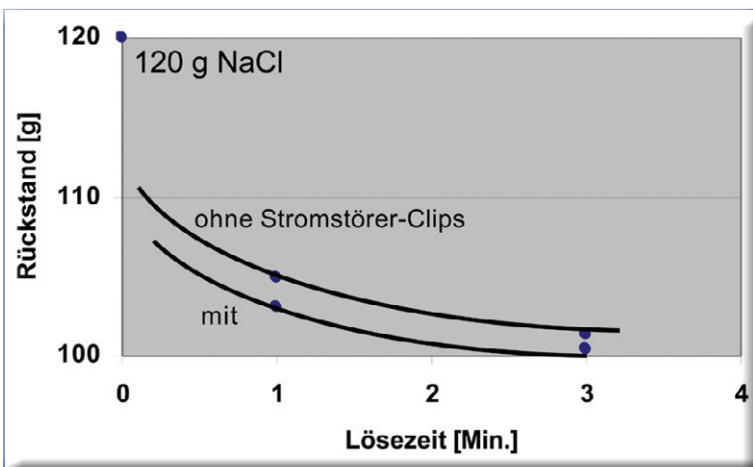


Abbildung 8: Bestimmung der NaCl-Konzentration mit der gespindelnden Dichte.

Abbildung 9: Lösen von Kochsalz mit und ohne Stromstörer-Clips.



Konzentration mit Hilfe eines Refraktometers (Abbildung 7) oder mittels einer Dichtespindel (Abbildung 8), wie sie auch von den Weinbauern zur Bestimmung der Öchsle-Grade (= Zuckergehalt) verwendet wird.

Nach einem anfangs schnellen Auflösen von feinem Salzabrieb, erfolgt das Auflösen der größeren Salzkristalle relativ langsam (Abbildung 9).

Zusammenfassung

Es zeigt sich auch bei Misch-, Reaktions- und Löseoperationen in Laboratorien und in Schulversuchen, dass die Dauer dieser Operationen mit Hilfe von Stromstörern deutlich verkürzt werden können. Das gilt umso mehr, wenn kalte, viskose und größere Mengen an Flüssigkeit im Spiel sind, die mit langsamer Rührgeschwindigkeit zu behandeln sind.

Das ist auch beim Kristallisieren empfindlicher Kristalle gegeben.

Schon bei vorbereitenden Arbeiten, wie beispielsweise das Auflösen von Salzen, Ätznatron-Plättchen (NaOH) oder Metall in Säuren kann der Einsatz von Stromstörern die Durchführungszeiten herabsetzen.

Partikel werden besser aufgewirbelt, Wärme besser von der Bodenheizplatte in das Reaktionsmedium transportiert oder im Falle einer Kühlung schneller aus dem Reaktorinhalt an die Kühlflächen herausgeführt.

Da die Stromstörer-Clips sehr einfach zu handhaben sind und nur ein paar Euros kosten, sollten sie für Schul-Experimente alleine aus didaktischen Erwägungen zum Einsatz kommen.

Für Arbeiten in Laboratorien bieten sie ebenfalls bei den verschiedenen Operationen eine verkürzte Durchführungszeit.

Dank

Frau Hanna M. Schütz gilt der Dank für die Durchführung zahlreicher Experimente mit und ohne Stromstörer-Clips der Firma Bürkle GmbH, Bad Bellingen, sowie für die Vergleichsmessungen in Erlenmeyerkolben mit und ohne Seiten-Einstülpungen der Carl Roth GmbH & Co. KG, Karlsruhe. Ihre Arbeiten dienen auch als Grundlage für die schriftliche Arbeit zur Ersten Staatsprüfung zum Lehramt GHR-HR in Chemiedidaktik mit Datum vom 31.05.2010 an der Universität Siegen unter Prof. Dr. Martin Gröger. **CLB**

| Molekulargewichte | | | | | | | Molekül- und Formelmassen, berechnet aus den relativen Atommassen |
|---|--------|-------------------|--------|-----------------------|--------|--------------------------------|---|
| Anorganische Stoffe | | Aminosäuren | | Nukleinsäure-Derivate | | Bioorganische Stoffe | |
| CO ₂ | 44,01 | Alanin | 89,09 | Adenin | 135,13 | Ameisensäure | 46,03 |
| CaCl ₂ | 110,99 | Arginin | 174,20 | Adenosin | 267,24 | Azetsäure | 60,05 |
| HCN | 27,03 | Asparaginsäure | 133,10 | ADP | 427,20 | Barbital | 184,19 |
| HCl | 36,46 | Cystein | 121,16 | AMP | 347,22 | Cyclohexylamin | 99,18 |
| HNO ₃ | 63,01 | Glutaminsäure | 147,13 | dAMP | 331,22 | EDTA | 292,25 |
| H ₂ O | 18,02 | Glyzin | 75,07 | ATP | 507,18 | Ethanol | 46,07 |
| H ₂ SO ₄ | 98,08 | Histidin | 155,16 | Cytosin | 111,10 | Glucose | 180,16 |
| H ₃ PO ₄ | 98,00 | Hydroxyprolin | 131,13 | Cytidin | 243,22 | Guanidin-HCl | 95,53 |
| KCl | 74,54 | Isoleuzin | 131,17 | CMP | 323,20 | HEPES | 238,33 |
| KCN | 65,11 | Leuzin | 131,17 | dCMP | 307,20 | Methanol | 32,04 |
| KSCN | 97,18 | Lysin | 146,19 | Guanin | 151,13 | NAD | 663,43 |
| KOH | 56,11 | Methionin | 149,21 | Guanosin | 283,24 | NADP | 743,11 |
| KH ₂ PO ₄ | 136,09 | Phenylalanin | 165,19 | GMP | 363,22 | Pyridin | 79,10 |
| MgSO ₄ ·7H ₂ O | 246,45 | Prolin | 115,13 | dGMP | 347,22 | Ribose | 150,13 |
| NH ₃ | 17,03 | Pyroglutaminsäure | 129,12 | Thymin | 126,11 | Tricin | 179,17 |
| NH ₄ Cl | 53,49 | Serin | 105,09 | dThymin | 242,23 | Triethylamin | 101,19 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 132,14 | Threonin | 119,12 | dTMP | 322,21 | Trimethylamin | 59,11 |
| NaCl | 58,44 | Tryptophan | 204,23 | Urazil | 112,09 | Tris | 121,14 |
| NaHCO ₃ | 84,01 | Tyrosin | 181,19 | Uridin | 244,20 | Urea | 60,06 |
| Na ₂ HPO ₄ ·2H ₂ O | 177,98 | Valin | 117,15 | UMP | 324,18 | Zitronensäure·H ₂ O | 210,14 |

CLB

FAX: 06223-9707-41

Wollen Sie die CLB nicht erst als 4., 5. oder 6. in Ihrer Firma lesen?

Für nur 109 Euro pro Jahr erhalten Sie als persönlicher Abonnent monatlich die CLB mit dem Ausbildungs- und Umweltbezogenen Teil Erreichen&Erhalten.

Abo-Bestellcoupon

- JA, ich möchte die CLB abonnieren. Ich erhalte als persönlicher Abonnent die CLB zunächst für ein Jahr (=12 Ausgaben) zum Preis von 109 Euro zzgl. Versandkosten (Inland: 13,60 Euro, Ausland: 24,40 Euro). Das Abonnement verlängert sich automatisch um ein weiteres Jahr, wenn es nicht bis acht Wochen vor Ende des Bezugsjahres gekündigt wird.

Datum / 1. Unterschrift

Name / Vorname

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

Straße / Postfach

Land / PLZ / Ort

Datum / 2. Unterschrift

Telefon oder e-Mail

Methodentransfer in der HPLC*

Zu hohen Aufwand vermeiden

Veronika R. Meyer

Manche HPLC-Analysen werden mit einem zu großen Aufwand betrieben. „Aufwand“ kann verschiedene bedeuten: zu lange Analysenzeit, unnötig große Auflösung oder zu hoher Verbrauch an mobiler Phase. In diesen Fällen könnte man die Methode optimieren. Manchmal stellen sich die gleichen Probleme, wenn die Analysen in einem anderen Labor durchgeführt werden sollen, das nicht die gleiche Auswahl an Säulen besitzt. Beim Methodentransfer sind einige physikalische Tatsachen zu beachten. Ohne ein bisschen Rechnen geht es nicht, aber mit den nachfolgenden Erläuterungen sollte dies nicht allzu schwierig sein. Dabei gibt es einfache und kompliziertere Fälle. Beginnen wir mit den einfachen.

Kürzere Säule verwenden

Für die quantitative Analyse ist bei benachbarten Peaks eine Auflösung von mindestens 1,3 notwendig, bei ungleich grossen Peaks allerdings viel mehr. Ist nun aber die Auflösung der zu quantifizierenden Peaks besser als nötig, so kann eine kürzere Säule (mit derselben stationären Phase und gleicher Packungsqualität) eingesetzt werden.

Die Auflösung R ist proportional zur Wurzel der Trennstufenzahl N , und letztere ist proportional zur Säulenlänge L_c . Es gilt also:

$$R \propto \sqrt{L_c}$$

Beispiel: Die kritische Auflösung (das heißt, die Auflösung des am schlechtesten aufgelösten Peakpaars von Interesse) beträgt aktuell 3,2, sie kann aber ohne Probleme auf 2,0 gesenkt wer-

den. Bisher wurde eine Säule von 15 cm Länge eingesetzt.

$$\frac{R_{\text{neu}}}{R_{\text{alt}}} = \frac{\sqrt{L_{c,\text{neu}}}}{\sqrt{L_{c,\text{alt}}}}$$

$$L_{c,\text{neu}} = \frac{R_{\text{neu}}^2 \cdot L_{c,\text{alt}}}{R_{\text{alt}}^2} = \frac{2,0^2 \cdot 15}{3,2^2} \text{ cm} = \mathbf{6 \text{ cm}}$$

Man wird mit der viel kürzeren Säule Analysenzeit und Lösungsmittel sparen.

Wird bei einer bestehenden HPLC-Apparatur eine kürzere Säule verwendet, so sind die externen Totvolumina kritisch zu beurteilen. Die Peaks werden nun in einem kleineren Volumen eluiert. Falls die Apparatur vorher den Ansprüchen an das Totvolumen nur knapp genügt, so ist mit der kürzeren Säule eine übermäßige Verschlechterung der Trennstufenzahl zu beobachten. Die Volumina, welche hier eine Rolle spielen, betreffen die Injektion, die Verbindungskapillaren und die Detektorzelle, bei Gradiententrennungen auch das Verweilvolumen.

Dünnere Säule verwenden

Eine Säule mit 4,6 mm Innendurchmesser bietet keine Vorteile, sie ist aber übermäßig durstig. Mit einer Anlage, die keine speziell grossen Totvolumina aufweist (siehe oben), kann man ohne Verlust an Trennleistung, das heißt an Auflösung, auf dünnere Säulen umstellen. Damit die Retentionszeiten gleich bleiben, muss der Volumenstrom F der mobilen Phase reduziert werden, und zwar proportional zum Quadrat der beteiligten Säulen-Innendurchmesser d_c :

$$F \propto d_c^2$$

**Die Autorin**

Dr. Veronika R. Meyer, Jahrgang 1951: Chemikerin mit Promotion in analytischer Chemie an der Universität Bern. Habilitation 1996 und Lehrtätigkeit ebenda. Autorin von Lehrbüchern zur HPLC. Interessensgebiete sind analytische Chemie, insbesondere Chromatographie, Qualitätssicherung, Messunsicherheit (und Bergsteigen). Sie ist Projektleiterin an der EMPA St. Gallen.

*In einer ersten Version erschien der Artikel in der Schweiz.

Laboratoriums-Zeitschrift 65 (2008) 57-60 des mittlerweile aufgelösten Schweizerischen Laborpersonal-Verbandes SLV.

Beispiel: Anstelle von 4,6-mm-Säulen sollen neu 3,0-mm-Säulen verwendet werden (das ist noch kein radikaler Schritt). Der bisherige Volumenstrom beträgt 1,2 ml/min.

$$\frac{F_{\text{neu}}}{F_{\text{alt}}} = \frac{d_{\text{c,neu}}^2}{d_{\text{c,alt}}^2}$$

$$F_{\text{neu}} = \frac{d_{\text{c,neu}}^2 \cdot F_{\text{alt}}}{d_{\text{c,alt}}^2} = \frac{3,0^2 \cdot 1,2}{4,6^2} \text{ ml/min} = \mathbf{0,5 \text{ ml/min}}$$

Man spart fast 60 Prozent Lösungsmittel!

Kleinere Korngröße verwenden

Wechselt man bei sonst gleich bleibenden Parametern zu einer Säule mit kleinerer Korngröße, so steigen Trennstufenzahl und Druck. Die chromatographische Auflösung wird sich ein wenig verändern, weil man nun in Bezug auf die van Deemter-Kurve an einer anderen Stelle steht. Man sollte den Fluss anpassen, damit man die Vorteile der kleineren Korngröße ausnützen kann: kleinere Korngröße d_p bedingt höheren Fluss weil nun die Diffusionswege kürzer sind. Es gilt:

$$F \propto \frac{1}{d_p}$$

Beispiel: Anstelle von 5- μm -Packungen sollen in Zukunft solche von 3 μm Korngröße eingesetzt werden. Der Säulenhersteller garantiert dabei gleich gute Packungsqualität. Bisher wurde mit 1,2 ml/min gearbeitet.

$$\frac{F_{\text{neu}}}{F_{\text{alt}}} = \frac{d_{\text{p,alt}}}{d_{\text{p,neu}}}$$

$$F_{\text{neu}} = \frac{d_{\text{p,alt}} \cdot F_{\text{alt}}}{d_{\text{p,neu}}} = \frac{5 \cdot 1,2}{3} \text{ ml/min} = \mathbf{2,0 \text{ ml/min}}$$

Wie hoch ist nun der Druck? Da kommt es darauf an, ob wir die Säulenlänge konstant lassen wollen oder aber die Trennstufenzahl (bzw. die Auflösung). Bei unveränderter Länge der Säule, was eine höhere Trennstufenzahl zur Folge hat, steigt der Druck Δp deutlich, denn es gelten die beiden Beziehungen:

$$\Delta p \propto \frac{1}{d_p^2} \quad \Delta p \propto F$$

Beispiel: Mit der 5- μm -Phase betrug der Druck 80 bar. Nun wird eine gleich lange 3- μm -Säule verwendet. Der Fluss wird wie oben berechnet erhöht.

$$\frac{\Delta p_{\text{neu}}}{\Delta p_{\text{alt}}} = \frac{d_{\text{p,alt}}^2 \cdot F_{\text{neu}}}{d_{\text{p,neu}}^2 \cdot F_{\text{alt}}}$$

$$\Delta p_{\text{neu}} = \frac{d_{\text{p,alt}}^2 \cdot F_{\text{neu}} \cdot \Delta p_{\text{alt}}}{d_{\text{p,neu}}^2 \cdot F_{\text{alt}}} = \frac{5^2 \cdot 2,0 \cdot 80}{3^2 \cdot 1,2} \text{ bar} = \mathbf{370 \text{ bar}}$$

Es macht allerdings nur dann Sinn, eine gleich lange Säule mit kleinerer Korngröße einzusetzen, wenn die Trennung vorher ungenügend war. Möchten wir die Trennstufenzahl und damit auch die Auflösung konstant halten, so können wir nun eine kürzere Säule einsetzen, denn es gilt:

$$N \propto \frac{1}{d_p} \quad N \propto L_c$$

Beispiel: Wir wollen die kritische Auflösung bei 2,0 belassen. Bisher wurde die Trennung mit einer 12 cm langen Säule durchgeführt. Wenn die Trennstufenzahl sowohl mit der 5- μm - wie auch mit der 3- μm -Phase gleich hoch ist, so bleibt auch die Auflösung unverändert:

$$N_{\text{neu}} = N_{\text{alt}}$$

$$\frac{L_{\text{c,neu}}}{d_{\text{p,neu}}} = \frac{L_{\text{c,alt}}}{d_{\text{p,alt}}}$$

$$L_{\text{c,neu}} = \frac{L_{\text{c,alt}} \cdot d_{\text{p,neu}}}{d_{\text{p,alt}}} = \frac{12 \cdot 3}{5} \text{ cm} = \mathbf{7 \text{ cm}}$$

Beispiel einer HPLC-Apparatur (von links): Eine Pumpe, die einen Gradienten aus zwei verschiedenen Lösungsmitteln herstellt, eine Stahlsäule und ein Apparat zur Messung der Absorption (Abb.: Kjaergaard).



Die neue Säule ist um den Faktor $3:5 = 0,6$ kürzer. Damit ist auch der benötigte Druck nur noch 0,6 mal so hoch wie mit der Säule in Originallänge. Oben wurde eine Druckerhöhung um das 4,6-fache berechnet (was 370 bar ergab); mit der kürzeren Säule, welche die ursprüngliche Auflösung bietet, beträgt der Druck noch $370 \cdot 0,6 \text{ bar} = 220 \text{ bar}$.

Eine Verkleinerung der Korngröße wird immer mit einer bedeutenden Druckerhöhung „bezahlt“. Dies ist auch dann der Fall, wenn man die Flussrate nicht dazu passend erhöht, wie man es den kürzeren Diffusionsstrecken entsprechend tun sollte. Die Zusammenhänge stellen sich wie folgt dar:

Pumpendruck ausnützen

Dieses Szenario bedeutet nun die hohe Schule des Methodentransfers.

Will man eine Trennung schneller durchführen, so kann man einfach die Flussrate erhöhen. Der Druck wird proportional ansteigen, wie man aus der täglichen Arbeit mit HPLC bestens kennt. Damit verschenkt man (in der Regel) aber chromatographische Auflösung, weil man sich vom van Deemter-Optimum entfernt. Die Analysenzeit sinkt und die benötigte Menge an mobiler Phase bleibt konstant.

Um die Auflösung unverändert auf die neuen Bedingungen transferieren und erst noch effizienter arbeiten zu können, sollte man gleichzeitig die Korngröße verkleinern, den Fluss erhöhen und eine kürzere Säule verwenden. Der Druck nimmt zu, die Analysenzeit sinkt jedoch um den gleich großen Faktor und die Trennung benötigt weniger mobile Phase. Die Strategie „kleinere Korngröße, kürzere Säule“ bietet demnach einen echten Mehrwert aus dem zur Verfügung stehenden Druck, weil man an Eluent einspart. Für diese Art des Methodentransfers muss man mit der Wurzel der relativen Druckerhöhung DE rechnen:

$$DE = \frac{\Delta p_{\text{neu}}}{\Delta p_{\text{alt}}}$$

Die neue Korngröße erhält man mit:

$$d_{p,\text{neu}} = \frac{d_{p,\text{alt}}}{\sqrt{DE}}$$

Damit ist der neue Volumenstrom vorgegeben; wie oben erläutert beträgt er:

$$F_{\text{neu}} = \frac{d_{p,\text{alt}} \cdot F_{\text{alt}}}{d_{p,\text{neu}}} = \sqrt{DE} \cdot F_{\text{alt}}$$

Die Länge der neuen Säule mit kleinerer Korngröße erhält man analog wie die neue Korngröße:

$$L_{c,\text{neu}} = \frac{L_{c,\text{alt}}}{\sqrt{DE}}$$

und wenn der Säulendurchmesser unverändert bleibt, so gilt für die Ersparnis an Eluentenvolumen V:

$$\frac{V_{\text{total,neu}}}{V_{\text{total,alt}}} = \frac{L_{c,\text{neu}}}{L_{c,\text{alt}}} = \frac{1}{\sqrt{DE}}$$

In der Tabelle ist ein Beispiel mit einer Verdoppelung des Drucks gezeigt ($\sqrt{DE} = \sqrt{2} = 1,4$). Die berechneten Zahlen wird man runden und sich im übrigen danach richten, welche Säulendimensionen und Korngrößen käuflich sind.

Bei gleichzeitiger Änderung von Säulenlänge und Korngröße gilt für das Druckverhältnis:

$$\frac{\Delta p_{\text{neu}}}{\Delta p_{\text{alt}}} = \frac{d_{p,\text{alt}}^2 \cdot L_{c,\text{neu}} \cdot F_{\text{neu}}}{d_{p,\text{neu}}^2 \cdot L_{c,\text{alt}} \cdot F_{\text{alt}}}$$

Diese Beziehung gilt immer und unabhängig davon, ob man die Trennung in Richtung Druckoptimierung verändert, wie beschrieben, oder ob man eine zufällige oder sogar unsinnige Veränderung von einem oder mehreren Parametern vornimmt.

Will man zudem auch noch eine dünnere Säule einsetzen, so muss die Flussrate wie bereits erwähnt gleich nochmals verkleinert werden:

$$F_{\text{neu}} = \frac{d_{c,\text{neu}}^2 \cdot F_{\text{alt}}}{d_{c,\text{alt}}^2}$$

Robustheit beachten

Bei Optimierungen und Transfers ist der Robustheit gebührende Beachtung zu schenken. Eine Methode ist robust, wenn sie auch bei kleinen Schwankungen der Bedingungen (beispielswei-

Tabelle: Veränderung der Parameter, wenn der Druck verdoppelt werden kann. Der Säulendurchmesser bleibt unverändert.

| Parameter | ursprünglich | simpel: doppelter Fluss | raffiniert: Druck ausnützen |
|-----------------|--------------|----------------------------|--------------------------------|
| Druck | 100 bar | 200 bar | 200 bar |
| Fluss | 1 ml/min | 2 ml/min | 1,4 ml/min |
| Zeitbedarf | 10 min | 5 min | 5 min |
| Korngröße | 5 µm | 5 µm | 3,5 µm |
| Säulenlänge | 15 cm | 15 cm | 11 cm |
| totales Volumen | 20 ml | 20 ml | 14 ml |
| Auflösung | | nimmt ab | bleibt gleich |

se von Temperatur oder pH-Wert) konstante Ergebnisse liefert. Wird etwa die Auflösung bei der Methodenentwicklung auf den kleinstmöglichen Wert verkleinert, der noch vertretbar ist, so wird sich die Trennung wegen der unvermeidlichen Alterung der Säule über kürzere oder längere Zeit verschlechtern und die Anforderungen nicht mehr erfüllen. Ein bisschen Reserve bei der Auflösung ist bei allen freigegebenen Methoden dringend zu empfehlen.

Muss neu validiert werden?

Nach dem Transfer einer vorgängig validierten Methode muss in der Regel nicht wieder validiert werden. Es genügt, dass der Systemeignungstest erfüllt wird. Die Transferschritte und die dahinter stehenden Überlegungen müssen zudem dokumentiert und erklärt worden sein, damit der Transferprozess nachvollziehbar ist. Kalibrierkurven oder Responsefaktoren müssen selbstverständlich neu bestimmt werden! Es wäre vollkommen falsch, sie einfach zu übernehmen – wie es überhaupt falsch ist, quantitative Analysenserien ohne aktuell ermittelte Kalibrationen durchzuführen.

Und die stationäre Phase?

Bei stationären Phasen mit genau gleichem Handelsnamen kann man davon ausgehen, dass ihre chromatographischen Eigenschaften unabhängig von der Korngröße sind. Man kann beim Wechsel von 5 μm auf beispielsweise 3 μm nahezu oder völlig identische Trennungen erwarten. Das gilt nicht mehr, wenn ein anderes Material eingesetzt wird. Bereits eine Änderung der Porenweite wirkt sich im Chromatogramm aus. Ein anderes Fabrikat, selbst mit einem ähnlichen Namen wie „RP-18“ kann ganz andere Eigenschaften aufweisen. Wenn man demnach mit der Selektivität der gewählten stationären Phase zufrieden ist, gibt es keinen Grund, eine andere Phase zu wählen. Dies würde nicht mehr als „Methodentransfer“ bezeichnet. Vielmehr wäre das eine neue Methode, die wieder validiert werden müsste.

Gradiententrennungen

Will man die Säulendimensionen oder die Korngröße von Gradiententrennungen ändern, so ist je nach Situation dem Gradientenprofil Beachtung zu schenken. Vereinfacht gesagt sind die drei besprochenen Szenarien zu unterscheiden.

Kürzere Säule: Die Analysenzeit ist jetzt auch kürzer und die Laufzeit des Gradienten muss proportional angepasst werden.

Dünnere Säule: Die Laufzeit des Gradienten bleibt unverändert, die Flussraten der beiden

Eluenten müssen zusammen dem berechneten F_{neu} entsprechen.

Kleinere Korngröße: Wie dargelegt sollte man gleichzeitig den Fluss erhöhen. Zudem ist das Szenario „kürzere Säule“ attraktiv, das heißt das beschriebene Vorgehen „Pumpendruck ausnutzen“. Der Gradient muss steiler gelegt werden, damit innerhalb des berechneten V_{total} die Endbedingungen erreicht sind.

Bei Gradiententrennungen spielen mehr Parameter eine Rolle als bei isokratischen Trennungen. Die untersuchten Proben sind komplexer zusammengesetzt (sonst wäre eine Gradiententrennung nicht nötig). Es ist deshalb zu überlegen, ob bei einem derartigen Methodentransfer eine Neuvalidierung nötig ist oder ob man sich wirklich nur mit dem Systemeignungstest zufrieden geben darf. **CLB**

Literatur

Davy Guillarme, Jean-Luc Veuthey, Veronika R. Meyer, Method Transfer in HPLC, LC GC Europe 21 (2008) 322-327.

Veronika R. Meyer, The clever use of pressure in column liquid chromatography, Chromatographia 72 (2010) 603-609.



Marktheidenfelder Schüler: Lehrplan Bionik

Dr. Heinrich Netheler Stiftung verleiht zum zweiten Mal einen Preis



„Wichtig für den späteren Forschungserfolg ist auch die Beharrlichkeit bei der Arbeit, wie sie ja auch die Schülergruppe hier gezeigt hat“, betonte die Stiftungs-Vorsitzende Elisabeth von Loeper (Fotos: RK).

Bionik ist der Fokus der Dr. Heinrich Netheler Stiftung. Mit dem 2010 ins Leben gerufene „Schulprojekt Bionik“ möchte sie eine entsprechende Denkweise jungen Menschen nahebringen. Am 27. Mai – dem 102. Geburtstag des Mitbegründers der jetzigen Firma Eppendorf – wurde im Technoseum in Mannheim der erste Förderpreis durch den Stiftungsvorstand verliehen. Gewonnen hat ihn das Balthasar-Neumann-Gymnasium im unterfränkischen Marktheidenfeld.

Unter der Leitung des Biologie- und Chemielehrers Studienrat Norbert Edelmann entwarfen 14 Oberstufenschüler im Rahmen eines wissenschaftspropädeutischen Seminars Unterrichtsmodule für den nachhaltigen naturwissenschaftlichen Unterricht. Dazu wollten sie die Bionik „aus dem Lehrplan in den Unterricht“ bringen, so ihr Arbeitsthema, und zwar mit einem deutlich höheren Anteil als bislang bei bayerischen Gymnasien vorgesehen.

Dabei erfüllten sie „voller Enthusiasmus“, so Edelmann, die Anforderungen des Schulprojekts: Es sollte fächerübergreifend, originell und übertragbar auf andere Schulen sein. Professionelle Partner waren ausdrücklich erwünscht. In diesem Fall war es die auf Fortbildung in Bionik spezialisierte Firma Bionik Sigma aus Darmstadt. Vielleicht half aber auch die Unterrichtsart von Edelmann: Wie ein Blick ins Internet verrät tritt er nebenbei als Zauberkünstler auf...

Das Ergebnis der Schülerarbeit: Ein Unterrichtsplan Bionik mit einer bis zwei Wochenstunden Aufwand, ein fächerübergreifender Bezug zum Lehrplan, kein großer Mehraufwand für die Lehrkraft sowie Experimente mit geringem Zeitbedarf und möglichst vorhandenen Mitteln. Als Arbeitsthemen wurden genannt: bionische Sensorik, etwa am Beispiel pyrophiler Insekten, oder auch Innenohr-Implantate sowie natürliche Lichterkennungssysteme. Eine zweite Themengruppe umfasste Oberflächenphänomene – den bekannten Lotuseffekt, aber auch Bionik im Autobau und die Farbstoffsolarzelle. Die dritte Themengruppe geht über Faserverbundstoffe und Strömungsoptimierungen hin zu bionischer Automatisierungstechnik mit dem Beispiel Schwarmintelligenz und zur künstlichen Intelligenz.

Jetzt geht es an die Realisierung dieses Plans, und da hat die fränkische Schule nun einen Vorteil: Neben der Heinrich Netheler Gedenkmünze gab es nämlich ein Preisgeld von 10 000 Euro, dass für die Umsetzung des Projekts eingesetzt werden soll. Leicht traurig dürfte da das Mannesmann-Gymnasium in Duisburg sein, dass sich knapp geschlagen mit den 2. Platz begnügen musste, dafür einen Bionik-Experimentierkoffer erhielt.

Elisabeth von Loeper, Vorsitzende der Stiftung – und zweite Enkelin von Heinrich Netheler – beschrieb die Auswahl des Schwer-

Die Preisvergabe übernahm Gabriele Weilandt (Mitte) von der Netheler-Stiftung, die dritte Enkelin des Namensgebers. Den Preis entgegen nahm Studienrat Norbert Edelmann (Mitte links). Mit ihm freuten sich seine Schüler, denn für die Umsetzung des Projekts stehen jetzt 10 000 Euro zur Verfügung.



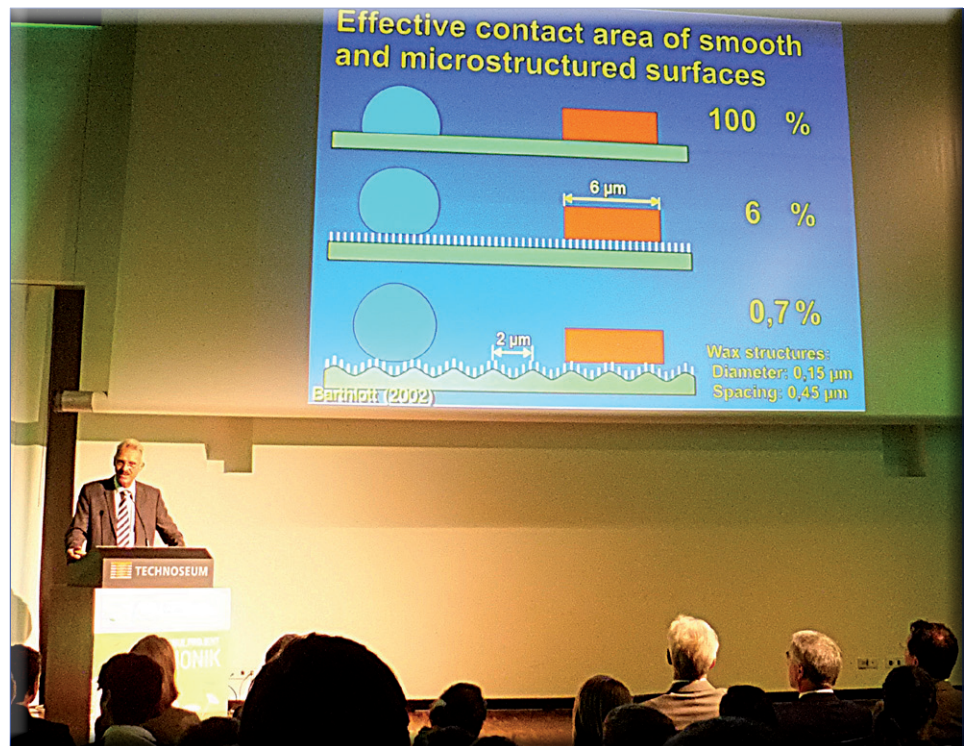
punkts Bionik für die Stiftung. Demnach seien deren Themen – wie der Name schon sagt – ein Verbund von Natur und Technik, der für jeden begreifbar wäre. So ließe sich Begeisterung wecken und weitertragen für unsere Welt, die von nachhaltigem Wirtschaften bei allem technischen Nutzen geprägt sein müsse. Diese Verbindung zeigt die Netheler-Stiftung auch in ihrem Motto: Fortschritt liegt in unserer Natur.

Als Präsentationsort für die Preisverleihung hätte sich das Mannheimer Technoseum daher angeboten, habe es als „Mitmachmuseum“ doch dieselbe Zielgruppe wie das Schulprojekt Bionik der Stiftung, so von Loeper. Zudem zeigt das Technoseum seit dem vergangenen Jahr auch die Dauerausstellung „Bionik“, die zunächst als Wanderausstellung konzipiert war und seit 2007 viel Erfolg überall auf der Welt einheimste.

Bionik mit hohem Potenzial

Das Potenzial, aber auch Probleme von bionischen Entwicklungen machte den Zuhörern Prof. Wilhelm Barthlott von der Uni Bonn deutlich, der Entdecker des Lotus-Effekts – und Patentinhaber für Anwendungen wie selbstreinigende Fassadenfarben. So sei seine erste Arbeit über das Thema für eine Publikation zunächst viermal abgelehnt worden, von einer US-Zeitschrift unter anderem mit dem Kommentar: „Der sogenannte Lotuseffekt existiert nur in der Phantasie der Autoren“. Auch bei der technischen Umsetzung gebe es Probleme. Zwar seien bereits Flugzeuge mit mikrostrukturierten Oberflächenbeschichtungen geflogen, durch die die Luftreibung verringert und so Treibstoff gespart bzw. mehr Passagierkapazität erzielt wird. Allerdings seien die Instandhaltung solcher Oberflächen noch kompliziert und damit teurer als die Einsparungen.

Zur Zeit seien Beschichtungen von Schiffen in Entwicklung. Der weltweite Schiffsverkehr sei immerhin für ein Prozent der Kohlendioxid-Emissionen verant-



Das Prinzip des für die Bionik beispielhaften Lotuseffektes als eine Folge der Kontaktflächenverminderung durch mehrfache Mikrostrukturierung erläuterte der Entdecker des Effekts, Prof. Wilhelm Barthlott. Mittlerweile kennt man mit dem Schwimmfarn *Salvinia molesta* eine Pflanze, deren Blätter wie die vom Lotus superhydrophob sind – mit Ausnahme der äußersten Spitzen der Mikrostrukturen der Blätter; die weisen einen hydrophilen Fleck auf. Der Effekt: Wasser wird in einem regelmäßigen Abstand auf der Pflanze festgehalten; die darunter liegende Luftschicht kann nicht so leicht entweichen (Abb. unten; Nees-Inst., Uni Bonn). Diesen Effekt will man ausnutzen, um den Reibungswiderstand zwischen Schiffsrumpf und Wasser zu vermindern und so den Verbrauch zu vermindern.

wortlich. 70 Prozent der Leistung von Schiffsantrieben müssten zur Überwindung der Reibung zwischen Schiffsrumpf und Wasser aufgewandt werden. Nun gibt es Lebewesen, die durch spezielle Häute im Wasser eine dünne Luftschicht um den Körper aufrecht erhalten und dadurch die Reibung zwischen Wasser und Körper reduzieren. Dies setze man nun technisch um. Schon eine Verringerung der Reibung um zehn Prozent sei ein wirtschaftlicher Gewinn – und entlaste die Umwelt. Junge Forscher und Entwickler müssten sich allerdings darauf einstellen, dass derartige Entwicklungen durchaus Jahrzehnte bis zur Marktreife benötigen könnten. Insgesamt berge die ungeheure Variationsbreite der Natur – man schätzt, dass es 20 Millionen Arten von Lebewesen gibt, wovon weniger als zehn Prozent bekannt sind – jedoch eine Vielzahl von Lösungsansätzen



für Aufgaben, wie sie sich auch in technischen Entwicklungen stellen. Der Bionik bescheinigte er daher eine große Zukunft. *Rolf Kickuth*

Der Preis geht in diesem Jahr nach Holland

Eppendorf Young Investigator Award 2011 am EMBL in Heidelberg verliehen

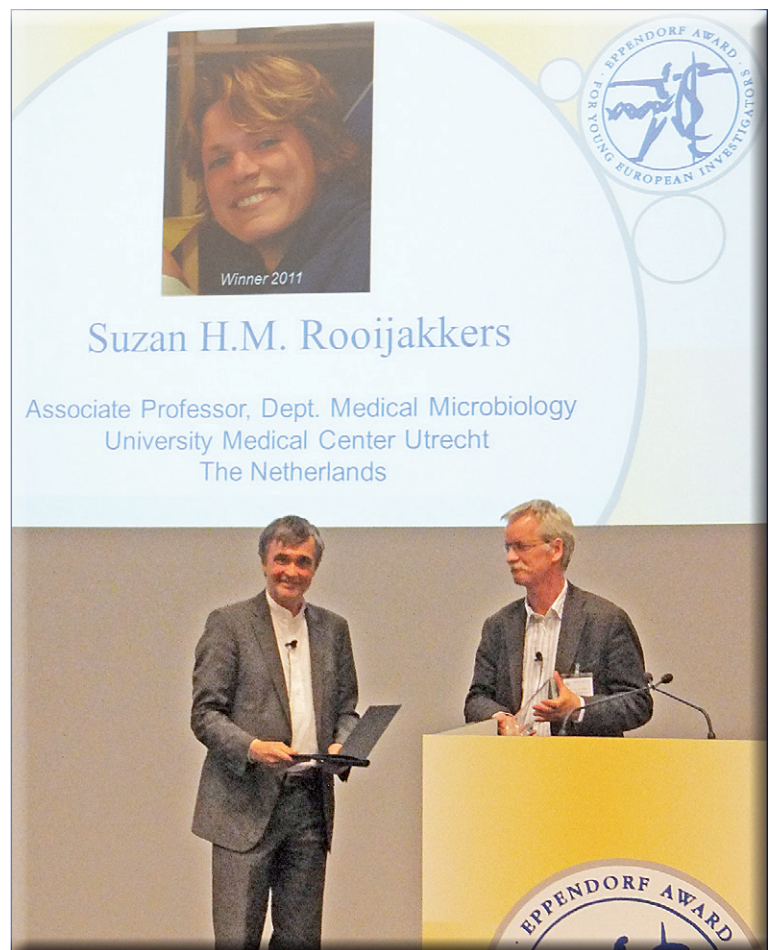
Assistant Professor Suzan Rooijackers, PhD, University Medical Center Utrecht, Department of Medical Microbiology, Utrecht, Niederlande, ist die diesjährige Preisträgerin des Eppendorf Young Investigator Award, der auf europäischer Ebene herausragende Arbeiten biomedizinischer Forschung honoriert. Das Hamburger Unternehmen verlieh den Preis zum 16. Mal, erstmals am EMBL in Heidelberg. Aufgrund von Flugverboten am 25. Mai konnte u.a. der neue Eppendorf-Vorstandsvorsitzende Dr. Dirk Horst Ehlers der Feierstunde nicht beiwohnen (siehe auch Bildunterschrift rechte Seite). Ebenso fehlte die Preisträgerin – sie hatte erst vor Kurzem eine Tochter zur Welt gebracht.

Das Hamburger Life Sciences Unternehmen fördert mit dieser Auszeichnung junge europäische Wissenschaftler, die maximal 35 Jahre alt sind. Der Preis wird in Zusammenarbeit mit dem Wissenschaftsmagazin Nature verliehen. Über die Vergabe entscheidet eine unabhängige Jury, bestehend aus Prof. Kai Simons (Vorsitz), Prof. Dieter Häussinger, Prof. Reinhard Jahn und Prof. Martin J. Lohse.

Suzan Rooijackers, geboren 1978, erhielt den Eppendorf Young Investigator Award 2011 für ihre Entdeckungen der Mechanismen, mit denen der Erreger *Staphylococcus aureus* den Angriffen des Immunsystems entgeht, um im menschlichen Körper zu überleben.

Wie Bakterien das Immunsystem überlisten

Wir sind ständig unter Beschuss von pathogenen Bakterien, die in unseren Körper einzudringen



Stellvertretend für Suzan Rooijackers nahm Prof. Jos van Strijp (rechts) den Eppendorf Award vom Jury-Vorsitzenden Prof. Kai Simons entgegen (Fotos: Kickuth).

versuchen. Diese Versuche werden die meiste Zeit erfolgreich durch eine komplexe Kaskade von Abwehrmechanismen gestoppt. Doch im Laufe der Evolution haben die pathogenen Bakterien Mittel entwickelt, um diese Gegenmaßnahmen auszugricksen. Gewinnen sie die Oberhand, können uns heute Antibiotika helfen. Bedrohlich ist jetzt allerdings die Entwicklung von Resistenzen.

Daher ist es wichtig, die Mechanismen zu verstehen, mit denen die Bakterien unsere Abwehrmechanismen umgehen. Dies ist der Bereich, in dem die Gewinnerin des Eppen-

dorf Young Investigator Award 2011, Suzan Rooijackers, aktiv ist. Sie studierte *Staphylococcus aureus*, einem wichtigen Erreger auch von Krankenhausinfektionen, der u.a. die Wundheilung erschwert, zu Lebensmittelvergiftungen führt sowie schwere Erkrankungen wie Blutvergiftung verursacht. Die Entstehung von Stämmen, die resistent sind gegen Antibiotika wie Methicillin, macht diese bakteriellen Erreger zu einer Bedrohung der öffentlichen Gesundheit. In ihrer Dissertation untersuchte Rooijackers Proteine, die *Staphylococcus aureus* ausscheidet. Die Preisträgerin

fand heraus, dass eines dieser Proteine, genannt SCIN, eine starke anti-phagozytäre Wirkung hat. Dieses Protein wird aus dem Bakterium abgesondert und blockiert die Phagozytose, und zwar durch Einwirkung auf die Komplement-Faktor-C3-Konvertase. Dies ist aber eine der wichtigsten Komponenten der angeborenen Immunabwehr gegen Krankheitserreger. So entzieht sich *Staphylococcus aureus* diesem wichtigen Abwehrmechanismus. Sudan Rooijackers hat die Pionierarbeiten dazu durch die Bestimmung der atomaren Struktur von SCIN in Zusammenarbeit mit Piet Gros fortgesetzt.

Ansätze für neue Medikamente

Weitere Arbeiten der Forschungsgruppe von Suzan Rooijackers hat einen zweiten Gencluster in *Staphylococcus aureus* identifiziert, der für Immunmodulatoren kodiert. Sie fand vier neue Konvertase-Inhibitoren, die die Kette der Immunreaktionen unterbricht. Das zeigt, wie gut ausgestattet die Bakterien sind, um eine Invasion unseres Körpers durchzuführen. Diese neuen Modulatoren sind vielversprechende molekulare Zielstrukturen für die Entwicklung von Antibiotika, die *Staphylococcus aureus*-Infektionen verhindern könnten. Einer der neuen Modulatoren, Ecb, zeigte auch starke entzündungshemmende Eigenschaften und könnte einen therapeutischen Ansatz bei schweren akuten entzündlichen Erkrankungen bieten.

Das Ziel der Forschergruppe ist es nun, ähnliche Strategien in anderen Bakterien und Pilze zu erforschen, um herauszufinden, wie sie die Abwehrmechanismen des Wirts überwinden können. Ebenso sind neuartige Impfstoffe im Visier der Forscher.

Suzan Rooijackers promovierte an der Abteilung für Mikrobiologie, University Me-



Die Preisverleihung fand erstmalig am EMBL Advanced Training Centre in Heidelberg statt; die Form des neuen Gebäudes ist der Helix-Struktur der DNA angelehnt. Die Begrüßung der 80 geladenen Gäste aus Forschung Wirtschaft und Medien erfolgte durch Dr. Axel Jahns, (unten) Leiter Marketing Support der Eppendorf AG) und Prof. Ian Mattaj (Director General EMBL). Der isländische Vulkanausbruch mit den folgenden Flugverboten verhinderte, dass der neue Vorstandsvorsitzende der Eppendorf AG, Dr. Dirk Horst Ehlers, der Preisverleihung beiwohnte. Der 51jährige Physiker und ehemalige McKinsey-Berater, Evotek-CFO sowie Leiter des Bereichs Professional Diagnostics von Roche löste zum 1. Mai den 68jährigen Klaus Fink ab, der 23 Jahre das Hamburger Unternehmen führte und nun als Sprecher des Aufsichtsrats fungiert.

Fink konnte zuvor noch einmal sehr gute Unternehmenszahlen vermelden. Demnach stieg der Umsatz der Eppendorf-Gruppe im Jahre 2010 auf 484,0 Millionen Euro und übertraf damit den Vorjahreswert um 11,7 Prozent. Das operative Ergebnis erhöhte sich um 20,1 Prozent von 77,9 Millionen auf 93,6 Millionen Euro. Die entsprechende Marge stieg von 18,0 Prozent im Jahr 2009 auf 19,4 Prozent im Berichtsjahr.

Das internationale Wachstum verlief im Berichtsjahr unterschiedlich. Während Asien mit 19,9 Prozent den stärksten Wachstumsanteil aufweist, konnte Nordamerika um 10,9 Prozent zulegen und Europa das Vorjahresniveau um 8,4 Prozent übertreffen.

Der Eppendorf-Konzern beschäftigte zum Jahresende 2010 in Summe 2622 Mitarbeiter (Vorjahr: 2502 Mitarbeiter).

dical Center Utrecht unter der Leitung von Professor JA Y. van Strijp. Sie war dann Postdoc in Utrecht und dann als EMBO Postdoctoral Fellow im Labor von Professor Victor Nizet am Institut für Pharmakologie und Drug Discovery der University of San Diego. Im Jahr 2009 kehrte sie nach Utrecht ans Institut für Medizinische Mikrobiologie zurück. Sie erhielt kürzlich eine große Forschungsförderung von der niederländischen Organisa-

tion für wissenschaftliche Forschung (NWO).

Aus gesundheitlichen Gründen konnte Suzan Rooijackers nicht persönlich zur Preisverleihung erscheinen; sie hatte erst kurz zuvor eine Tochter zur Welt gebracht :) Stellvertretend nahm Prof. Jos van Strijp (University Medical Center Utrecht, Department of Medical Microbiology) den Eppendorf Award entgegen und präsentierte die prämierte Forschungsarbeit. RK

Der Milliardenpoker der Forscher hat begonnen FET11 in Budapest: EU startet Wettbewerb um Flagship-Projekte



Die Vertreter der sechs vorausgewählten Flagship-Pilotprojekte mit ihren Preisurkunden, immerhin verbunden mit einer Förderung von 1,5 Millionen Euro für ein Jahr (von links): Adrian Ionescu, EPFL, „Guardian Angel“; Patrick Aebischer, President of EPFL; Henri Markram, EPFL, „Human Brain Project“, David Price, Vice-Provost of University College London; Steven Bishop, UCL, „FuturiCT“; Neelie Kroes, Vizepräsidentin der Europäischen Kommission; Paolo Dario, Scuola Superiore Sant’Anna, „Robocom“; Maria Chiara Carrozza, Director of the Scuola Superiore Sant’Anna; Karin Markides, President of Chalmers University; Jari Kinaret, Chalmers University, „Graphen“; Hans Lehrach, Max Planck Institute for molecular genetics, „ITFoM“ (Fotos: Kickuth).

Die europäische „Future and Emerging Technologies“ (FET)-Konferenz und Ausstellung 2011 in Budapest stellte den Beginn der zukunftsweisen FET Flagship Initiative dar. Am 4. Mai wurden diese Projekte durch Neelie Kroes, Vizepräsidentin der EU-Kommission und Europäische Kommissarin für die europäische digitale Agenda, offiziell gestartet. FET Flagships sind großangelegte, wissenschaftsgetriebene und aufgabenorientierte Initiativen, die visionäre technologische Ziele erreichen sollen. Diese Projekte sollen über zehn Jahre mit einem Budget von je bis zu 100 Millionen Euro gefördert werden – jedes Jahr! Sechs Pilotprojekte erreichten die Vorauswahl und wurden in Budapest vorgestellt. Sie werden mit je 1,5

Millionen Euro für zwölf Monate ab Mai 2012 gefördert. In der zweiten Hälfte von 2012 sollen dann daraus zwei Flagship-Projekte ausgewählt werden, die Anfang 2013 beginnen sollen. Insgesamt hatten sich 26 Großprojekte um diese Förderung beworben.

Der CLB gegenüber verdeutlichte der Leiter der Abteilung „Future and Emerging Technologies“ der Europäischen Kommission, Wolfgang Boch, dass für die in Aussicht gestellten Fördermittel detaillierte Vergabepläne erstellt werden müssten. Es gäbe keine pauschale Förderung.

Eine Milliarde Euro stellen jedoch für Forscher einen derart hohen Anreiz dar, dass sie sich in Budapest überschlugen vorzutragen, in welchem Maße sinnvoll ihre Forschung für die Menschheit sein werde. Vernunftbegabte, fühlende

Roboter, selbstorganisierende Sensornetze, die die Gesundheit von Menschen überwachen, die Simulation des menschlichen Gehirns, und das alles – und noch viel mehr aus den Bereichen Quantenkommunikation, Materialien (Graphen) – soll es in zehn, elf, zwölf Jahren geben; man kann nur staunen (siehe dazu auch das Editorial in dieser Ausgabe).

Mit den Flagship-Leitinitiativen soll ein Durchbruch auf maßgebenden Gebieten der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) erzielt werden, die Lösungen für einige der größten Herausforderungen unserer Gesellschaft bieten können. Information ist jedoch auch an Materie gebunden, und so ist es kein Wunder, dass auch die Chemie eine Rolle spielt: Das Gebiet des Graphens ist eins der jetzt in Prüfung befindlichen Pilotprojekte (die genaue Bezeichnung lautet „(Graphenforschung und –technologie für IKT und darüber hinaus“). Auch das Human Brain Project, also das Ziel, ein menschliches Gehirn zu simulieren, zählt zu den Flagship-Kandidaten, denn: Ein Verständnis der Funktionsweise des menschlichen Gehirns kann hirnbezogene oder vom Gehirn inspirierte Entwicklungen für Computerarchitekturen, Neurowissenschaft und Medizin nutzbar machen (siehe dazu auch CLB 10-2010, Seiten 440-450: Neuromorphic engineering).

Noch Hardware- und somit insbesondere materialwissenschaftlichen Bezug etwa im Rahmen künstlicher Muskeln, künstlicher Haut, leistungsfähiger Energiespeicher ist das Projekt Roboter als Begleiter des Menschen (Robot Companions for Citizens): Intelligente, mit Kunsthaut versehene Roboter,

die hochentwickelte kognitive, perzeptive und emotionale Fähigkeiten aufweisen, können den Menschen unterstützen, was dessen Umgang mit Maschinen radikal verändern wird.

Auch wenn ein weiterer Flagship-Kandidat die Buchstaben IT im Projektnamen hat – IT-Zukunft der Medizin: Ohne Chemie geht es auch hier nicht, man denke nur an den großen Bereich der Sensorik (siehe dazu jeweils Artikel in CLB 03 und 04-2011). Erst sie ermöglichen zusammen mit weiterer Digitaltechnik eine individualisierte Medizin, die auf molekularen, physiologischen und anatomischen Daten des einzelnen Patienten beruht und bei der diese Daten unter Zugrundelegung global integrierter medizinischer Erkenntnisse verarbeitet werden.

Derselbe chemie- und materialwissenschaftliche Bezug besteht für das Projekt Guardian Angels for a Smarter Life (Schutzengel für ein intelligenteres Leben): Darunter versteht man zum Beispiel Kleinstgeräte ohne Batterien, die sich wie autonome persönliche Assistenten verhalten und Daten erfassen, verarbeiten und übermitteln können, während sie z. B. in der menschlichen Blutbahn zirkulieren. In hohem Maße der Informatik hinzuzurechnen ist jedoch das Flagship-Kandidatenprojekt FutureICT Knowledge Accelerator and Crisis-Relief System (IKT-System zur Wissensbeschleunigung und Krisenbewältigung): Mit IKT können enorme Datenmengen und komplexe Situationen analysiert werden, um Landesgrenzen oder Kontinente überschreitende Naturkatastrophen besser vorherzusagen oder von Menschen verursachte Katastrophen zu beherrschen.

Vergleich mit HUGO

Die EU-Kommission vergleicht die Flagship-Projekte mit der Aufgabe, das menschliche Genom zu kartieren. Diese frühere Initiative zur vollständigen Kar-



Nur eine Atomlage dick und dennoch zu erkennen: Eine Graphenschicht, hier an einem Demonstrationsobjekt der Aachener Firma AMO GmbH. Das Projekt „Graphen“ gehört zu den Flagship-Kandidaten.

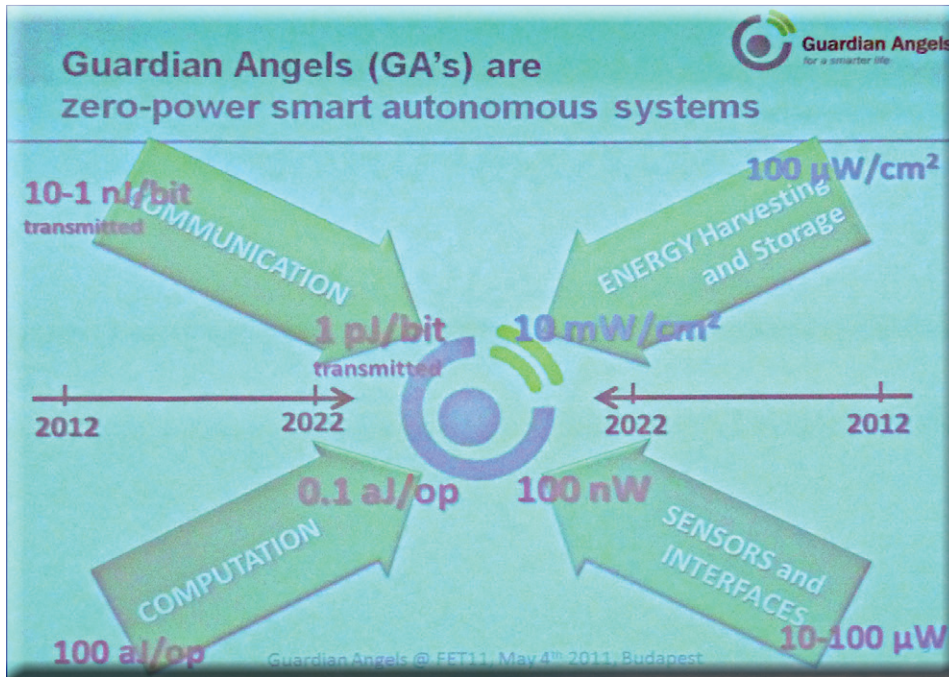
tierung des menschlichen Erbguts (Human Genome Project) unter Beteiligung von Hunderten von Forschern weltweit wurden über einen Zeitraum von 13 Jahren mehr als drei Milliarden US-Dollar (rund 2,1 Mrd. Euro) aufgewandt. Die FET-Leuchtturmprojekte begegnen Herausforderungen ähnlicher Dimension und bieten potenziell einen vergleichbar beeindruckenden Nutzen, so die EU-Verantwortlichen.

Die Graphen-Entwicklung

Die bahnbrechenden Experimente auf Graphen im Jahr 2004 von europäischen Wissenschaftlern Andre Geim und Konstantin Novoselov wurden im Jahr 2010 den Nobelpreis für Physik ausgezeichnet. Ihre Arbeit hat einen wissenschaftlichen Explosion auslöste, am besten durch die exponentielle Zunahme von Publikationen und Patentanmeldungen im Zusammenhang mit Graphen dargestellt.

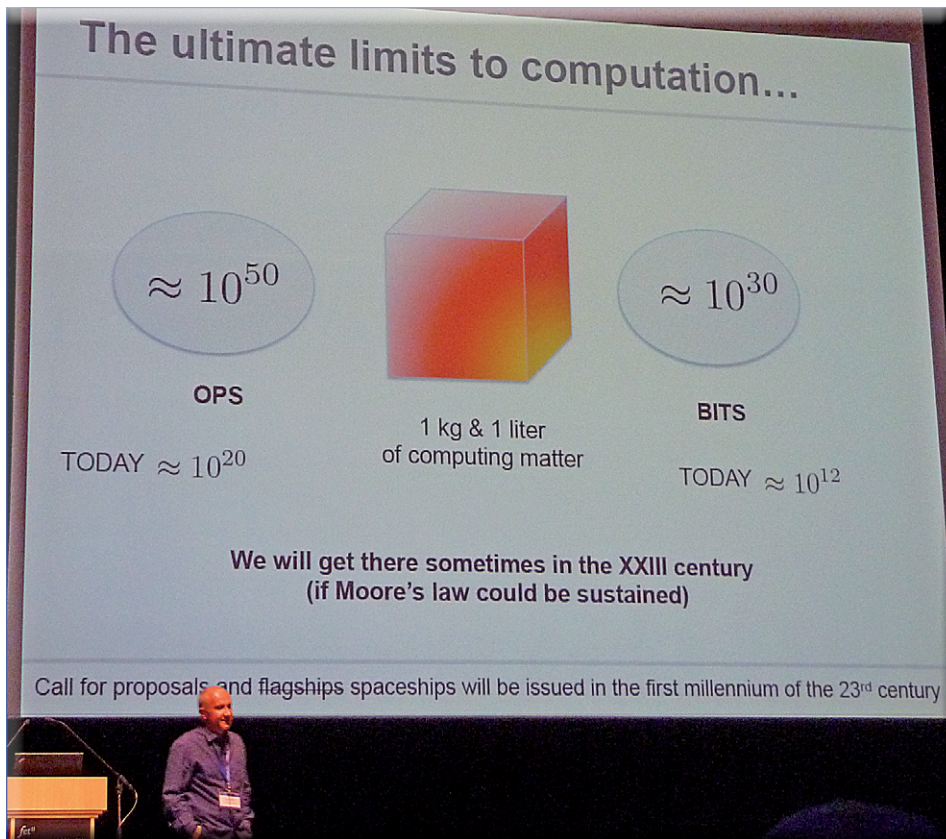
Riesige Mengen von Humanressourcen und Kapital werden in Graphen Forschung und Anwendungen investiert in den USA, Japan, Korea, Singapur und anderswo. Die ersten Pro-

dukte werden voraussichtlich in den Markt eintreten durch 2014, nach Einschätzung von Samsung. Die Graphen-Flaggschiff beinhaltet bereits mehr als 130 Forschungsgruppen, die 80 akademischen und industriellen Partnern in 21 europäischen Ländern. Die Koordination der Arbeiten obliegt einem Konsortium von neun Partnern. Federführend ist dabei die Chalmers Universität in Schweden. Aus Deutschland ist die AMO GmbH in Aachen dabei, eine Ausgründung aus der RWTH. Deren Vertreter erläuterten der CLB, dass schon in etwa drei Jahren Graphene in Flachbildschirmen zu finden sein könnten. Samsung arbeite mit Hochdruck daran, die durchsichtigen, leitfähigen Schichten der Bildschirme daraus herzustellen. Sie bestehen bislang aus Indiumzinnoxid (ITO). Es ist ein Mischoxid, üblicherweise aus 90 Prozent Indium(III)-oxid (In_2O_3) und zehn Prozent Zinn(IV)-oxid (SnO_2). Durch den hohen Preis von Indium, der sich in den letzten Jahren vervielfacht hat, ist ITO relativ teuer. Die nur begrenzt verfügbaren Mengen an Indium beschränken mittelfristig beispielsweise die Massen-



Diese Präsentation von der Tagung zeigt, wohin die Reise in nur etwa zehn Jahren gehen soll, will man die persönlichen „Schutzengel“ verwirklichen. Man will die Gewinnung elektrischer Energie aus dem Körper heraus ver Hundertfachen (Pfeil rechts oben), alle Energieverbräuche für Sensorik, Computerleistung und drahtloser Verbindung um das Tausendfache vermindern (aJ/op = Attojoule/Rechenoperation).

Mit einem Augenzwinkern zeigte Artur Ekert in einem Plenarvortrag utopische – und dennoch denkbare – Grenzen der Rechenleistung von Computern auf. Einen Weg dazu ebnet seiner Ansicht nach die Quanteninformatik – wen wundert: Der polnisch-britische Physiker, der jetzt in Cambridge arbeitet, entwickelte 1991 ein abhörsicheres Protokoll zur Quantenkryptografie mit Quantenverschränkung.



wendung in Dünnschichtsolarzellen. Der Grund liegt in einer monopolartigen Liefersituation: Zur Zeit stammen rund 95 Prozent der Seltenerd-Elemente aus China.

Guardian Angels

Die visionären Begleiter „Guardian Angels“ (GA) sind intelligente, autonome und unauffällige Geräte, die insbesondere für die Überwachung der persönlichen Gesundheit eingesetzt werden sollen.

Zentraler Bestandteil werden „Zero-Power“-Systeme sein, die die Energie für Betrieb, Kommunikation und Rechenleistung selber erzeugen, indem z.B. Bewegungen, Temperaturunterschiede oder Strahlungsenergie in elektrische Energie umgewandelt werden.

Als ständige persönliche Begleiter sollen die GA-Geräte z.B. im Bereich des individuellen Patientenmonitorings eingesetzt werden (physische GA).

GA-Geräte sollen aber auch die Umwelt überwachen, um potentielle Gefahren frühzeitig zu erkennen (ökologische GA). Die Geräte werden so ausgelegt sein, dass sie untereinander kommunizieren und den individuellen menschlichen Wahrnehmungsradius erweitern.

Und jetzt wird es utopisch: Schließlich werden die Geräte auch in der Lage sein, Gefühlszustände zu erfassen und Hilfestellungen für Behinderte zu geben (emotionale GA); das wenigstens visieren die Wissenschaftler an und gaben sie auf der FET11 in Budapest bekannt. So könnten beispielsweise vollständig gelähmte Menschen gedankengesteuert Befehle ausführen lassen oder Personen mit autistischem Krankheitsbild würden befähigt, emotional zu kommunizieren.

Schlüsseltechnologien, die für diese visionären „Begleiter“ erforscht, entwickelt und für eine industrielle Fertigung vorge-dacht werden sollen, umfassen energiesparende IC-Technolo-

gien, Sensoren und Schnittstellen, Software, Algorithmen und drahtlose Übertragungstechniken für eine sichere und energiesparende Kommunikation sowie neue effiziente Energiewandler und -speicher für einen autonomen, d.h. von externen Energiequellen und Batterien unabhängigen Betrieb.

28 Universitäten, Forschungsinstitute und industrielle Entwicklungslabore aus 13 europäischen Ländern haben sich in einem EU-Projekt zusammengeschlossen. Federführend sind hier die Schweizer Hochschulen Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne und die ETH Zürich; aus Deutschland mischen die Unternehmen Siemens und Infineon mit.

Human Brain Project

Hauptziel des Human Brain Project ist die Simulierung des menschlichen Gehirns. Die wichtigsten Partner sind 13 der bedeutendsten Forschungseinrichtungen in Deutschland, Großbritannien, Frankreich, Spanien, der Schweiz, Schweden, Israel, Österreich und Belgien. Insgesamt vereint das Projekt über 100 Organisationen aus den unterschiedlichsten Fachrichtungen: Neurowissenschaft, Genetik, angewandte Mathematik, Computerwissenschaft, Robotik und Sozialwissenschaften.

Das Human Brain Project bezweckt den Aufbau einer weltweit einzigartigen Forschungsinfrastruktur mit neuen Neurowissenschaftslabors und Supercomputeranlagen, neuen Forschungseinrichtungen für Neuromorphic Computing (siehe dazu CLB 10-2010) und Robotik sowie neuen Plattformen für Sozialwissenschaften und Bildung. Das Projekt wird sich ferner auch eingehend mit seinen gesellschaftlichen, rechtlichen und ethischen Auswirkungen auseinandersetzen.

Die Leitung der Forschungs-koordination liegt bei Henry Markram von der ETH Lausanne.

Kodirektoren sind Thomas Lipert, Forschungszentrum Jülich, Deutschland, Karlheinz Meier, Universität Heidelberg, Sten Grillner, Karolinska Institutet, Schweden, sowie Richard Frackowiak CHUV-UNIL, Schweiz.

FET-Programm

Das Programm für neue und künftige Technologien FET begann 1989. Rund 165 Projekte werden derzeit von der FET-Forschung, die nun feiert seinen 22. Geburtstag finanziert. FET Spuren seiner Geschichte zurück früh wie 1989, als in ESPRIT II einer bestimmten Sub-Programm namens BRA (Basic Research Actions) ins Leben gerufen wurde, um in FET im Jahr 1996 umbenannt werden.

FET ist laut EU-Kommission „Brutkasten und Navigator für neue Ideen und Themen der langfristigen Forschung im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien“. Es wird von der Generaldirektion Informationsgesellschaft und Medien der Europäischen Kommission verwaltet. FET hat demnach die Aufgabe, über die konventionellen Grenzen der IKT hinauszugehen und sich in unkartierte Gebiete vorzuwagen, in denen die Zusammenarbeit verschiedener natur- und geisteswissenschaftlicher Disziplinen (etwa Biologie, Chemie, Nano-, Neuro- und Kognitionswissenschaften, Ethnologie, Sozial- und Wirtschaftswissenschaften) zunehmend an Bedeutung gewinnt.

FET wird aus dem Siebten EU-Forschungsrahmenprogramm (RP7) finanziert. Die Europäische Kommission erhöht den RP7-Haushalt für die FET-Forschung ausgehend vom heutigen Stand von 100 Millionen Euro jährlich um 20 Prozent, und die Mitgliedstaaten sind aufgerufen, diese Anstrengungen mit ähnlichen Steigerungen zu unterstützen. Insgesamt sieht die Kommission FET-Forschungsmittel von 500 Millionen Euro für den Zeitraum 2010 bis 2013 vor. *RK*

Trendbarometer Förderungen

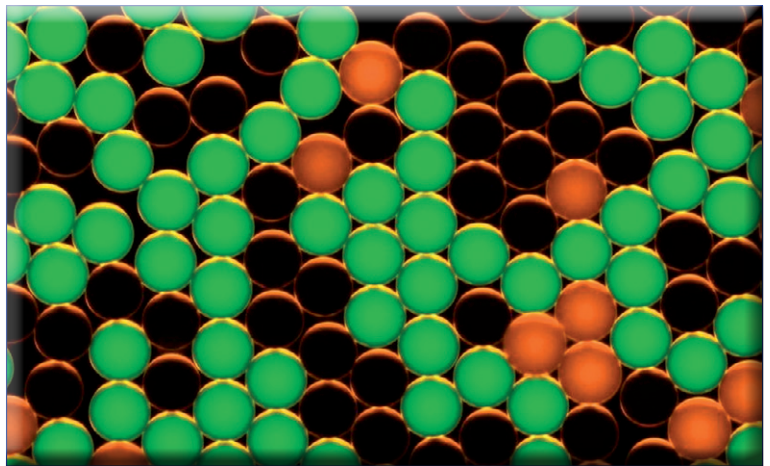
- Damit der Trend zur Miniaturisierung in der Elektronik fortgeführt werden kann, fördert die Europäische Union das internationale **Großprojekt AtMol** (Atomic Scale and Single Molecule Logic Gate Technologies) mit zehn Millionen Euro – und das Institut für Werkstoffwissenschaft (IFWW) der TU Dresden ist gemeinsam mit zehn Forschungseinrichtungen aus Europa und Singapur dabei.
- Die deutschen Bundesministerien für Wirtschaft und Technologie, für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie für Bildung und Forschung haben eine gemeinsame Initiative zur Förderung von Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet von Energiespeichertechnologien gestartet. Für die „**Förderinitiative Energiespeicher**“ stellen die drei Ressorts in einer ersten Phase bis 2014 insgesamt bis zu 200 Millionen Euro bereit.
- Saarbrücker Messtechniker koordinieren jetzt ein europaweites Forschungsprojekt, in dem preiswerte **Sensorsysteme für Luftschadstoffe** entwickelt werden. Mit ihrer Hilfe sollen Gebäude ausgewogen klimatisiert und durchlüftet werden, ohne dass dabei unnötig Energie verbraucht wird. Das auf drei Jahre bewilligte Forschungsprojekt wird vom BMBF mit 1,1 Millionen Euro gefördert. Rund 300 000 Euro erhält das Team von Andreas Schütze, Professor für Messtechnik der Universität des Saarlandes.
- Im Rahmen eines Programmes zur **Nachwuchsförderung in den Neurowissenschaften** erhält Dr. Veronica Egger vom (BMBF) rund 1,5 Millionen Euro über fünf Jahre. Sie wird damit im Department für Neurobiologie der LMU München der Frage nachgehen, wozu reziproke Verarbeitung im Gehirn dient.
- Das Nationale Centrum für Tumorerkrankungen (NCT) Heidelberg erhält eine „Grand Challenges Explorations“-Förderung der Bill & Melinda Gates-Stiftung in Höhe von 100 000 US-Dollar für wegweisende Forschungen zum Thema **globale Gesundheit und Entwicklung**. Die Forscher wollen mit Hilfe einer neuen Strategie untersuchen, wie das Aids-Virus mit dem Erbgut seiner Wirtszelle interagiert.
- Die Hector Stiftung II wird in den kommenden Jahren drei Millionen Euro zur Verfügung stellen, mit denen die Universität Konstanz herausragende Wissenschaftler an sich binden kann. Dazu wurde der „**Hector Personalfonds der Universität Konstanz**“ geschaffen. Der Fokus der Förderung liegt auf den „MINT“-Fächern, die sich aus Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik zusammensetzen.
- Mit ethischen und rechtlichen Aspekten der **Totalsequenzierung des menschlichen Genoms** beschäftigt sich ein neues, interdisziplinär ausgerichtetes Projekt, das am Marsilius-Kolleg der Universität Heidelberg angesiedelt ist und mit 600 000 Euro gefördert wird. Neben der Uni beteiligt sind das EMBL, DKFZ sowie das Max-Planck-Institut für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht.

Krebszellen genauer nachzuweisen

Ein neues Verfahren aus dem Bereich der Mikrofluidik

Ein hochempfindliches Verfahren, mit dem sich die Anzahl der Krebszellen in einer Probe bestimmen lässt, haben Wissenschaftler von der Universität in Straßburg, der Université Paris Descartes, des Max-Planck-Instituts für Dynamik und Selbstorganisation und der amerikanischen Firma Raindance Technologies jetzt entwickelt.

Bei den meisten Krebsarten zeichnet sich die DNA der befallenen Zellen durch bestimmte Mutationen aus. Diese können somit als hoch spezialisierte Biomarker dienen, um Krebszellen zu identifizieren und damit eine Erkrankung möglichst frühzeitig zu diagnostizieren. Allerdings sind herkömmliche Analysemethoden nicht sehr empfindlich: Sie können die veränderten DNA-Abschnitte nur dann



Grüne Wassertröpfchen enthalten einen mutierten DNA-Abschnitt, rote Tröpfchen einen gesunden. Die dunklen Tröpfchen sind zu Beginn des Verfahrens leer ausgegangen und enthalten keine DNA (Foto: MPIDS).

nachweisen, wenn sie mindestens zehn Prozent der Probe ausmachen. Doch gerade Blut- oder Urinproben betroffener Patienten weisen oft nur zu weniger als 0,1 Prozent veränderte DNA auf. Ließen sich auch solche geringen Mengen nachweisen, wäre dies ein erster Schritt in Richtung frühzeitigerer Diagnose und gezielterer Therapie.

Der internationalen Forschergruppe ist es nun gelungen, genau dieses Problem zu lösen. Mit Hilfe der Mutation des so genannten KRAS Gens, die bei Leukämie, Lungen-, Dickdarm- und Bauchspeicheldrüsenkrebs auftritt, konnten sie eine Empfindlichkeit von 0,0005 Prozent erreichen. Die neue Methode kombiniert jüngste Entwicklungen in der molekularen Diagnostik mit Methoden der Mikrofluidik.

Winzige Tröpfchen, die durch Mikrokanäle fließen und so gezielt manipuliert und analysiert werden können, dienen als mikroskopische Reagenzgläser für die entscheidenden molekularbiologischen Reaktionen. Die Forscher sind so erstmals in der Lage, unter 200 000 gesunden DNA-Abschnitten einen einzigen krankhaft veränderten Abschnitt aufzuspüren.

Am Anfang des Verfahrens steht das „Herstellen“ der winzigen Reagenzgläser. Eine wässrige Lösung, welche die DNA-Proben und zwei weitere Wirkstoffe enthält, wird nach und nach in Öl eingespritzt, so dass winzige Tröpfchen entstehen. Die Forscher konnten das Verfahren so optimieren, dass jeder Tropfen maximal einen DNA-Abschnitt enthält.

In einem nächsten Schritt unterziehen die Wissenschaftler eine ganze Ansammlung von Tröpfchen einem Verfahren, das die DNA-Abschnitte vervielfacht. Die zusätzlichen Wirkstoffe, die anfangs zugeführt wurden, sorgen dafür, dass Tröpfchen mit veränderter DNA danach grün fluoreszieren, Tröpfchen mit gesunder DNA rot. Danach schleusen die Forscher die Tröpfchen wieder einzeln – wie auf einer Perlenkette aufgereiht – durch einen Mikrokanal, um dann grüne und rote Tröpfchen zu zählen.

Auf diese Weise lässt sich das Verhältnis roter zu grüner Tröpfchen exakt bestimmen. Das Verfahren erlaubt somit nicht nur eine bisher unerreichte Empfindlichkeit, sondern auch eine genaue, quantitative Analyse.

Schwerste Antimaterie-Atomkerne

Mit Unterstützung deutscher Wissenschaftler haben Physiker am Brookhaven National Laboratory (BNL) im amerikanischen Bundesstaat New York einen entscheidenden Durchbruch bei der Erforschung der Antimaterie erzielt: Im STAR-Experiment ließen sich zum ersten Mal Atomkerne des Antihelium-4 erzeugen und nachweisen, des bislang schwersten, stabilen Antimaterie-Atomkerns. Eine Arbeitsgruppe von Physikern des Frankfurt Institute for Advanced Studies (FIAS) und der Goethe-Universität Frankfurt konnten dazu entscheidende Beiträge leisten. Im STAR-Experiment am RHIC haben die Physiker Goldionen bei nahezu Lichtgeschwindigkeit frontal zusammenprallen lassen um die entstehenden Teilchenspuren zu analysieren. Ein Team von Physikern um Reinhard Stock und Thorsten Kollegger entwickelte am FIAS eine Software, mit der die Spuren von 500 Milliarden geladenen Teilchen untersucht wurden. Dabei wurden 18 Antihelium-4-Atomkerne gefunden. Sie bestehen aus zwei Antiprotonen und Antineutronen, zerfallen nicht radioaktiv und zerstrahlen schließlich mit Materie im Außenbereich des Experiments. Diese Ergebnisse sind eine wichtige Grundlage für die Suche nach massiver Antimaterie im Weltall, die das „Alpha Magnetic Spectrometer (AMS)“ unternehmen soll, das im April zu der Internationalen Raumstation ISS startete. Antihelium-4 wird voraussichtlich lange der schwerste stabile Antimaterie-Atomkern sein, der im Labor erzeugt wird, da auf absehbare Zeit die technischen Voraussetzungen zur Produktion von noch schwereren Antimaterie-Kernen fehlen.

Beim Strom autark: Solarstrom vom Dach in LTO-LFP-Batterien im Keller

**Zu CLB 03/2011, 104-110:
NaS-Akkus: Der verkannte
Superspeicher**

Elektrochemiker und Elektroingenieure der TU München entwickeln Akkus aus Litiumtitanat und Litiumeisenphosphat, die extrem lange haltbar und damit kostengünstig sein werden. Ein dezentraler Stromspeicher könnte eine neue Generation Litium-Batterien darstellen, die Litiumtitanat (LTO) für die Anode und Litiumeisenphosphat (LFP) für die Kathode nutzt. Die Forscher entwickeln eine solche LTO-LFP-Batterie, die über extrem viele Ladezyklen haltbar sein soll und sich daher etwa als Stromspeicher von Fo-

tovoltaikanlagen eignen könnte. An Versuchszellen wurde bereits eine Lebensdauer von 20 000 Zyklen ohne eine nennenswerte Veränderung der Kapazität nachgewiesen – bisher gebräuchliche Litiumionenbatterien zum Beispiel schaffen lediglich 1000 bis 3000 Zyklen. Bislang sind LTO-LFP-Batterien noch wenig erforscht, da sie für Elektroautos zu groß und zu schwer wären. Da Anwendungen als Speicher für erneuerbare Energien meist jedoch keine hohen Anforderungen an die Energiedichte stellen, macht die Langlebigkeit von LTO-LFP-Batterien sie als Speicher sehr kostengünstig.

Photobioreaktor mit Blockheizkraftwerk und CO₂-Rückführung

**Zu CLB 01-02/2010, 48-56:
Mikroalgen als Rohstoffpro-
duzenten**

An der Technischen Hochschule Wildau wurde am 6. Mai die Pilotanlage eines Photobioreaktors auf Algenbasis in Verbindung mit einem Blockheizkraftwerk in Betrieb genommen. Mit 277 000 Euro wurde ein Photobioreaktor gekoppelt mit einem Biogasprozess und einer Kraft-Wärme-Maschine aufgebaut. So kann die mit Hilfe des Sonnenlichtes erzeugte Algenbiomasse in einem zweistufigen Prozess ganz oder teilweise in Biogas umgewandelt und in einem Kleinheizkraftwerk verstromt werden.

Das beim Energiegewinnungsprozess entstehende Treibhausgas CO₂ wird in einem geschlossenen Kreislauf in den Bioreaktor zurückgeführt und wieder für die Algenzucht eingesetzt. Darüber hinaus lassen sich mit Hilfe des Photobioreaktors je nach Algenspezies verschiedenste Wertstoffe gewinnen, beispielsweise Öle zum direkten Einsatz als Brennstoff, probiotische Wirk- und Zusatzstoffe für die Nahrungsmittel- bzw. Kosmetikindustrie, Zuschlagstoffe für Tierzucht und Aquakultur. Die Wildauer Pilotanlage bildet den Grundstein für eine spätere großtechnische Anlagenrealisierung.

Wirkungsgrad-Rekord bei GuD-Kraftwerk: 60,75 Prozent

**Zu CLB 04/2011, 166-168:
Siemens-Forschungschef:
Technik für die Umwelt**

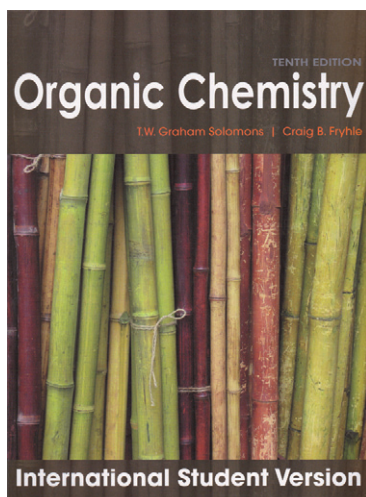
Eine neue Gasturbine von Siemens hat im Kombibetrieb mit einer Dampfturbine eine

Rekordmarke beim Wirkungsgrad gesetzt. Mit 60,75 Prozent übertrifft der Testlauf sogar die angepeilte Marke von 60 Prozent deutlich. Die Vorgängergeneration hat einen Wirkungsgrad von 58,5 Prozent. Die neue Turbine ist für 400 Megawatt (MW) im reinen Gasturbinenbetrieb und 600 MW im Gas- und Dampfturbinen (GuD)-Betrieb ausgelegt. Bei Tests unter realen Bedingungen konnten mehr als 500 MW in nur einer halben Stunde bereitgestellt werden. Möglich wird diese Leistung durch ein Zusammenspiel ausgefeilter Gasturbinentechnik und den auf hohe Temperaturen und hohen Druck optimierten Schlüsselkomponenten der gesamten Anlage. Jede Turbine besteht aus mehr als 7000 Einzelteilen und wiegt in der 50-Hertz-Variante mit 440 Tonnen so viel wie ein vollgetankter Airbus A380. Im Inneren der Brennkammer herrschen bis zu 1500 Grad Celsius, und die Spitzen der Turbinenschaufeln erreichen mit rund 1700 Kilometern pro Stunde (km/h) Schallgeschwindigkeit. Durch den Anstieg an fluktuierender Stromeinspeisung von Windkraft- und Solaranlagen braucht man ausgleichende, schnell reagierende Großkraftwerke für die Stabilität im Netz.

Das Bild vom Rekord-GuD-Kraftwerk zeigt im Vordergrund die Gasturbine SGT5-8000H, den Generator SGen5-3000W und die Dampfturbine SST5-5000, die auf einer Welle angeordnet sind. (Foto: Siemens).



Organische Chemie: Ansprechend und mit vielfältigem Studienmaterial



T. W. Graham Solomons, Craig B. Fryhle: *Organic Chemistry*; 1280 Seiten; Verlag John Wiley & Sons; 10. Auflage 2010; ISBN 978-0-470-52459-6; 65,90 Euro.

Die als International Student Version vorliegende, vollständig überarbeitete und erweiterte 10. Auflage des bewährten Lehrbuches der Organischen Chemie umfasst 25 Kapitel. Hiervon dienen 6 Kapitel (auf 284 Seiten) der ausführlichen Beschreibung der grundlegenden Lehrinhalte: Chemische Bindung und Molekülstrukturen (1), Klassen organischer Verbindungen, Funktionelle Gruppen, Zwischenmolekulare Kräfte und IR-Spektroskopie (2), Typen organisch-chemischer Reaktionen, insbesondere Säure-Base-Reaktionen (3), Alkane und Cycloalkane und Nomenklatur-Regeln (4), Stereochemie (5) sowie Substitutions- und Eliminations-Reaktionen (6).

Es folgen Kapitel über Alkene und Alkine (7 und 8) und über NMR-Spektroskopie und Massenspektrometrie als Methoden zur Struktur-Bestimmung (9) sowie über den Verlauf von Radikalreaktionen. (10). Jeweils mehrere Kapitel haben Alkohole (11 und 12), konjugierte ungesättigte Systeme und aromatische Verbindungen (13 mit 15) und Carbonyl-Verbindungen (16, 18 und 19) zum Gegenstand. Ausführlich werden auch Carbonsäuren und deren Derivate (17), Amine (20) und Phenole (21) beschrieben. Die abschließenden Kapitel sind den großen Klassen der Naturstoffe vorbehalten: Kohlenhydrate (22), Lipide (23), Aminosäuren und Proteine (24) sowie Nucleinsäuren

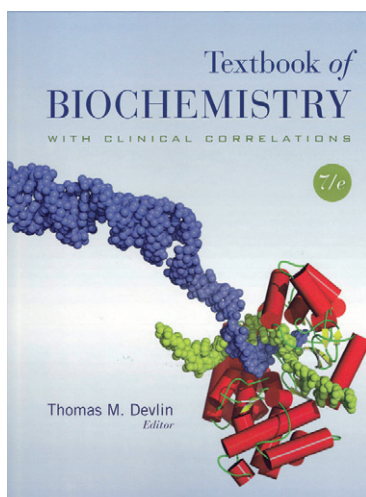
und Protein-Synthese (25). Darüber hinaus werden Lehrinhalte in den Anhängen A bis H im Lehrbuch selbst (Synthesen mit organometallischen Verbindungen) und – über den kostenfreien Zugang www.wiley.com/go/global/solomons – als Teil der „Student Companion Site“ unter „Special Topics“ besprochen, wie Polymere, Thiol-Verbindungen und Alkaloide.

Das Lehrbuch zeichnet sich durch Anschaulichkeit, Übersichtlichkeit (ausgenommen die Wiedergabe von elektrischen Ladungen) und Verständlichkeit aus. Es beinhaltet:

- farbige Abbildungen, Molekül-Modelle und farbige Hervorhebungen im Text und in Formeln;
- Markierungen grundlegender Begriffe im Text und im Glossar (22 Seiten) sowie viele inhaltsreiche Tabellen;
- 102 herausgehobene Abschnitte mit Darstellungen von Reaktions-Mechanismen („A Mechanism for the Reaction“);
- unter der Bezeichnung „The Chemistry of...“ 57 herausgehobene Abschnitte zu besonders interessanten Themen, auch aus der Biochemie, wie Biologische Methylierung, Stereoselektive Reduktion und ATP-Produktion;
- Zusammenfassungen am Schluss von 20 Kapiteln in Form von ganzseitigen farbigen Darstellungen („Concept Maps“).

Ferner enthält das Lehrbuch Aufgabenstellungen mit Angaben der Lösungswege und der Lösungen (161 „Solved Problems“), weitere Aufgaben unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades (712), auch speziell für Lerngruppen (78) sowie 634 Antworten im Anhang. Insgesamt ist diese Neuauflage allen an einer umfassenden Darstellung der Organischen Chemie interessierten Studierenden zu empfehlen. Dr. Dieter Holzner

Biochemie zum Verständnis physiologischer Vorgänge



Thomas M. Devlin (Hrsg.): *Textbook of Biochemistry with Clinical Correlations*; 1240 Seiten; Verlag John Wiley & Sons; 7. Auflage 2010; ISBN 978-0-470-28173-4; 63,90 Euro.

Die vollständig überarbeitete und erweiterte Neuauflage dieses Lehrbuches beinhaltet in erster Linie die Beschreibung der Biochemie eukaryotischer Zellen und biochemischer Reaktionen auf der zellulären Ebene und hebt die Verknüpfung mit physiologischen und pathophysiologischen Vorgängen (Krankheitsbildern) im Organismus hervor.

Jedes der 27 Kapitel der in 5 Teile gegliederten 7. Auflage enthält solche „Clinical Correlations“ (insgesamt 260).

I) *Struktur von Makromolekülen*, mit Lehrinhalten über die Beschaffenheit eukaryotischer Zellen sowie über Nucleinsäuren und Proteine (Kap. 1 bis 3).

II) *Übertragung von Information*, mit je einem Kapitel über DNA (Replikation, Rekombination und Reparatur), RNA (Transkription und RNA-Processing) und Protein-Synthese (4 bis 6) sowie über die Regulation der Gen-Expression in Prokaryoten und Eukaryoten (8). Hinzu kommt ein Kapitel über Rekombinante DNA und Biotechnologie (7).

III) *Funktionen von Proteinen*, wie Antikörpern, Serin-Proteasen und Hämoglobin (9), gefolgt von Ausführungen über Enzyme (10; Klassifizierung,

Kinetik und Kontrolle) und über Cytochrome (11). Es schließen sich Kapitel an über biologische Membranen (12) und Grundlagen der zellulären Signal-Transduktion (13).

IV) *Stoffwechselwege und ihre Kontrolle*, beginnend mit Bioenergetik, Mitochondrien und Oxidativem Stoffwechsel (14), gefolgt von Stoffwechselwegen einzelner Verbindungsklassen: Kohlenhydrate (15 und 16), Lipide (17 und 18), Aminosäuren sowie Häm (19), Purin- und Pyrimidin-Nucleotide (20) und Kapiteln über die Wechselbeziehungen dieser Stoffwechselwege im menschlichen Organismus (21) sowie über Hormone (22).

V) *Physiologische Vorgänge* in Säugetierzellen und Geweben mit den Kapiteln Molekulare Zellbiologie (23; mit Nervensystem, Muskelkontraktion und Blutgerinnung), Zellzyklus und Krebs (24), die Biochemie von Verdauungsvorgängen (25), Vi-

tamine und Mineralstoffe (26) und Ernährung des Menschen (27).

Eine Zusammenfassung der jeweils wichtigsten Lehrinhalte ist den Kapiteln als „Key Concepts“ vorangestellt; am Schluss jedes Kapitels findet man Zusammenstellungen von Literaturangaben sowie stets 12 Multiple Choice Fragen und 2 Aufgaben, gefolgt von den Antworten. Zudem enthalten 11 Kapitel als „A Closer Look“ noch nähere Angaben zu ausgewählten Themen (insgesamt 51). Diesem gut ausgestatteten Lehrbuch (fester Einband; zahlreiche farbige Abbildungen; Glossar; ausführliches Register) ist auch im deutschsprachigen Raum bei Studierenden weite Verbreitung zu wünschen, wobei unter www.wiley.com/college/devlin als „Student Companion Site“ noch die Bereiche „Animated Figures“, „Guided Explorations“ und „Interactive Exercises“ frei zugänglich sind. Dr. Dieter Holzner

Die bunte Welt der Biotechnologie in vielfältiger Ausprägung

Reinhard Renneberg, Darja Süßbier: *Biotechnologie für Einsteiger*; 392 Seiten; Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 3. Auflage 2010; ISBN 978-3-8274-2045-9; 39,95 Euro.

Reinhard Renneberg, Darja Süßbier: *Biotechnologie für Einsteiger*: Die Bild-DVD-ROM „Die Grafiken zur 3. Auflage des Buches“; ISBN 978-3-8274-2510-2; 25,00 Euro.

Nach zwei vorangegangenen Auflagen (Rezension der 1. Auflage in CLB Heft 02/2006) von „Biotechnologie für Einsteiger“ liegen nun die 3. Auflage des Buches sowie eine Bild-DVD-ROM mit den Grafiken hierzu vor. Die Lehrinhalte der Neuauflage sind gegenüber den vorangegangenen Auflagen um nahezu 100 Seiten erweitert worden, wobei auch die Anzahl der „Boxen“ von 72 auf insgesamt 98 erhöht worden ist. Die meisten dieser als „Boxen“ bezeichneten und herausgehobenen, mitunter auch mehrere Seiten umfassenden Ausführungen sind einer der beiden Kategorien „Biotech-Historie“ oder „Expertenmeinung“ zugeordnet und – ebenso wie das gesamte Buch – hervorragend illustriert. So findet man unter „Expertenmeinung“ Beiträge wie „Protein-Engineering: Maßgeschneiderte Enzyme“, ferner „Marine Biotechnologie“, außerdem „Biotechnologie an Kulturpflanzen in den USA – eine Erfolgsgeschichte“ sowie „Antikörper contra niedermolekulare Pharmazeutika“ und zur Nanotechnologie.

Von besonderem Interesse sind auch die Boxen zu bahnbrechenden Entwicklungen in der Biotechnologie, Molekularbiologie und Gentechno-

logie und über das *Genographic Project* (illustriert durch zwei DNA-Wanderkarten).

Bei unveränderter Anzahl der Kapitel (insgesamt 10) wurden die meisten Ergänzungen in den Kapiteln Analytische Biotechnologie und das Humangenom (10), Viren, Antikörper und Impfungen (5) und Grüne Biotechnologie (7) vorgenommen, gefolgt von den Kapiteln Umwelt-Biotechnologie (6) sowie Herzinfarkt, Krebs und Stammzellen (9). Die weiteren Kapitel Bier, Brot, Käse (1), Enzyme (2), Weiße Biotechnologie (4) sowie Die Wunder der Gentechnik (3) und schließlich Embryonen, Klone und transgene Tiere (8) wurden etwas erweitert. Zu jedem Kapitel gehören 8 Fragen zur Selbstkontrolle, Literaturangaben sowie Weblinks. Hinzugekommen ist ein Glossar (6 Seiten).

Die zur 3. Auflage angebotene Bild-DVD-ROM ermöglicht es (nach verlagsseitigen Angaben) die Grafiken des Buches in Form von Folien, Dias, Ausdrucken oder über einen Beamer zu nutzen. Insgesamt liegt mit der 3. Auflage ein Werk vor, das angesichts der unter dem Dach „Biotechnologie“ dargestellten Vielfalt an Inhalten zu Forschung, Entwicklung und breit gefächerten Anwendungen sowie der Anschaulichkeit der mehr als 600 Abbildungen in Farbe weite Verbreitung finden wird. Dr. Dieter Holzner



Neue Systemlösung beschleunigt die Validierung von automatisierten Liquid-Handling-Prozessen



Die epBlue GxP ermöglicht die Erstellung von digital signierten PDF-Dokumenten, generiert automatisch einen Audit Trail, in dem zeitgestempelte Aufzeichnungen aller Benutzeraktivitäten gespeichert werden, und schützt diesen in einer Datenbank. Exportierbare digitale Zertifikate können schnell und einfach auf externen Computern überprüft werden. Optionales ID-Tracking für die Verwendung von Labware mit Barcodes oder ID-Listen ist ebenfalls verfügbar.

Carsten Buhlmann, PhD, International Product Manager Automated Liquid Handling, Eppendorf AG, sagt über die epMotion GxP-Systemlösung: „Dies ist ein Komplettpaket, das alles beinhaltet, die epMotion-Hardware für automatisches Pipettieren sowie die Software, Services und Zertifikate. Sie wurde nach dem GAMP 5-Standard entwickelt, und ich bin überzeugt, dass ihre hohe Qualität und umfassenden Funktionen unseren Kunden aus der Pharmaindustrie helfen werden, ihre Prozessvalidierung und -qualifizierung extrem zu verkürzen.“

Sicherheit in der mikrobiellen Analytik und Diagnostik

Der Nachweis humanpathogener Bakterien wie z.B. EHEC stellt immer wieder ganz besondere Anforderungen an die Arbeitsabläufe im Labor. Sicherheit ist hier das zentrale Thema. Anbieter wie Eppendorf bieten zahlreiche Laborprodukte an, die Sicherheit geben. Aerosoldichte Zentrifugendeckel und Filterspitzen mit 2-Phasen-Kontaminationsschutz verhindern eine Kontamination von Arbeitsgeräten und Personen im Labor. Verbrauchsmaterialien, die zertifiziert frei von bakterieller DNA sind und nachweislich keine PCR-Inhibitoren oder andere störende Substanzen abgeben, helfen darüber hinaus zu eindeutigen, richtigen Ergebnissen zu kommen.

Eppendorf wurde 1945 in Hamburg gegründet und beschäftigt mehr als 2.500 Mitarbeiter weltweit. Das Unternehmen besitzt Tochtergesellschaften in 18 Ländern und wird auf vielen weiteren Märkten durch Vertriebspartner repräsentiert. Das Sortiment des Unternehmens umfasst Pipetten, Dispenser und Zentrifugen sowie Verbrauchsmaterial wie Reaktionsgefäße und Pipettenspitzen. Darüber hinaus stellt Eppendorf Instrumente und Systeme für das automatisierte Liquid Handling bereit. Auch ein komplettes Sortiment an Geräten für die DNA-Vervielfältigung für Standard-PCR oder Echtzeit-PCR sowie Systeme zur Zellmanipulation und Elektroporation sind im Angebot. New Brunswick Scientific, Edison, USA, steht für Fachkenntnis und Spitzenprodukte im Bereich Zellwachstum, -detektion und -lagerung innerhalb der Eppendorf Group.

www.eppendorf.de

Die Eppendorf epMotion GxP-Systemlösung umfasst ein automatisches Pipettiersystem, epBlue™ GxP-Software und Zertifikate sowie spezielle Zertifizierungs- und Validierungsservices (z. B. IQ/OQ und Benutzertrainings). Das neue automatische Pipettiersystem epMotion GxP erfüllt die gesetzlichen Anforderungen in Europa und den USA und ermöglicht es Ihnen, die Validierung von automatisierten Liquid-Handling-Prozessen wesentlich zu beschleunigen.

Für Biomedizin- und Pharmaunternehmen sowie entsprechende Forschungsinstitute, die in einem regulierten Umfeld arbeiten, kann die Validierung und Qualifizierung ihrer Pipettiervorgänge nach 21 CFR Teile 11, 58, 211 und 820, GLP, GMP und GCP mit einem großen Zeit- und Arbeitsaufwand verbunden sein. Mit dem nach GAMP 5 entwickelten epMotion GxP System ist ein Großteil der Systemvalidierungen schon von Eppendorf erfolgt, so dass der Benutzer viel Zeit spart und sich auf seinen Teil der Validierung seiner Anwendung fokussieren kann.

Das neue epBlue GxP Softwaremodul bietet eine breite Palette an leistungsstarken Funktionen. Hierzu zählt beispielsweise eine strikte Zugangskontrolle mit 5 verschiedenen Benutzerebenen (Admin, Admin Lab, User 1, User 2, Guest), die das Erstellen oder Ausführen einer Anwendung sowie Zugriff auf elektronische Datensätze nur mit gültiger Benutzer-ID und Passwort ermöglicht.

Laboratorien maximieren Betriebszeit und Effizienz von diagnostischen Instrumenten durch Remote-Konnektivität – Institut für Laboratoriumsmedizin erhöht Durchsatz und verbessert Betriebszeit mithilfe von AbbottLink

Abbott Park, Illinois, April 2011 Obwohl immer mehr wartbare Systeme fernüberwacht werden könnten, werden sie es in der Praxis nicht. Laut der Aberdeen Group wurden im Jahr 2009 nur 16 Prozent der wartbaren Systeme fernüberwacht¹, und im Jahr 2010 stieg diese Zahl auf 28 Prozent an².

Die Abbott Diagnostics Division hilft ihren Kunden, diesen Trend umzukehren, was den Laboratorien wesentliche Vorteile bietet. Mehr als 60 Prozent der diagnostischen Instrumente der „Architekt“-Produktfamilie, die laut Abbotts Erhebung von 2009 weltweit in Betrieb waren, sind nun mithilfe von AbbottLink-Netzwerkonnektivität an Fernwartung und -support angebunden – d.h. mehr als doppelt so viele wie im Branchendurchschnitt.

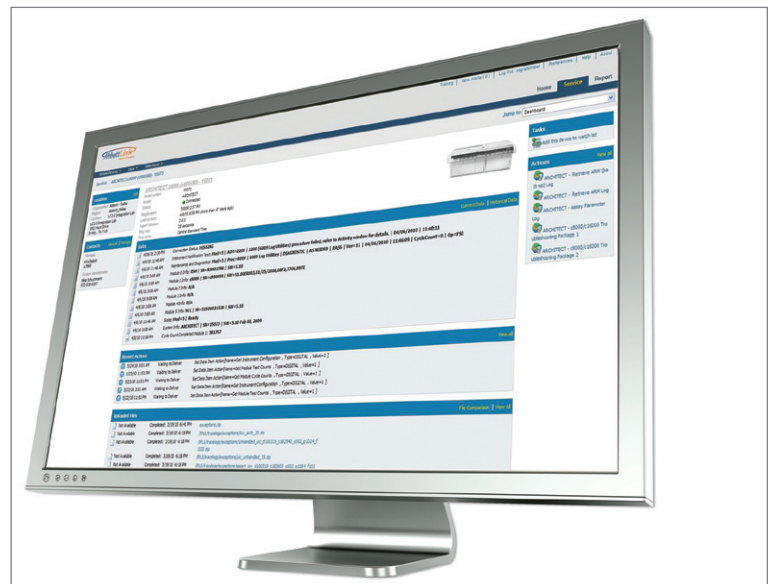
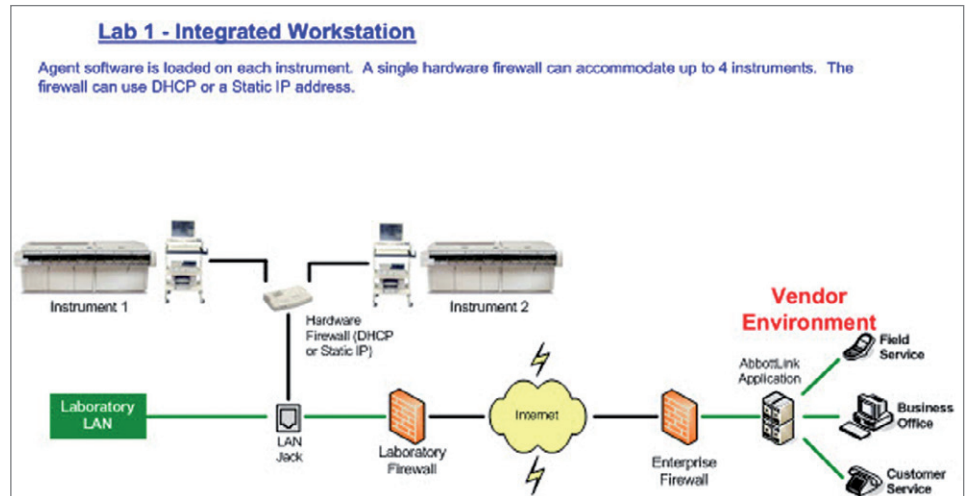
AbbottLink übermittelt wichtige Betriebsdaten in Echtzeit an den technischen Support, was den Support- und Wartungsmitarbeitern ermöglicht, eine proaktive Überwachung und Fernfehlersuche zu bieten, um Probleme zu identifizieren und zu beseitigen, bevor sie aufkommen.

Eines dieser Laboratorien ist das Institut für Laboratoriumsmedizin in Stuttgart. Das Laboratorium unterstützt ein 1200-Betten-Krankenhaus und arbeitet 24 Stunden am Tag, wobei mehr als 2 Millionen Tests im Jahr verarbeitet werden.

„AbbottLink ist die perfekte Lösung, um unsere Instrumente zu warten und ihre Betriebszeit zu erhöhen. Wenn der Kundendienst über AbbottLink ein Problem identifiziert, kann es oft gelöst werden, bevor es sich auf die Produktivität auswirkt.“

Wenn ein Wartungstechniker angerufen werden muss, weiß er genau, was zu reparieren ist und ist gut vorbereitet – es gibt keine Verzögerungen durch die Fehlersuche vor Ort“, so Dr. Matthias Orth, medizinischer Leiter des Institut für Laboratoriumsmedizin. „Meine Mitarbeiter verwenden weniger Zeit auf die Wartung von Instrumenten und mehr Zeit auf die Erledigung von Aufgaben, um der Klinik diagnostische Daten zu liefern.“

Wenn Sie mit Dr. Matthias Orth, dem medizinischen Leiter des Institut für Laboratoriumsmedizin, oder mit Mark Wheeler, Vice President des Global Service der Abbott Diagnostics Division, sprechen möchten, um mehr über die Trends in der Fernüberwachung zu erfahren, kontaktie-



ren Sie bitte Chris Stamm unter +1-617-234- 4118 oder cstamm@waggenereidstrom.com.

Abbott ist ein breit aufgestelltes, weltweit tätiges Gesundheitsunternehmen, das sich auf die Erforschung, Entwicklung, Herstellung und Vermarktung von Arzneimitteln und medizinischer Produkte, einschließlich Ernährung, Medizintechnik und Diagnostika, konzentriert. Das Unternehmen beschäftigt fast 90 000 Mitarbeiter und vertreibt seine Produkte in mehr als 130 Ländern. In der In-vitro-Diagnostik bietet das Unternehmen ein breites Spektrum an innovativen Instrumentensystemen und Tests für Krankenhäuser, Speziallabors, Molekularlabors, Blutbanken und Arztpraxen an. Mit mehr als 69 000 Kunden in über 100 Ländern bieten die Diagnostika von Abbott Automatisierung, Komfort, Testmöglichkeiten direkt vor Ort, Kosteneffektivität und Flexibilität.

1 „Remote Product Service: Reducing Costs & Driving Revenue in a Down Economy“, Aberdeen Group, Februar 2009.

2 „The Real-Time Service Enterprise“, Aberdeen Group, Dezember 2010.

ERREICHEN HALTEN

Die CLB-Rubrik für Ausbildung und Weiterbildung
in Chemie, Labortechnik, Biologie, Biotechnik und verwandte Bereiche
sowie für praxisorientierte Themen aus der Umwelt

Mai 2011

Rückstands-Überschreitungen nehmen stetig ab BVL-Berichterstattung zu Pflanzenschutzmittelrückständen 2009

Die Zahl der Lebensmittel, in denen unzulässig hohe Rückstände an Pflanzenschutzmitteln nachgewiesen werden, nimmt kontinuierlich ab. Im Jahr 2009 hat die Quote der Beanstandungen bei Erzeugnissen aus Deutschland und den übrigen EU-Mitgliedstaaten erstmals ein einheitlich niedriges Niveau erreicht. Dies ist das zentrale Ergebnis der „Nationalen Berichterstattung Pflanzenschutzmittelrückstände in Lebensmitteln 2009“, die das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) Anfang Mai in Berlin veröffentlichte.

Im Jahr 2009 wurde in 1,6 Prozent der untersuchten Erzeugnisse deutscher Herkunft eine Überschreitung des geltenden Rückstandshöchstgehaltes festgestellt. Der positive Trend der Vorjahre setzte sich damit weiter fort. Im Jahr 2007 hatten die Untersuchungsämter noch in 2,7 Prozent der Proben Überschreitungen der Höchstmengen gemessen, im Jahr 2008 in 1,9 Prozent der Proben. Noch deutlicher zeigte sich diese Entwicklung bei Lebensmitteln aus anderen Mitgliedstaaten der Europäischen Union (EU). Während hier im Jahr 2007 noch bei 5 Prozent der untersuchten Proben Überschreitungen der Rückstandshöchstgehalte auftraten, ging dieser Anteil 2008 auf 3 Prozent und 2009 schließlich auf 1,5 Prozent zurück. Auch die Situation bei Erzeugnissen aus Drittländern (außerhalb der EU) hat sich leicht

verbessert. Der Anteil der Proben, in denen Rückstände oberhalb der Rückstandshöchstgehalte gemessen wurden, reduzierte sich von 9,5 Prozent im Jahr 2007 über 9,1 Prozent im Jahr 2008 auf 8,6 Prozent im Jahr 2009.

Damit sanken 2009 erstmalig die Überschreitungen der Rückstandshöchstgehalte ebenso wie die daraus resultierenden Beanstandungen bei Erzeugnissen aus anderen EU-Mitgliedstaaten auf das Niveau der aus Deutschland stammenden Lebensmittel. Dieses Ergebnis stützt die Annahme, dass die bisher stets höheren Überschreitungs- und Beanstandungsraten bei Erzeugnissen aus anderen Mitgliedstaaten der EU auch auf die unterschiedliche Gesetzeslage in diesen Ländern zurückzuführen waren. Mit dem vollständigen Inkrafttreten der Verordnung (EG) Nr. 396/2005 gelten seit dem 1. September 2008 EU-weit einheitliche Rückstandshöchstgehalte.

Gesamtrückstandssituation

Den höchsten Anteil an Proben ohne quantitativ messbare Rückstände von Pflanzenschutzmitteln weisen nach wie vor deutsche Erzeugnisse auf. Im Jahr 2009 betrug er 46,2 Prozent (2008: 51,8 Prozent). Bei Lebensmitteln aus anderen EU-Mitgliedstaaten waren hingegen nur in 33,1 Prozent der untersuchten Proben (2008: 35,6 Prozent) keine Pflanzenschutzmittelrückstände quantitativ bestimmbar, in Erzeugnissen aus Drittländern in 34,6 Prozent

der Proben (36,4 Prozent). Insgesamt wurden im Jahr 2009 bei 39,9 Prozent (2008: 43,4 Prozent) der Proben keine Rückstände in quantifizierbaren Mengen gefunden, während in 57,2 Prozent (2008: 52,9 Prozent) der untersuchten Proben die gefundenen Rückstände unterhalb der geltenden Rückstandshöchstgehalte lagen. In 2,9 Prozent (2008: 3,7 Prozent) aller Proben überschritten die festgestellten Rückstände den geltenden Höchstgehalt, woraufhin in 1,9 Prozent (2008: 2,0 Prozent) der Fälle eine Beanstandung erfolgte. Die Anzahl der von Deutschland aufgrund von Pflanzenschutzmittelrückständen in Lebensmitteln an das europäische Schnellwarnsystem (RASFF) übermittelten Meldungen sank im Jahr 2009 auf 26 (2008: 40 Meldungen).

Die Untersuchungseinrichtungen der amtlichen Lebensmittel- und Veterinärüberwachung der Bundesländer haben im Jahr 2009 insgesamt 16 866 Proben von Lebensmitteln pflanzlichen und tierischen Ursprungs sowie von Säuglings- und Kleinkindernahrung auf das Vorhandensein von Pflanzenschutzmittelrückständen untersucht. Bei den am häufigsten kontrollierten Erzeugnissen handelte es sich um Erdbeeren (1168 Proben), Tafeltrauben (911 Proben) und Äpfel (833 Proben), gefolgt von Salat (809 Proben), Paprika (744 Proben), Kartoffeln (568 Proben) und Tomaten (551 Proben). Unter den 16 866 Proben waren auch 493 Proben, denen konkrete Ver-

dachtsmomente oder Beschwerden zugrunde lagen und die daher nicht in die genannten Auswertungen eingegangen sind. Erwartungsgemäß war hier die Belastung höher.

Biolebensmittel

Proben aus biologischem Anbau wiesen wie in den Vorjahren wesentlich weniger Pflanzenschutzmittelrückstände auf. Von den untersuchten 1260 Bio-Proben (einschließlich Verdachts- und Beschwerdeproben) enthielten 77,4 Prozent keine Rückstände in quantitativ messbaren Mengen, während in 22,6 Prozent der Proben Rückstände mit meistens sehr geringen Gehalten auftraten. Nur bei 3 Proben (0,2 Prozent) lagen die gefundenen Rückstände über den für konventionell erzeugte Produkte geltenden Rückstandshöchstgehalten.

Säuglingsnahrung

Weiterhin als nahezu rückstandsfrei kann Säuglings- und Kleinkindernahrung angesehen werden. So wurden in 14 Prozent der Proben Rückstände in nur sehr geringer Höhe gemessen. In keinem Fall trat eine Überschreitung der geltenden Rückstandshöchstgehalte auf.

Lebensmittel tierischen Ursprungs

Bei Lebensmitteln tierischen Ursprungs konnten zwar in 47 Prozent der Proben Rückstände in quantitativ messbaren Mengen nachgewiesen werden, doch waren diese in der Regel sehr gering. Es handelte sich hier vor allem um die persistenten und praktisch ubiquitär nachweisbaren chlororganischen Insektizide wie DDT, HCB und Lindan. Diese dürfen in Deutschland schon seit längerer Zeit nicht mehr angewendet werden. Allerdings führen Altlasten, vor allem im Boden, immer noch zu nachweisbaren Rückständen in den entsprechenden Lebensmitteln.

Lebensmittel pflanzlichen Ursprungs

Größere Unterschiede gab es bei Obst, Gemüse und anderen pflanzlichen Erzeugnissen. So wiesen einerseits viele dieser Lebensmittel keine oder nur wenige Überschrei-

tungen der geltenden Rückstandshöchstgehalte auf, beispielsweise Äpfel, Bananen, Blumenkohl, Kartoffeln und Tomaten. Andererseits gab es auch Erzeugnisse mit höheren Beanstandungsraten. Als Beispiele seien frische Kräuter (20,7 Prozent), Himbeeren (5,1 Prozent), Grapefruits (5,0 Prozent), Bohnen mit Hülsen (4,6 Prozent) und Grünkohl (4,3 Prozent) genannt.

Mehrfachrückstände

Mit 39,8 Prozent nahm gegenüber dem Vorjahr (36,4 Prozent) die Zahl der Proben, in denen mehr als ein Wirkstoff nachgewiesen wurde, wieder etwas zu. Zu den Obst- und Gemüsesorten mit einem prozentual besonders hohen Anteil an Mehrfachrückständen zählten dabei Johannisbeeren, Grapefruits, Mandarinen, Himbeeren, Tafeltrauben und Rucola.

Die möglichen Ursachen für das Auftreten von Mehrfachrückständen sind vielfältig. Sie reichen von der Anwendung von Kombinationspräparaten mit mehreren Wirkstoffen und einem gezielten Wirkstoffwechsel, der die Entwicklung von Resistenzen bei Schaderregern vermeiden soll, bis hin zur Vermischung verschiedener Partien im Handel. Konzepte zur routinemäßigen Berücksichtigung von Mehrfachrückständen sowohl in der Bewertung als auch bei der Festsetzung der Rückstandshöchstgehalte werden derzeit von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) und den nationalen Behörden der Mitgliedstaaten der EU entwickelt.

Zu den im Jahr 2009 untersuchten 16 866 Lebensmittelproben wurden mehr als 4,7 Millionen einzelne Analysenergebnisse zu 804 verschiedenen Wirkstoffen ermittelt. Keine Probe wurde dabei auf das gesamte Stoffspektrum untersucht. Im Durchschnitt waren dies je Probe 280 Wirkstoffe.

Bei der Betrachtung dieser Ergebnisse muss berücksichtigt werden, dass sie größtenteils auf risikoorientiert gezogenen Proben basieren. Dadurch ist der Anteil an Proben, bei denen Pflanzenschutzmittelrückstände festgestellt werden, überproportional groß.

Aus der Bildungslandschaft

- Hervorragenden Bachelor-Absolventen der Informatik bietet das Hasso-Plattner-Institut eine außergewöhnliche Chance: Sie können ab kommendem Wintersemester am HPI ein neuartiges, **auf eine Promotion ausgerichtetes Master-Studienprogramm** beginnen. Es integriert die Masterstudenten von vornherein in die HPI Research School.
- Die Hochschule Biberach wird ihr Studienangebot zum Herbst dieses Jahres erweitern. Ab sofort sind Bewerbungen für die **Bachelor-Studiengänge Energiewirtschaft und Industrielle Biotechnologie** möglich. Um einen siebensemestrigen Bachelor-Studiengang handelt es sich bei der Industrielle Biotechnologie (Energie- und Wertstoffherzeugung). Die Schwerpunkte liegen in den Bereichen Verfahrenstechnik, Chemie und technische Mikrobiologie.
- Wo sind eigentlich die besten Studiengänge in Deutschland? **Verdient ein Studiengang die Auszeichnung „summa cum laude“?** Das fragt der Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft nun Studierende und ihre Fachschaften an allen staatlich anerkannten Hochschulen. Unter www.stifterverband.de/cum-laude können Studierende gemeinsam mit ihrer Fachschaft nun Vorschläge machen und eine Begründung in maximal 2000 Wörtern einreichen. Die Vorschlagsliste ist bis **25. Juli** geöffnet.
- Die Entwicklung neuartiger Medikamente oder gesünderer Pflanzen, das vertiefte Verständnis von Vorgängen in Zellen oder der Aufbau des menschlichen Erbguts – all das sind wissenschaftliche Fragestellungen im Grenzbereich zwischen Biologie und Chemie. **Der neue Bachelorstudiengang Biochemie** an der Universität Göttingen widmet sich diesem zukunftsreichen Arbeitsbereich. Zum Wintersemester 2011/2012 können sich die ersten Studierenden für den Bachelorstudiengang einschreiben.
- Als erste Universität in Baden-Württemberg wird Heidelberg in mehreren regulären Studiengängen künftig ein **Teilzeitstudium** ermöglichen. Ein solches Angebot gibt es nun für zunächst fünf Fächer; darunter befindet sich allerdings kein naturwissenschaftlich-technisches Fach. Eine Ausweitung auf weitere Fächer sei allerdings geplant.
- Im April 2011 wurde das seit etwa einem Jahr laufende Akkreditierungsverfahren des **dualen Studiengangs Solartechnik (Photovoltaik)** an der Hochschule Anhalt erfolgreich abgeschlossen. Der duale Studiengang Solartechnik (Photovoltaik) wurde zusammen mit der Firma Q-Cells SE in Thalheim (Bitterfeld-Wolfen) und dem Fraunhofer-Center für Siliziumphotovoltaik (CSP) in Halle/Saale ins Leben gerufen. Inzwischen ist die Sovello AG in Thalheim als neuer Industriepartner hinzugekommen. Jetzt kommen die Bosch Solar Energy AG (Erfurt) und die deutsche Tochter der norwegischen Firma Innotech Solar in Halle/Saale hinzu.

Kein Brom auf Lager

Small scale hands-on zum rotbraunen Gift T+

Viktor Obendrauf, Graz*

Brom war nicht immer „sehr giftig“: Vor etwa 20 Jahren war reines unverdünntes Brom in fachdidaktischen Beiträgen für Schülerversuche ausdrücklich noch nicht tabu [1]. Brom war damals zwar bereits ätzend (C), sehr giftig im Sinne von T+ war es jedoch noch nicht. Das kam erst etwas später – per Gesetz und Verordnung.

Heutzutage benötigt die sachkundige Lehrkraft für die österreichische Unterstufe eine speziell zugeschnittene Giftbezugsbestätigung, um das einzige bei Raumtemperatur flüssige Nichtmetall als T+-Gift überhaupt beziehen und lagern zu dürfen. Auch wenn in der typisch österreichischen Sek 1 nur maximal zwei (!) Wochenstunden Chemie vorgesehen sind, weil sich in den Klassenstufen 9 und 10 eine musisch-kreative Lücke bis zur Klassenstufe 11 auftut, sind nun klare Regeln angesagt.

In der deutschen Datenbank zur „Soester Liste“ [2] findet man reines Brom entsprechend der geltenden Gefahrstoffverordnung auch nur mehr für den Lehrerversuch zugelassen. Bromwasser (als 1%ige Lösung) mit dem Symbol T (giftig), Xi (reizend) darf in der deutschen Sek 2 als Schülerversuch aber noch verwendet werden.

Giftschränke mit Zugluft

Als Gefahrstoff muss Brom nicht nur in Betrieben sondern auch in Schulen nach Paragraph 16 Abs. 3a der GefStoffV in einem Gefahrstoffkataster erfasst werden. Für Österreich gilt die Aufzeichnungspflicht mit jährlicher Bilanz für Gifte ebenfalls. Gelagert wird Brom als T+-Gift im Giftschrank,



Abbildung 1: Berühmte französische Chemiker unter sich: Der Entdecker von Brom, A. J. Balard (1802 - 1876) mit H. Claire Deville (links) und K. A. Wurtz (rechts). Balard fand das Brom 24-jährig im Jahre 1826. (Abbildungen: Archiv/Obendrauf).

der zusätzlich als Chemikalienschrank mit einem angestrebten 10fachen Luftwechsel pro Stunde (Tag und Nacht...!) ausgelegt sein soll. Und hier beginnen bereits die Schwierigkeiten.

Die heikle Lagerung von Brom wird von erfahrenen Kustoden und Sammlungsleitern unabhängig von der meist unzureichenden Zwangsbelüftung der Giftschränke häufig so gelöst, dass man das gut verschlossene Originalgebinde (meist 50 mL, Preis ca. 56 Euro exkl. MWSt.) in ein Weckglas mit gasdichtem Deckel gibt, in dem noch vorsorglich gekörnte Aktivkohle deponiert wird. Auch bei den klassischen Schliffkappen-Flaschen für Brom tut man gut daran, diese samt aufgesetzter Schliffkappe „einzurexten“.

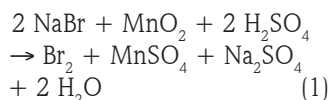
Wenn man auf diese Maßnahmen nach der erstmaligen Entnahme von Brom aus dem Originalgebinde verzichtet, wird mitunter trotz guter Belüftung und „korrosionsbeständiger“ Schränke bzw. Beschläge nach kurzer Zeit an der Einrichtung

unschön sichtbar werden, dass Brom doch ein starkes Oxidationsmittel ist.

Brom auf Abruf

Brom wird eigentlich nur für wenige Experimente im Schuljahr benötigt. Für diese wenigen Experimente reines Brom bzw. (nicht haltbares) Bromwasser permanent auf Lager zu halten, scheint deshalb nicht notwendig zu sein. Das Konzept, die gewünschte Menge bei Bedarf unmittelbar vor dem Einsatz aus bestens lagerfähigen Salzen (Bromiden) herzustellen, ist auch nicht neu.

Im schulischen Bereich wurde und wird dabei häufig Braunstein als Oxidationsmittel für Bromwasserstoff vorgeschlagen. Bromwasserstoff wird intermediär aus NaBr oder KBr mittels Schwefelsäure erzeugt. Als Bruttoreaktion ergibt sich folgende Gleichung:



*Aus dem Nachlass von Prof. Dr. Viktor Obendrauf († 2010)

Mit den Ausgangsstoffen Braunstein, wässrige Bromid-Lösung und Schwefelsäure finden sich zahlreiche Versuchsvorschriften in der einschlägigen alten und neueren Literatur (siehe z.B. [3,4,5,6,7, 8]).

Auch die Verwendung von Kaliumpermanganat anstelle von Braunstein ist in der einschlägigen Literatur beschrieben und wird auch im Microscale-Maßstab (je 40 mg KBr und KMnO_4 , versetzt mit 0,3 mL verd. Schwefelsäure) durchgeführt [9]. Die dazu vorgeschlagene Apparatur (s. Abb. 2) verwendet zum Dosieren in eine geschlossene Apparatur Spritzen und Kanülen offensichtlich in Anlehnung an [10, 11], wobei die verwendeten Glasspritzen auf dem kleinen Probierringläschen mit Deckel und Septum nicht ohne aufwendige Halterung positionierbar sind. Eine mit Aktivkohle drucklos gesicherte Apparatur, zusammengestellt mit einem handelsüblichen Halbmikrogläserätebausatz (Zinsser) für die Reaktion mit 0,05 g Braunstein, 0,05 g NaBr und 0,2 mL Schwefelsäure verd. in 20 ml H_2O ist in [12] zu finden.

Aus fachdidaktischer Sicht nachteilig bei allen bisher zitierten Versuchsvorschriften unter Verwendung von Gleichung (1) bzw. KMnO_4 als Oxidationsmittel ist vor allem die Tatsache, dass das Reaktionsgemisch bereits sehr dunkel gefärbt ist, und die Bildung von Brom erst durch die aus dem Gemisch austretenden braunen Dämpfe sichtbar wird. Das bereits bei [3] verfolgte Konzept des Abdestillierens von Brom aus einem Reaktionsgemisch wird aber beinahe ein Jahrhundert lang mehr oder weniger unverändert beibehalten. Entsprechend ähnlich zeigen sich auch die Abbildungen 2, 3, 4 und 5.

Bei einem (fast) farblosen Oxidationsmittel stellt sich zumindest das farbliche Problem nicht. So wird in [13] Chloramin T (N-Chlor-4-methyl-

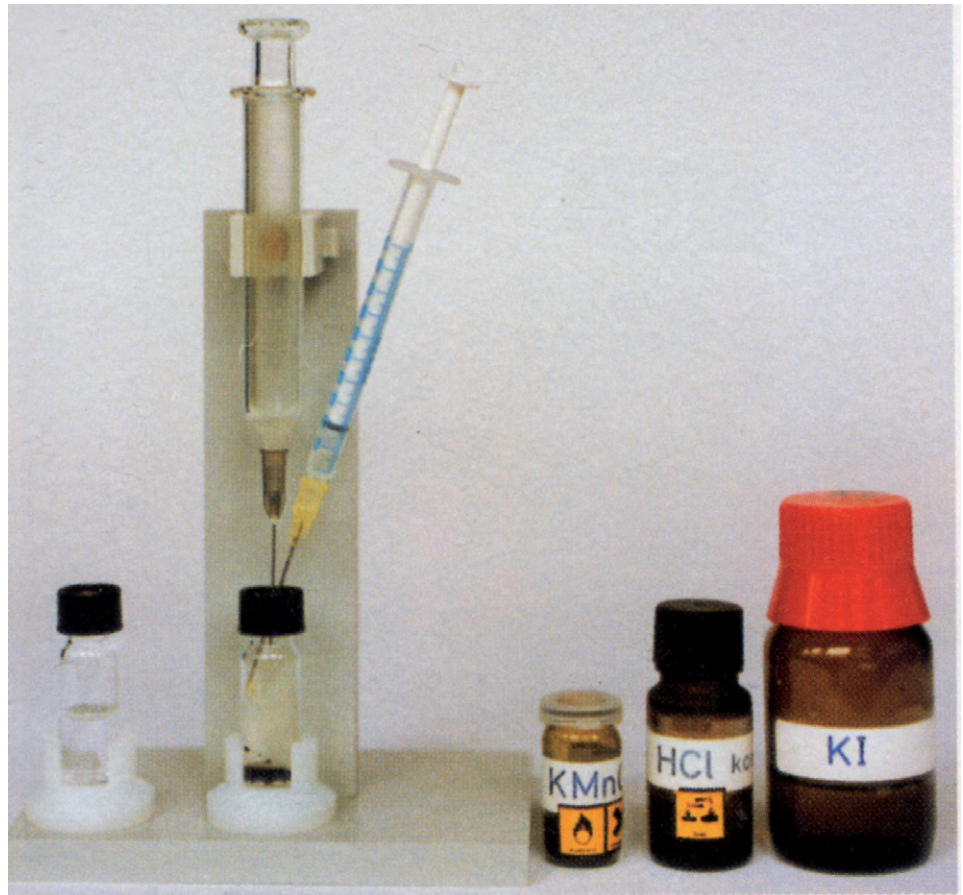
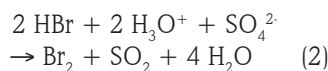


Abbildung 2: Mini-Gasentwickler mit schweren Glasspritzen und obligater Halterung zur Erzeugung von Halogenen (aus [9]).

benzensulfonamid Natriumsalz) als Oxidationsmittel für Bromid vorgeschlagen.

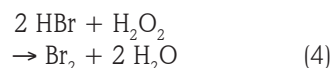
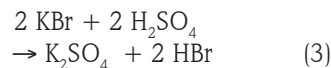
Auch konz. Schwefelsäure allein könnte mit Bromiden elementares Brom (über die Oxidation von HBr) liefern (siehe z.B. [8] S. 320):



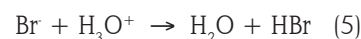
Allerdings verläuft diese Reaktion unvollständig und liefert im Produktgemisch nicht nur Brom sondern ebenfalls flüchtiges (und geruchsintensives) Schwefeldioxid, was dazu führen kann, dass Lernende in anschließenden Reaktionen nicht Brom sondern Schwefeldioxid für verschiedenen Phänomene verantwortlich machen (s. Gleichung 2).

Mit Wasserstoffperoxid als Oxidationsmittel zur Oxidation des intermediär in schwefelsaurer Lösung aus Bromiden

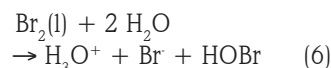
gebildetem HBr lassen sich prinzipiell die bisher beschriebenen Probleme vermeiden:



Abgesehen vom einfachen Gleichungsschema, hinter dem natürlich genauer betrachtet eine Reihe von Gleichgewichtsreaktionen steht (s. z.B. Gl. 5 u.6), kann bereits in der Lösung die Bildung von sehr geringen Mengen Brom visualisiert werden.



Die Löslichkeit von HBr in Wasser ist dabei noch besser als die von HCl



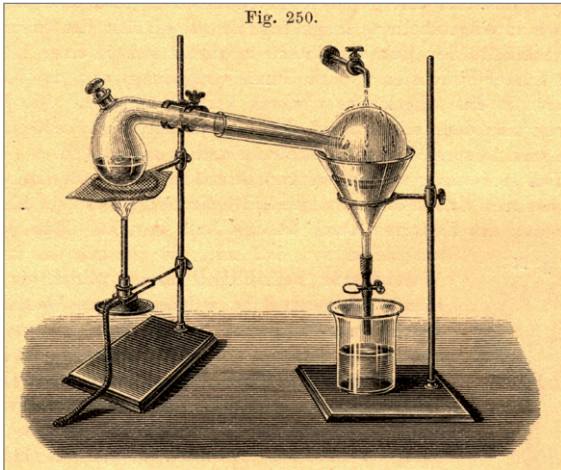
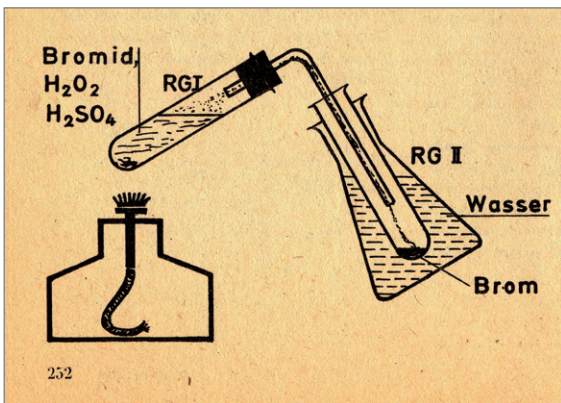


Abbildung 3 aus [3]: Bromerzeugung vor 100 Jahren mit Bromiden, MnO_2 und Schwefelsäure – Brom wird aus der dunklen Suspension abdestilliert. Geändert wurden heute oft nur die Glasbehälter.

Abbildung 5 aus [15]: Das Reaktionsgemisch ist nur durch gebildetes Brom gefärbt. Problematisch ist die möglichst rasche Zugabe der Säure, damit Brom aus dem RG I nur in RG II entweichen kann.



Das Gleichgewicht in (6) liegt gemäß [14] allerdings ganz auf der linken Seite ($K = 5,2 \times 10^9$)

In der fachdidaktischen Literatur finden sich natürlich etliche Anregungen zur Darstellung von Brom mit Wasserstoffperoxid in schwefelsaurer Lösung. [6, 15, 16]. Ein Vorteil gegenüber der im folgenden Abschnitt 4 beschriebenen Methode ist die Tatsache, dass das Produktgemisch kein Chlor enthalten kann.

Für schulisches Arbeiten mit ad hoc hergestelltem Brom wäre

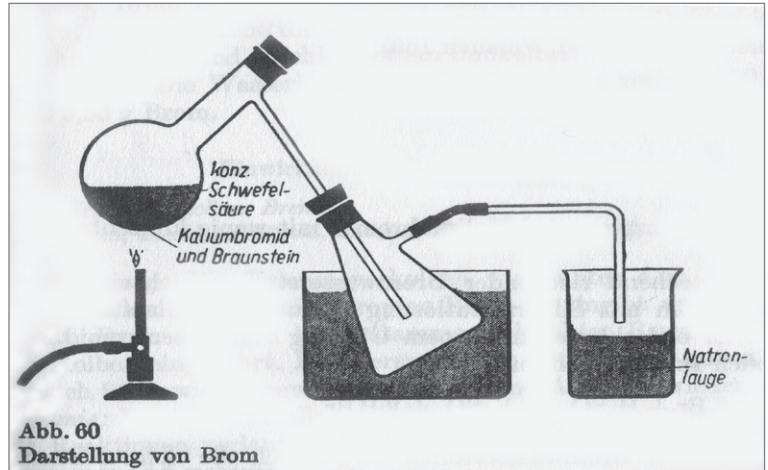
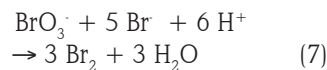


Abbildung 4 aus [4]: Bromgewinnung in einem ca. 30 Jahre alten Experimentierbuch. Viele Versuchsvorschriften in der neueren bzw. neu aufgelegten Literatur sind (ohne zugehörige Versuchsskizze) eigentlich analog angelegt.

an sich auch die in [17] vorgeschlagene Methode mit Bromat als Oxidationsmittel für Bromid elegant, wenn nicht das Bromat selbst als 1/60 molare (handelsübliche) Lösung noch immer das für Kustoden im Grunde mit Arbeit und schlecht bezahlter Verantwortung verbundene Attribut „Giftig“ (T) hätte:

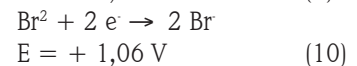
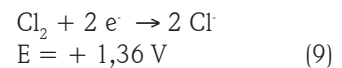


Für österreichische Lehrkräfte in der Sek 1 (Klassenstufe 8, meist HauptschullehrerInnen) ist diese auch in [6,7] erwähnte Methode (s. Bromatometrie) aber ohnehin kein Thema, weil auf der obligaten Giftbezugsbewilligung für die Unterstufe zwar explizit elementares Brom T^+ (!), nicht aber das weniger giftige und gut lagerfähige Kaliumbromat (T) angeführt ist.

Brom in der Technik

Brom wird großtechnisch aus bromidhaltigen Solen hergestellt [18, 19]. Sowohl das Meerwasser als auch die Mutterlaugen bei der Verarbeitung von Kalisalzen (s. u. Entdeckung von Brom) dienen konkret als Rohstoffquelle. Dabei ist naturgemäß die molare Chlorid-Konzentration bis zu siebenhundert Mal höher als die Bromid-Konzentration. Dies

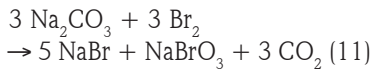
bedeutet, dass Bromid-Ionen mit hoher Selektivität oxidiert werden müssen. Im Hinblick auf die jeweiligen Redoxpotenziale (siehe Gl. 9 bzw. 10) bietet sich Oxidation von Bromid mit Chlorgas förmlich an.



Für Salzsolen und Mutterlaugen (Bromid-Gehalt $> 1 \text{ g/l}$) wird das im Prinzip bereits 100 Jahre alte Heißentbromungs-Verfahren angewendet, wobei im sogenannten Bromturm Chlor und Wasserdampf der heißen Sole nach dem Gegenstromprinzip entgegen geführt wird. Ein schulisches Modellexperiment dazu wurde bereits im Jahr 1934 publiziert [20].

Für Meerwasser (mit hohem Salzgehalt) wird das Kaltentbromungsverfahren (Blowing out process) verwendet. Auch dazu gibt es bereits in der fachdidaktischen Literatur einen Modellversuch [21]. Auch beim „Blowing Out“ werden Bromid-Ionen mit Chlor zu Brom oxidiert. Das a priori leicht basische Meerwasser wird dabei

mit Schwefelsäure angesäuert, um das Gleichgewicht (s. Gleichung (6), Abschnitt 3) in Richtung Brom zu verschieben. Das mit Chlor gebildete Brom wird mit Luft ausgetrieben und vorerst in alkalischer Sodalösung in Bromid und Bromat disproportioniert:



Aufkonzentriertes Bromid und Bromat können beim Ansäuern mit Schwefelsäure gemäß Gleichung (7) zu Brom komproportionieren. Zur Reinigung wird Brom nur noch abdestilliert.

Ein großer Teil der jährlichen Weltproduktion an Brom wird so aus dem Wasser des Toten Meeres gewonnen (Bromproduktion der Dead Sea Bromine Co Ltd Israel im Jahr 2004: 190 000 Tonnen).

Brom in der Schule

Kleine Mengen an Chlorgas sind in der Schulchemie auch ohne Abzug und großen zeitlichen Aufwand zugänglich. In zahlreichen Workshops mit vielen Kolleginnen und Kollegen hat sich die in [11] im Detail beschriebene Methode seit vielen Jahren bewährt.

Um die Bezugs- und Lagerhaltungsprobleme im Zusammenhang mit Brom zu umgehen, liegt somit der Schluss nahe, Brom in Kleinstmengen für schulische Zwecke ähnlich wie in der Technik durch Oxidation von Bromiden mit Hilfe von Chlorgas gemäß Gleichung (8) zu gewinnen.

Aus chemiedidaktischer Sicht eröffnet sich nicht nur die Möglichkeit, ein großtechnisches Verfahren zu simulieren; man kann mit dieser Reaktion auch die abnehmende Oxidationskraft innerhalb der Gruppe der Halogene diskutieren. In der chemiedidaktischen Literatur gibt es naturgemäß viele Vorschläge dazu. Siehe z.B. [4] S. 95, [6] S. 62, [8] S. 318.

Darüber hinaus kann man mit der Reaktion (8) auch die historische Entdeckung von Brom durch den Franzosen Antoine Jérôme Balard [22] nachempfinden. Beim Versuch, Jod aus der Asche von Meerespflanzen mit Chlorwasser freizusetzen, entdeckte Balard das Brom und erkennt den elementaren Charakter. Kurz davor hatte Berzelius für die verwandten Elemente Chlor und Iod den Begriff „Halogene“ geprägt [23].

Bereits J.v. Liebig hatte zuvor Brom isoliert, erkannte aber den Elementcharakter nicht. Auch Carl Löwig, ein Schüler von Gmelin in Heidelberg, war bereits im Jahr 1825 im Besitz einer dunkelroten Flüssigkeit, die er durch Behandlung eines Konzentrates der Quellen von (Bad) Kreuznach mit Chlorgas erhalten hatte [24].

Kontexte und (schulische) Erlebniswelt

Brom ist das einzige bei Raumtemperatur flüssige Nichtmetall im Periodensystem. Es „passt“ mit seinen spezifischen Eigenschaften perfekt in die Gruppe der Halogene. Wichtige Zusammenhänge im Periodensystem können auf Teilchenebene an Gruppeneigenschaften diskutiert werden. Wenn sich schon das elementare Fluor im Normalfall der experimentellen Schulchemie entzieht, sollte man Brom im Kontext mit Chlor und Iod nicht ganz ausklammern. Auch wenn der experimentelle Zugang zeitlich etwas erschwert ist, weil gezielt kein elementares Brom im Chemikalienbestand der Schulsammlung gehalten wird.

Die praktische Bedeutung von Brom bzw. von diversen Bromverbindungen lässt sich an den verarbeiteten Mengen nur ungefähr abschätzen. Obwohl verbleites Benzin schon lange out ist und Dibrommethan zum Ausschleusen von Blei aus dem Verbrennungsraum nicht mehr gebraucht wird, die Schwarz-

weiß fotografie (Silberbromid als lichtempfindliche Schicht abgesehen von Röntgenfilmen) rückläufig ist und auch Methylbromid (Brommethan) als Be-gasungsmittel gegen Insekten in Kirchenräumen (Anobien), Getreide-Vorratsbehältern und historischen Holzbauten seit 2005 verboten ist, hält die Weltproduktion von Brom bei rund 337 000 Tonnen (2004).

Brom dient in einem immer stärkeren Maß zur Herstellung von Arzneimitteln, Farbstoffen, Feuerlösch- und Flammenschutzmitteln (für Kunststoffe und Elektronikteile), zur Produktion von Agrarchemikalien bzw. alternativen (und auch teureren) Desinfektionsmitteln im (privaten) Schwimmbadbereich. Der lästige Hallenbadgeruch, hervorgerufen durch Chloramine, kann mit Brom als

Abbildung 6: Low cost-Gasentwickler zur raschen Darstellung von Chlor, das als gut steuerbares Oxidationsmittel für Bromid zu Brom dient (Beschreibung im experimentellen Teil).



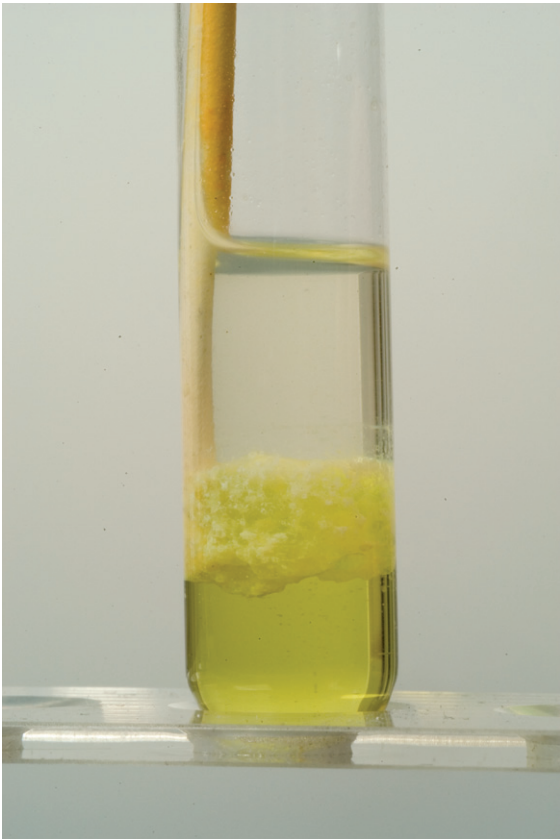


Abbildung 7: Etwas Leinöl in die bromhaltige Pentanschicht getropft und geschüttelt. Durch die Addition wird das Öl sofort „gehärtet“ und scheidet sich in fester Form ab.

Desinfektionsmittel vermieden werden, weil bromierte Amine nicht mehr flüchtig sind und auch nicht die Augen reizen. Als aktives Agens wirkt Hyperbromige Säure HOBr, die z.B. mittels Chlorbleichlauge aus gelöstem NaBr freigesetzt wird (s. Gleichung 12):



Ein anderes (chlorfreies) Oxidationsmittel für Bromid im privaten Poolbereich ist das gut dosierbare K-Peroxomonosulfat. Nach einem anderen Konzept wird dem Schwimmbadwasser DBDMA (1,3-Dibrom-5,5-dimethylhydantoin) als Desinfektionsmittel zugesetzt. In einem schwimmenden Dispenser positioniert liefern die sogenannten Brom-Tabs beim Abbau freies Brom (angestrebter Gehalt 2-4 mg/l). Für den öffentlichen Bereich und bei starker Belastung des Schwimmbadwassers ist

Chlorgas wegen seiner größeren Oxidationswirkung jedoch nach wie vor das Mittel der Wahl.

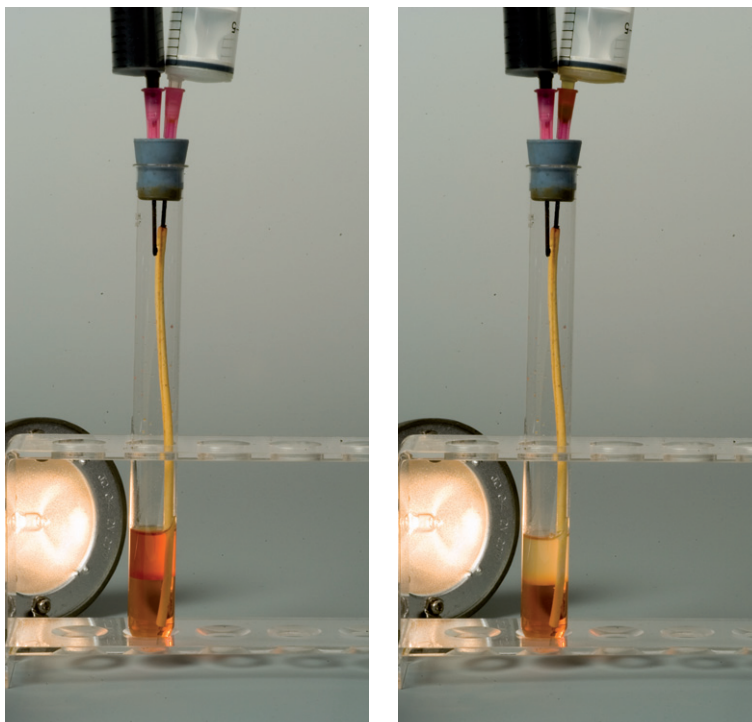
Methodische und fachdidaktische Perspektiven

Wenn man davon ausgeht, dass die einfache Diffusion von Dämpfen und Gasen heutzutage nicht unbedingt mit giftigen Bromdämpfen in Standzylindern demonstriert werden muss, wird flüssiges Brom meist nur mehr für ein einziges Experiment benötigt, das bei genauer fachdidaktischer Betrachtung ebenfalls entbehrlich ist. Gemeint ist die in der traditionellen Literatur sehr oft beschriebene Reaktion von Brom mit (angescheuerter!) Aluminium-Folie. Trotz der potentiellen Abluftbelastung findet man dieses Experiment auch in weit verbreiteten [25, 26] bzw. auch in modereren Büchern [27, 28]). Einen Eindruck davon, wie „unappetitlich“ die Bromdämpfe bei dieser Reaktion aus dem heißen Reagenzglas entweichen ohne dass dabei die Al-Folie „schön“ in Brand geraten muss, bekommt man z. B. durch die Abbildung in [29]. Eine so hübsche Salzbildung, wie dies bei der Synthese von Kochsalz direkt aus den Elementen möglich ist, ist mit Aluminium und Brom nicht machbar. Dabei ist die Reaktion von Aluminium und Brom in Bezug auf die Feuererscheinung erfahrungsgemäß gar nicht so „funktionssicher“, was in der einschlägigen Literatur nur sporadisch angesprochen wird [30].

Verdünntes Bromwasser hingegen liefert durch seine charakteristische Farbe eine Reihe von Möglichkeiten, Reaktionen mit dem in erster Näherung bloß physikalisch gelösten Brom zu visualisieren. Bromwasser muss man aber nicht unbedingt durch „Umgießen“ von Brom(dämpfen) in Wasser herstellen.

Wenn man schon unbedingt die große Dichte und begrenzte Wasserlöslichkeit von Brom demonstrieren will, kann man auch Brom aus Bromid in einer

Abbildung 8 bzw. 8a: Belichtung von Pentan mit Brom mit Halogenlampe 20 W (ohne Schutzglas): Nach wenigen Minuten ist das Brom in der Pentanschicht über dem Bromwasser nahezu verschwunden. Das im Reagenzglas generierte und im weniger polaren Pentan angereicherte Brom hat das Reagenzglas nie verlassen. Der Abzug ist das Aktivkohleröhrchen. Radikalische Substitution ohne Geruchsprobleme.



drucklos konzipierten Reagenzglas-Gasentwicklerapparatur mit Aktivkohle-Röhrchen in schwefelsaurer Lösung durch Zutropfen von 30%igem Wasserstoffperoxid herstellen. Ein Abdestillieren wie z.B. bei [15] beschrieben, ist zur Demonstration der großen Dichte von Brom nicht notwendig. Das Brom sammelt sich als dunkler Tropfen beim Zutropfen von H_2O_2 in schwefelsauren KBr-Lösungen sehr bald am Grunde des Reaktionsgefäßes (Reagenzglas). Prinzipiell funktioniert die in Abbildung 6 dargestellte Apparatur (Gasentwickler für Chlorgas) außerhalb des Abzugs bestens für diese Zwecke. Die schwefelsaure Bromid-Lösung wird im Reagenzglas vorgelegt. Das Reagenzglas verschlossen. Das Wasserstoffperoxid wird zugetropft. Das gebildete Brom sammelt sich größtenteils im Bromwasser. Überschüssige Bromdämpfe werden über die zweite Kanüle in einer 20mL-Spritze gesammelt oder im aufgesetzten 10ml-Aktivkohleröhrchen (s. Abb. 6) adsorbiert.

Zur Demonstration von Additionsreaktionen an Mehrfachbindungen wird explizit auf die Reaktion von Ethin mit Brom verzichtet. Die Reaktion läuft sehr langsam ab, außerdem ist das Reaktionsgeschehen bei genauer Betrachtung alles andere als eine einfache Addition. Insgesamt konnten acht verschiedene Produkte nachgewiesen werden [31]. Brom-Additionen an Doppelbindungen sind viel effektiver und werden mittlerweile theoretisch und praktisch auch gut verstanden [32].

Ein Tropfen Leinöl mit einem hohen Anteil an gebundener Octadecatriensäure im gleichen Reaktionsgefäß (Reagenzglas) in die Brom hältige Pentanphase gebracht, führt sofort zur Entfärbung bzw. zur erwarteten Änderung des Aggregatzustandes des Triglycerids. Das Öl wird fest (s. Abb. 7 bzw. experimenteller Teil).

Zur Demonstration der lichtinduzierten (radikalischen) Substitution bei gesättigten KW wird im folgenden der Einfachheit halber das Lösemittel Pentan genutzt, das auch zur Demonstration der besseren Löslichkeit von Brom in unpolaren LM im Vergleich zu Wasser in Verwendung ist (siehe Abb. 8 und 8a bzw. experimenteller Teil).

Wenn man schon unbedingt Bromdämpfe mit einem gasförmigen Kohlenwasserstoff umsetzen will, kann man die Bromdämpfe aus der im folgenden vorgeschlagenen Reagenzglas-Apparatur in eine 20ml-Spritze saugen und z.B. mit Feuerzeuggas vermischen. Das Feuerzeuggas wird zuvor aus der Gaskartusche in eine zweite Spritze überführt. Auf diese Weise lassen sich auch viel geringere Mengen Butan unter Kontrolle des Gesamtvolumens bromieren, als dies z.B. in [33] vorgeschlagen ist.

Brom ein kurzer Steckbrief

Brom: Gefahrensymbol T+ (sehr giftig), C (ätzend), N (umweltgefährlich), R-Sätze: R 26 (sehr giftig beim Einatmen), R 35 (verursacht schwere Verätzungen), R 50 (sehr giftig für Wasserorganismen), Lagerung nur an gut belüfteten Orten (nur für Fachkundige zugänglich), MAK-Wert 0,1 mL/m³ Luft (Stand 2004), Fp ca. – 7°C, Kp 58-59°C (bei 1013 hPa), Dampfdruck 220 hPa (bei 20°C !), Löslichkeit in Wasser: 35,5 g/L (bei 20°C), Dichte: 3,11g/cm³ (bei 20°C), LD50 (oral) 440 mg/kg (Meerschweinchen) bzw. 4160 mg/kg (Kaninchen). Entsorgung: Vernichtung mit moderaten Reduktionsmitteln wie z.B. Thioisulfat

Bromwasser (1% < 5%ige Lösung): Gefahrensymbol T (giftig), Xi (reizend), R-Sätze: 23 (giftig beim Einatmen), R 24 (giftig bei Berührung mit der Haut), S-Sätze 7/9-26 (Behälter dicht geschlossen halten und an einem gut belüfteten Ort aufbewahren. Bei Berührung mit den Augen



Abbildung 9: Br_2 ist dichter als H_2O . NaBr, verd. H_2SO_4 und H_2O_2 – und es sammelt sich u. a. ein Tropfen Brom am Boden (s. Versuch 9).

gründlich mit Wasser abspülen und Arzt konsultieren.

Experimenteller Teil

Alle im folgenden beschriebenen Experimente sind prinzipiell zur Durchführung außerhalb des Abzugs in einem drucklos geschlossenen Reagenzglas ohne Stativmaterial als mobiles (!) System konzipiert. In Klassenräumen erübrigen sich durch diese Mobilität elektronische Mittel der Visualisierung. Auf die archaische Herstellung von Brom und auf das Abdestillieren und die Kondensation (siehe [3]) wird aus Zeit- und Sicherheitsgründen (Lagerung, Entsorgung) verzichtet. Auch in Kleinmengen kann die Dichte von Brom im Vergleich zu (Brom-)Wasser demonstriert werden (s. Abb. 9). Für die folgenden Standardreaktionen reicht Bromwasser, das man auch ohne Umgießen von Bromdämpfen aus einem Vorratsgefäß mit flüssigem Brom zubereiten kann.

Die Reihenfolge der Experimente ist so gewählt, dass in ein und demselben Reagenzglas mehrere Phänomene (im Klassenraum mobil) gezeigt wer-

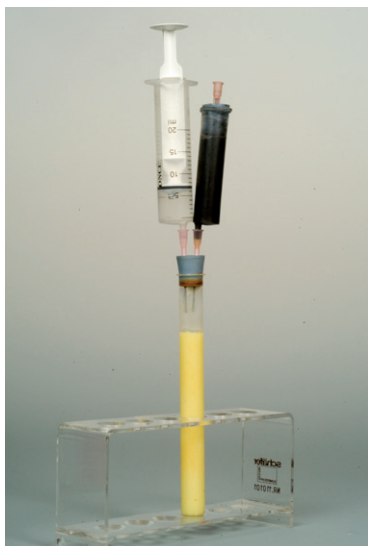
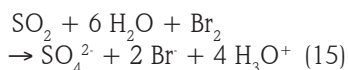
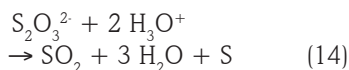
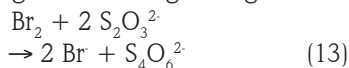


Abbildung 10: Zudosieren von 0,1 M Natrium-Thiosulfatlösung nach Beendigung der Bromversuche im Reagenzglas: Brom wird vernichtet, Tetrathionat und (in der sauren Lösung) auch Schwefel gebildet.

den können. Überschüssiges Brom im Reagenzglas wird nach Demonstration der entsprechenden Reaktionen direkt im Reagenzglas durch Zudosieren von Thiosulfatlösung vernichtet. Im sauren Milieu bildet sich auch etwas hübscher Schwefel und SO_2 , das aber im oxidierenden Milieu (überschüssiges Brom) zu harmlosem Sulfat oxidiert wird. (siehe Gl. 13, 14, 15 bzw. Abb. 10). Nach der vollständigen Reduktion von Brom kann das Reagenzglas gefahrlos geöffnet und gereinigt werden.



Versuch 1: Gewinnung von Chlor als Oxidationsmittel für Bromid

Material gemäß Abb. 6 (siehe auch z.B. [34, 35]): Reagenzglas Fiolax 16/160, Weichgummistopfen Verneret 18D, 2 Kanü-



Abbildung 11: Einleiten von Chlor in eine Lösung von Bromid. Es bildet sich Bromwasser, zusätzlich zeigen sich Bromdämpfe. Kleine Bläschen aus der dünnen Nadelverlängerung (Kabelisolierung) sorgen für guten Kontakt. Jede Geruchsbelästigung wird durch das Aktivkohle-Röhrchen vermieden.

len 1,2/40 mm (Kanülenspitzen nach paralleler Positionierung in Stopfen mit Seitenschneider gekappt), 2 mL-Spritze (ohne Gummidichtung, Stempel durch Aufrauen des Spritzenzylinders innen mit feinsten Eisenwolle schwergängig gemacht), 3 20 mL-Spritzen ONCE (Stempel mit dickflüssigem Siliconöl leichtgängig gehalten), passende Verschlusskappen (Medizintechnikware), Aktivkohleröhrchen (10mL-Spritze ohne Stempel, gefüllt mit Aktivkohle 2,5 mm gekörnt, verschlossen mit Weichgummistopfen Verneret 18D mit einer Kanüle durchbohrt), Reagenzglasständer, Spatel gekehlt, Kaliumpermanganat, Salzsäure conc. (in 15 ml Vial)

Durchführung: Das Reagenzglas wird ca. 0,5 cm hoch mit Kaliumpermanganat beschickt und mit dem Weichgummistopfen (mit zwei parallel eingepassten Kanülen) fest verschlossen. Die 2 mL-Spritze wird mit konz. Salzsäure gefüllt, außen durch Abspülen mit Wasser gereinigt und fest auf einen Luer-Ansatz einer Kanüle aufgesetzt. Die zweite Kanüle wird mit einer

20 mL-Spritze verschlossen (s. Abb. 6).

Durch vorsichtiges, tropfenweises Zusetzen von Salzsäure zum Permanganat wird Chlorgas erzeugt, das sich im Gemisch mit Luft in der 20 mL-Spritze sammelt. Dabei ist permanent (!) darauf zu achten, dass in der Apparatur kein nennenswerter Überdruck entsteht (Fixierung von Stopfen mit Kanülen im Reagenzglas mit drei Fingern einer Hand) bzw. zeitweises Ziehen am 20 mL-Spritzenstempel (bei gleichzeitiger Fixierung der Spritze auf der Kanüle) mit der anderen Hand. Die ersten 20 mL an gesammeltem Gas sind noch stark mit Luft vermischt. Trotzdem kann man die erste Fraktion bereits dazu verwenden, um damit Brom zu erzeugen (s. Versuch 2 bzw. Gl. 8). Dazu wird die gefüllte 20mL-Spritze vom Luer-Ansatz abgezogen und rasch durch ein Aktivkohleröhrchen (s. Material) ersetzt. Die teilweise mit Chlor gefüllte 20mL-Spritze wird auf die Apparatur in Versuch 2 aufgesetzt. Wenn man mehrere 20 mL-Spritzen mit Chlor auf Vorrat füllt, sind die Spritzenöffnungen durch passende Verschlusskappen zu verschließen (s. Abb. 6). Reinigung des Gasentwicklers s. Versuch 10.

Versuch 2: Gewinnung von Brom

Material: 3 20 mL-Spritzen gefüllt mit Chlor (s. Versuch 1), Reagenzglas Fiolax 16/160, Weichgummistopfen Verneret 18D mit zwei parallel eingepassten Kanülen (Kanülenspitzen gekappt); eine der Kanülen mit PVC-Schlauch um ca. 14 cm verlängert (PVC-Schlauch = Kabelisolierung = 2pol-Stromkabel geteilt, Kupferlitzen mittels Pinzette zuerst einzeln, dann büschelweise ausgezogen; s. Abb. 11). Aktivkohleröhrchen (s. Material Versuch 1), Spatel (gekehlt), Natriumbromid, dest. Wasser, Kältespray (Tetrafluoräthan).

Durchführung: Im Reagenzglas werden ca. 0,2-0,4 g Natriumbromid mit ca. 3 cm hoch dest Wasser versetzt und gelöst. Der Stopfen mit den Kanülen bzw. mit der Kanülenverlängerung (PVC-Schlauchisolierung), die möglichst tief in die Lösung eintauchen soll wird fest auf das Reagenzglas aufgesetzt. Die improvisierte Low-Cost-„Waschflasche“ wird mit einer 20 mL-Spritze (gefüllt mit Chlorgas; s. Versuch 1) bzw. mit einem Aktivkohleröhrchen bestückt. Achtung! Aktivkohleröhrchen auf die Kanüle ohne Kanülenverlängerung aufsetzen (s. Abb. 11). Durch langsames Einleiten von Chlor wird in der Lösung Brom erzeugt (Gl. 8). Kühlen der oberen Reagenzglashälfte mit Kältespray (Tetrafluorethan) verzögert das Aufsteigen der Bromdämpfe in das Aktivkohle-Röhrchen. Das gebildete Brom kann direkt im Reagenzglas bei den Versuchen 3 bis 9 verwendet bzw. zur Reaktion gebracht werden.

Versuch 3: Brom ist Unpolar (Extraktion mit Pentan)

Material: Apparatur mit Brom aus Versuch 2, 2 mL-Spritze gefüllt mit Pentan.

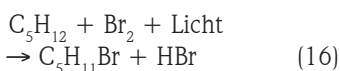
Durchführung: Das in Versuch 2 im RG erzeugte Bromwasser wird mit Pentan geschüttelt. Dazu werden aus einer 2 mL-Spritze über die Kanülenverlängerung 2 mL Pentan zudosiert. Nach leichtem Schütteln des RG reichert sich das Brom in der organischen Phase an (siehe Abb. 12 links).

Versuch 4: Radikalische Substitution von H in Pentan

Material: Apparatur mit Versuchsergebnis aus Versuch 3, Halogenlampe (20 W) ohne Glasabdeckung, 20 mL-Spritze, Indikatorpapier, konz. NH_3 -Lösung.

Durchführung: Das Reagenzglas mit verd. Bromwasser bzw. mit dem bromhaltigen Pentan wird seitlich mit einer handels-

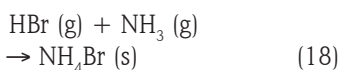
üblichen Halogen-Schreibtischlampe (Glasabdeckung der Birne entfernt) bestrahlt. Nach maximal 2-3 Minuten ist das Pentan nahezu entfärbt. (s. Abb. 8 bzw. 8a). Ohne Bestrahlung bleibt die Pentanphase dunkelbraun gefärbt. Gemäß schematischer Gleichung (16) bildet sich Hydrogenbromid (HBr):



Ohne das RG zu öffnen kann HBr mittels Indikatorpapier bzw. mit konz. NH_3 (Rauchbildung) nachgewiesen werden: Man tauscht das Aktivkohleröhrchen auf der Kanüle ohne PVC-Schlauch gegen eine 20 mL-Spritze saugt das gebildete HBr über der Pentanphase in die Spritze ab. Düst man diese Dämpfe direkt auf ein Universalindikatorpapier, so färbt sich dieses rot. HBr bildet mit Luftfeuchtigkeit Bromwasserstoffsäure gemäß Gleichung (17):



Mit Ammoniak bildet sich direkt an der Spritzenöffnung gemäß Gleichung (18) weißer Rauch von NH_4Br :



Versuch 5: Radikalische Substitution von H in Butan/Propan:

Material: Reagenzglas mit Brom bzw. Bromwasser aus Versuch 2, 20 mL-Spritze, Feuerzeuggas (Kartusche), 4 mm-PVC-Schlauch (Länge 2 cm), Halogenleuchte (20 W, Glasabdeckung entfernt).

Durchführung: Eine 20 mL-Spritze wird mit einem kurzen Schlauchstück am Lueransatz mit einer Gaskartusche verbunden. Nach Drücken des Kartuschenventils wird die Spritze halb mit Feuerzeuggas gefüllt.

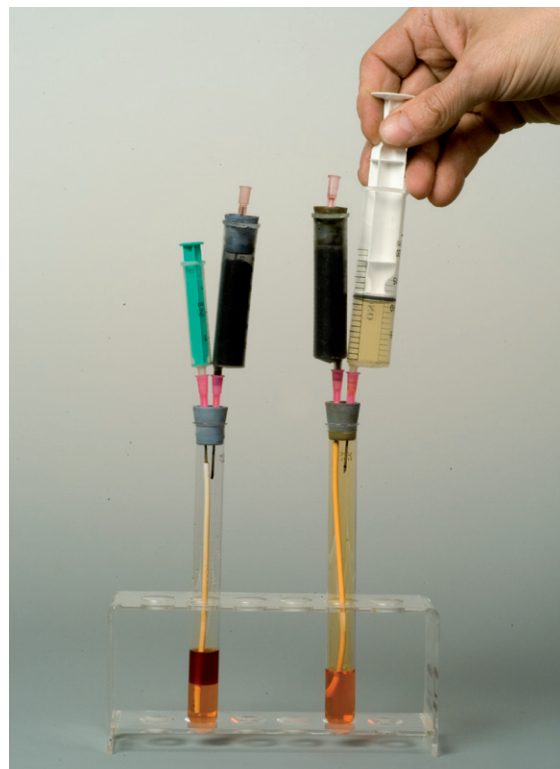
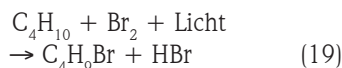


Abbildung 12: Nach Zudosieren von Pentan kann Brom in die organische Phase konzentriert werden (links). Auch Bromdämpfe können aus RG entnommen werden (rechts).

In diese Spritze saugt man nun Bromdämpfe, die in Vers. 2 erzeugt wurden (s. Abb. 12 rechts). Alternativ kann auch eine 20 mL-Spritze halb mit Bromdämpfen und eine zweite Spritze halb mit Feuerzeuggas gefüllt werden (s. Abb. 13). Über das Schlauchstück werden beide Reaktionspartner in einer Spritze vereinigt und in kurzem Abstand zur Halogenleuchte belichtet. Nach 2 bis 3 Minuten ist die Farbe von Brom gemäß schematischer Gleichung (19) deutlich abgeschwächt:



Das gebildete HBr kann analog dem Versuch 6.4. mit Indikatorpapier bzw. konz. NH_3 nachgewiesen werden.

Versuch 6: Addition von Brom an Doppelbindungen

Material: Reagenzglas mit Bromwasser, Brom in Pentan aus Versuch 3 (s. Abb. 12 links),



Abbildung 13: Nach dem Mischen der Bromdämpfe mit Feuerzeuggas über das Schlauchstück wird die Reaktion mit Licht gestartet.

Leinöl (Malbedarf), 2mL-Spritze, Kältespray (s. Abb. 14).

Durchführung: Man stellt sicher, dass sich über der Pentanphase keine Bromdämpfe befinden (durch leichtes Schütteln in Pentan lösen). Nun kühlt man die obere Reagenzglashälfte von außen durch Besprühen mit Kältespray, öffnet kurz den Stopfen und tropft aus einer 2mL-Spritze einige Tropfen Leinöl in die Pentanphase und verschließt den Stopfen sofort wieder.

Nach wenigen Sekunden ist die Pentanphase entfärbt. Die mit Glycerol veresterten ungesättigten Fettsäuren (z.B. Octadecadiensäure, Octadecensäure) werden sofort gemäß schematischer Gleichung (20) bromiert. Die gesättigten bromierten Triglyceride bilden an der Grenzfläche zur wässrigen Phase augenblicklich eine feste Schicht, weil durch die geänderten räumlichen Verhältnisse stärkere Van-der-Waals-Kräfte zwischen den bromierten Molekülen wirksam werden (s. Abb. 7):



Bei ausreichender Dosierung von Leinöl wird das gesamte Brom rasch verbraucht, sodass das Reagenzglas gefahrlos geöffnet und gereinigt werden kann (Organische Phase in den Abfallbehälter für org. Halogenverbindungen).

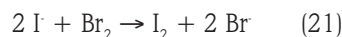
Versuch 7: Brom im Vergleich zu Iod:

Reaktion mit Iodid

Material: Bromwasser bzw. Pentan mit Brom in RG aus Versuch 3, 1%ige-KI-Lösung, 2 mL-Spritze.

Durchführung: Über die Kanüle mit Kanülenverlängerung wird aus einer 2 mL-Spritze KI-Lösung direkt in die wässrige Phase von Versuch 3 (s. Abb. 12 links) gedrückt. Brom ist gemäß der Stellung in der Gruppe der Halogene ein stärkeres Oxidationsmittel als Iod.

Es bildet sich augenblicklich dunkle KI/Jod-Lösung gemäß Gleichung (21):



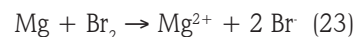
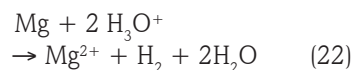
Hinweis: Das Bromwasser unter der Pentan-Schicht sollte bei diesem Versuch nur wenig Brom enthalten, um die dunklere Färbung der KI/J₂-Lösung im Vergleich zur Ausgangssituation deutlich erkennen zu können. Durch Ausschütteln von Brom in Pentan und anschließende Belichtung der organischen Lösung kann die Konzentration des Bromwassers im Reagenzglas vor dem Zudosieren der KI-Lösung auf einfache Weise abgeschwächt werden, ohne das Reagenzglas öffnen zu müssen (Versuch 4).

Versuch 8: Reaktion von Brom mit Metallen

Material: Bromwasser im RG aus Versuch 6.2. (Abb. 11), Magnesium-Pulver, Spatel (gekehlt), Kältespray (s. Abb. 14).

Durchführung: Das Reagenzglas mit dem Bromwasser bzw.

den Bromdämpfen über der wässrigen Phase wird im oberen Bereich von außen mit Kältespray gut gekühlt, um die Bromdämpfe zu kondensieren. Dann kann man den Stopfen mit den Kanülen und dem aufgesetzten Aktivkohleröhrchen problemlos kurz entfernen, eine Spatelspitze Magnesium-Pulver zusetzen und das RG wieder verschließen. Das Magnesium reagiert sofort. Es bildet sich aus der sauren Lösung u.a. gemäß Gleichung (22) Wasserstoff, der von Brom befreit über das Aktivkohleröhrchen entweichen kann. Aber auch die braune Lösung wird nach kurzer Zeit entfärbt, weil Brom mit Magnesium gemäß Gleichung (23) reagiert:



Nach Beendigung der Reaktion kann das Reagenzglas ohne Geruchsbelästigung geöffnet und gespült werden.

Versuch 9: Reines Brom hat eine größere Dichte als Bromwasser

Material: Reagenzglas Fiolax 16/160, Gummistopfen Verne ret 18D mit zwei eingepassten Kanülen 1,2/40 mm (Spitzen gekappt), Aktivkohleröhrchen (s. Abb 14), Spatel (gekehlt), Natriumbromid, Schwefelsäure 20%ig, H₂O₂ (30%ig), Kältespray (s. Abb. 14).

Durchführung: Das Reagenzglas wird mit ca. 0,5 g NaBr beschickt und mit dem Gummistopfen mit den zwei eingepassten Kanülen (s. Abb. 14) verschlossen. Die 2 mL-Spritze wird aus einem geeigneten 15 mL-Vial mit 20%iger Schwefelsäure gefüllt. Über eine Kanüle wird nun die verd. Schwefelsäure zum NaBr zudosiert. Die zweite Kanüle ist dabei mit einem Aktivkohle-Röhrchen verschlossen (s. Abb. 14). Nun wird die obere Hälfte des Rea-

genzglases von außen mit Kältespray gut vorgekühlt. Dann dosiert man mit der ausgewaschenen 2 mL-Spritze vorsichtig 2 mL Wasserstoffperoxid-Lösung (30%ig) zum Reaktionsgemisch. Es bildet sich sofort Brom in größerer Menge (s. Abb. 14). Die Bromdämpfe werden durch Kühlen mit Kältespray an der Reagenzglaswand kondensiert, damit möglichst wenig Brom ins Aktivkohleröhrchen gelangt. Die in der Literatur beschriebene Aufhellung von Brom bei Abkühlung (orange Farbe!) wird deutlich sichtbar. Erstarrungspunkt von Brom: s. Abschnitt 8 [36, 37]. Nach kurzer Zeit hat sich im RG so viel Brom gebildet, dass am Grunde des Reagenzglases ein Tropfen Brom separiert wird (s. Abb. 9). Brom ist in der wässrigen Phase nur begrenzt löslich. Zur Entsorgung der erzeugten Brommenge s. Versuch 10.

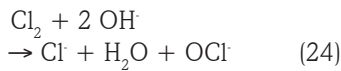
Versuch 10: Vernichtung von überschüssigem Chlor und Brom

Material: Chlorgasentwickler (Versuch 1) Überschüssiges Brom im RG (Versuch 2 bzw. 9), Natriumhydroxid 10%ig, 2 mL-Spritzen, 20 mL-Spritzen, Natriumthiosulfat-Lösung ($c = \text{ca. } 0,1 \text{ M/L}$). Eisenschale, Brenner.

Durchführung:

a) Versorgung des Chlorgasentwicklers: Durch vorsichtiges Ziehen am Spritzenstempel der 20 mL-Spritze wird in der Apparatur (s. Abb. 6) ein Unterdruck erzeugt. Nun kann die 2 mL-Spritze mit überschüssiger Salzsäure problemlos von der Kanüle abgezogen und durch eine leere 2 mL-Spritze ersetzt werden. Die 20 mL-Spritze, teilweise gefüllt mit Chlor wird nun ebenfalls abgenommen. Das Chlor wird in ein Aktivkohleröhrchen entsorgt. In die leere Spritze saugt man 10%ige Natronlauge und düst diese vorsichtig in den Chlorgasentwickler. Es bildet sich augenblicklich

gemäß Gleichung (24) in einer Disproportionierungsreaktion Chlorid und Hypochlorit. Es entsteht ein Unterdruck. Die Natronlauge wird bei leichtgängig gemachter Spritze selbsttätig in den Gasentwickler gesaugt.



Nun kann der Stopfen ohne Gefahr und Geruchsbelästigung vom RG abgenommen werden. Der Inhalt des Reagenzglases (Gemisch aus Braunstein und Permanganat) wird in den Schwermetallsalz-Sammelbehälter entsorgt. Rückstände an Braunstein im RG können mit wenig konz. HCl (aus 2 mL-Spritze) gelöst und mit viel Wasser weggespült werden. Spritzen, RG und Stopfen werden mit Wasser gespült. Die Kanülen werden auch innen mit 10 mL Wasser aus Spritze gespült und mit durchgesaugter bzw. durchgedrückter Luft (10 Mal Pumpen) innen getrocknet. Auf diese Weise können die Kanülen im Stopfen viele Monate lang funktionsfähig gehalten werden. Die Kanüle im Aktivkohleröhrchen muss vor dem Einsatz des Röhrchens immer mit einer 20 mL-Spritze auf Durchgängigkeit geprüft werden. Wenn die Kanüle korrodiert ist, wird sie bei geschlossenem Röhrchen einfach aus dem Stopfen gezogen und durch eine neue Kanüle ersetzt. Die gekörnte Aktivkohle selbst wird von Zeit zu Zeit am besten regeneriert, indem man sie im Abzug in einer Eisenschale mittels Bunsenbrenner ausheizt. Die adsorbierten Schadstoffe entweichen. Die Aktivkohle wird auf diese Weise wieder verwendbar und kann in die 10 mL-Spritze eingefüllt werden.

b) Vernichtung von überschüssigem Brom: Überschüssiges Brom aus Versuch 6.2 bzw. 6.9. das nicht in den Versuchen 6.4. bis 6.8. direkt im RG umgesetzt wurde, muss durch Zudosieren von Natriumthiosul-



Abbildung 14: Erzeugung von flüssigem Brom in Bromwasser: Am Grunde des Reagenzglases sammelt sich ein Tropfen an flüssigem Brom (s. auch Abb. 9).

fat-Lösung noch im RG vernichtet werden.

Material: 20 mL-Spritze, Aktivkohleröhrchen, Natriumthiosulfat-Lösung ($c = \text{ca. } 0,1 \text{ M/L}$), 20 mL-Spritze.

Durchführung: Die Natriumthiosulfat-Lösung wird mittels 20 mL-Spritze über die Kanülenverlängerung (nach Versuch 2) oder über die normale Kanüle (bei Versuch 9) langsam zur Brom-Lösung zudosiert. (s. Abb. 10). Es bildet sich gemäß den Gleichungen (13) bis (15) Bromid, Sulfat, Tetrathionat und Schwefel. Die vollständige Umsetzung von Brom kann leicht am Verschwinden der charakteristischen Farbe von Brom erkannt werden.

Das Reagenzglas kann nun ohne Geruchsbelästigung geöffnet und gereinigt werden (Suspension mit viel Wasser wegspülen). Die Aktivkohle im Aktivkohleröhrchen (auch aus den Versuchen 3 bis 7 enthält adsorbierte Bromdämpfe und muss analog

den Anweisungen in 10 a regelmäßig gewartet und regeneriert werden.

Literatur

- [1] P. Pfeifer, Halogene und Periodensystem der Elemente, NiU-Chemie 1 (1990) Nr. 5, S 25-29
- [2] Stoffinfo aus WinCHE9, siehe: http://www.gefahstoffdaten.de/7726-95-6_795.htm
- [3] O. Kühling, Karl Heumanns Anleitung zum Experimentieren bei Vorlesungen über anorganische Chemie. 3. Aufl., F. Vieweg und Sohn, Braunschweig 1904 (S. 351)
- [4] H. Stapf, E. Rossa, Chemische Schulversuche, Teil 1: Nichtmetalle, Verlag Harry Deutsch, Zürich 1976 (Lizenzausgabe von Volk u. Wissen Berlin 1961), S.94
- [5] H. Boeck, Chemische Schulexperimente, Bd. 3, 2. Aufl., Verlag Harri Deutsch, Frankfurt 1988 (Lizenzausgabe von Volk und Wissen Berlin 1978), S 411
- [6] F. Bukatsch, W. Glöckner, Experimentelle Schulchemie, Anorganische Chemie, Nichtmetalle 2, Studienausgabe in 9 Bänden, Bd 2, Aulis Verlag Deubner & CO KG, Köln 1977, S. 63
- [7] H. Boeck, H. Keune, Chemische Schulexperimente, Bd. 1, Anorganische Chemie, Volk und Wissen, Berlin 1998, S. 257
- [8] W. Glöckner, Kapitel Halogene in: Handbuch der experimentellen Schulchemie, Sekundarbereich II, Band 2, Aulis-Verlag Deubner & CO KG, Köln 1996
- [9] H.W. Roesky, Chemie en miniature, Wiley-VCH-Verlag GmbH, Weinheim 1998, S. 59
- [10] H. Brinkmann, Darstellung und Reaktionen von Chlor mit einfachen Mitteln. PdN-Ch 39 (1990), Nr. 5, S 21
- [11] V. Obendrauf, Experimente mit Gasen im Minimaßstab, ChiuZ 30 (1996), Nr. 3 S. 118
- [12] M. Schallies, H.-O. Schnelle, K. Kunze, Reaktionen mit dem Minilabor, siehe: <http://www.ph-heidelberg.de/wp/schallie/minilab/brom.htm>
- [13] S.Slayden, T.H. Do, K.Y.Smiley, D.J.Nelson, A safe convenient method of generating bromine for qualitative analysis. J.Chem.Educ. 64 (1987), p. 368
- [14] F. Gnädinger, Die Hydrolyse des elementaren Broms – Beitrag zur Stöchiometrie und Kinetik. MNU 15 (1962) S 394
- [15] St.-C. Lange, Experiment zur Darstellung kleiner Bromvolumen. Chemie in der Schule 6 (1982), S. 253
- [16] H.P. Williams, B.T. Herrington, Aqueous bromine solutions from HBr by 3% hydrogen peroxide. J.Chem.Educ. 67 (1990), p 525
- [17] W. Proske, V. Wiskamp, Bromchemie ohne vorrätiges Brom. PdN-Ch 48 (1999), Nr. 8, S. 4
- [18] M. Hellblau, Brom und seine Herstellung. PdN-Ch 39 (1990), Nr. 5, S. 15
- [19] Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie 3. Auflage (1953) Bd 4
- [20] W.B. Sanford, Demonstration of the preparation of bromine from bittern. J.Chem.Educ. 11 (1934), p 377
- [21] A. Paschmann, A. Wenninga, I. Parchmann, Chlor, Brom, Iod – Elemente aus dem Meer. CHEM-KON 8 (2001) Nr. 4, S. 193
- [22] A. J. Balard, Ann. Chim. Phys. (Paris) 32 (1826), 337, 382
- [23] J.J. Berzelius, Ann. Chim. Phys. (Paris) 32, (1826), 60
- [24] E. F. Smith, Bromine and its discoverers. J. Chem. Educ. 3 (1926), p 382
- [25] B. Z. Shakhshiri, Chemical Demonstrations. Vol 1, The University of Wisconsin Press 1983, p. 68
- [26] K. Häusler, H. Rampf, R. Reichelt, Experimente für den Chemieunterricht. Oldenbourg Verlag München 1991, S. 107
- [27] H. Hollmann, Versuche zur Gruppe der Halogene. In: K. Freytag, V. Scharf, E. Thomas (Hrsg.): Handbuch des Chemieunterrichts Sekundarbereich 1, Band 2, Aulis Verlag Deubner & CO KG, Köln 2001, S. 92
- [28] G. Wagner, M. Kratz, Chemie in faszinierenden Experimenten. Aulis Verlag Deubner, Köln 2005, S. 45
- [29] T. Zahn, Energieumsetzungen bei chemischen Reaktionen. Unterricht Chemie 16 (2005), Nr. 85, S. 14
- [30] R. Schäble, Umsetzung von Aluminium mit Brom. PdN-Ch 31 (1982), Nr. 4, S. 126
- [31] K. Schneider, B. Breuer, H. Breuer, Zum Reaktionsverhalten von Ethin in Bromwasser, PdN-Ch 48 (1999), Nr 7, S. 33
- [32] D. Lenoir, Neues zur Bromierung von Alkenen, ChiuZ 31 (1997), Nr. 2, S. 94
- [33] B. Horlacher, F. Braun, N. Dimitriadis, G. Möller, K. Prokayn, Bromierung von Butan. PdN-ChiS 52 (2003), Nr. 4. S. 22
- [34] V. Obendrauf, Von Hochzeitskannonen und Blitzen unter Wasser. Chem.Sch.(Salzbg.) 14 (1999), Nr.3, S. 12
- [35] V. Obendrauf, Methan mit minimalen Mitteln. Chem.Sch.(Salzbg.) 19 (2004), Nr. 3, s. 12
- [36] N. N. Greenwood, A. Earnshaw, Chemie der Elemente, VCH-Weinheim 1990, S. 1035
- [37] A.F. Holleman, E. Wiberg, Lehrbuch der Anorganischen Chemie. Walter de Gruyter, 101. Auflage, Berlin-New York 1995, S. 444

Phosphor-Recycling macht Fortschritte

Pilotanlage zur Rückgewinnung von Phosphor aus Abwasser in Betrieb

Phosphor gehört zu den lebenswichtigen Elementen, ist endlich und nicht austauschbar. Die weltweit wirtschaftlich erschließbaren Reserven reichen noch circa 100 Jahre. Wissenschaftler am KIT (Karlsruher Institut für Technologie) haben nun ein Verfahren zur Rückgewinnung von Phosphor aus Abwasser weiterentwickelt, das die Stadt Neuburg in Bayern in einem Pilotprojekt im Klärwerk einsetzt. Seit Mitte Mai ist die Anlage in Betrieb.

In Händen des Kompetenzzentrums für Materialfeuchte (CMM) am KIT liegt die technisch-wissenschaftliche Koordination des Projekts, das im Frühjahr vergangenen Jahres startete. Nun geht es in seine dritte und entscheidende Phase. Die Labor- und Halbtechnikversuche waren erfolgreich: „Sie lassen für den Pilotzeitraum auf der Kläranlage ebenfalls einen erfolgreichen Betrieb erwarten“, sagt der Leiter des CMM, Dr. Rainer Schuhmann.

Ziel des Projektes ist es, Phosphor teilweise aus Abwasser auszusondern und als wieder verwertbares Produkt einen Rohphosphat-Ersatzstoff zu generieren. Dazu haben die Forscher um Schuhmann das P-RoC-Verfahren (Phosphorus Recovery from waste and process water by Crystallisation) weiterentwickelt. Damit lässt sich in der Abwasserphase gelöstes Phosphat mittels Kristallisation an Calcium-Silicat-Hydrat-Phasen (CSH) als phosphathaltiges Produkt zurückgewinnen. Dieses einfache und effektive Prinzip liefert ein pflanzenverfügbares Produkt, das zum Beispiel ohne weitere Aufbereitung als Düngemittel einsetzbar ist. Kooperationspartner im Projekt sind auch die Firma Cirkel GmbH & Co. KG



Das am KIT weiterentwickelte Verfahren zur Phosphor-Rückgewinnung wird jetzt in einem Pilotprojekt erprobt (Foto: CMM).

aus Rheine und die Heidelberg Cement AG.

Läuft alles nach Plan, wird die Pilotphase in Neuburg in etwa in einem halben Jahr abgeschlossen sein. Danach erfolgt eine Evaluierung, die insbesondere auch Aufschluss geben soll über die Effizienz und die Wirtschaftlichkeit des P-RoC-Verfahrens. Dann wird man wissen, ob 20, 30 oder noch mehr Prozent der jährlich anfallenden circa 30 Tonnen Phosphor aus dem Neuburger Abwasser zurückgewonnen werden können. Eines sei jedoch schon jetzt sicher: „Die Qualität des recycelten Phosphors ist hervorragend, weil er vollständig pflanzenverfügbar ist und mehrere Pflanzennährstoffe zur Verfügung stellt.“

Beurteilen wollen die Projektbeteiligten dann auch, ob sich mit der Phosphor-Rückgewinnung für Kommunen wie Neuburg eine lohnenswerte neue Einnahmequelle auftut. Immerhin stieg der Preis für die Tonne Phosphaterz an den Rohstoffbörsen von April 2007 bis August 2008 von 40 auf 430 US-Dollar pro Tonne. Aktuell liegt er bei 120 US-Dollar pro Tonne.

Der Rhein ist mit Lanthan belastet

– aus der Produktion von Katalysatoren für Erdölraffinerien

Der Rhein ist von Worms flussabwärts über eine Länge von weit über 400 km mit dem Selten-Erd-Element Lanthan belastet. In Mainz liegt der gemessene Wert beim 46-Fachen der natürlichen Konzentration, im Flussabschnitt Bonn-Leverkusen-Neuss beim mehr als dem 25-Fachen. Dies ist das Ergebnis einer aktuellen Studie der Geochemiker Michael Bau und Serkan Kulaksiz von der Jacobs University (vergl. Umwelt-Fachzeitschrift *Environment International* DOI:10.1016/j.envint.2011.02.018). Damit ist der Rhein das erste Gewässer weltweit, in dem eine solche Kontamination beobachtet wurde.

Die Lage der Einleitungsstelle bei Worms deutet darauf hin, dass das Lanthan aus der dortigen Produktion von Katalysatoren für Erdölraffinerien stammt, bei der die Seltene Erde in das Industrieabwasser gerät. Eine grobe Abschätzung lässt vermuten, dass pro Jahr nahezu 1,5 Tonnen Lanthan verloren gehen und über den Rhein in den Ärmelkanal und letztlich in die Nordsee gelangen. Während die im Rheinwasser auftretenden Lanthanmengen als gesundheitlich unbedenklich gelten, liegen die extrem hohen Konzentrationen von bis zu 49 mg/kg Lanthan, die an der Einleitungsstelle gemessen wurden, oberhalb der Werte, für die bereits ökotoxikologische Effekte beobachtet wurden.

Kernresonanzspektroskopie

Mehrere richtige Antworten pro Frage sind möglich.

1 Entscheidende Größen für die Kernresonanzspektroskopie sind ...

- A** die Elektronenzahl des Atoms.
- B** die Ordnungszahl im Periodensystem.
- C** die Kernladungszahl des Atoms.
- D** die Protonenzahl des Atoms.
- E** die Neutronenzahl des Atoms

2 Was misst die Kernresonanzspektroskopie?

- A** Wieviel Energie Atome nach Einschalten eines elektrischen Felds abgeben.
- B** Wieviel Energie Atome nach Abschalten eines Magnetfelds abgeben.
- C** Wieviel Energie Atome nach Einschalten eines Magnetfelds abgeben.
- D** Wieviel Energie Atome nach Einschalten eines Magnetfelds aufnehmen.
- E** Wieviel Energie Atome nach Ausschalten eines elektrischen Felds abgeben.

3 Auskunft, ob ein Atom für Kernresonanzspektroskopie geeignet ist, gibt ...

- A** die Kombination aus Ordnungszahl und Atommasse.
- B** allein die Atommasse.
- C** die Kombination aus Protonen- und Neutronenzahl.
- D** allein die Protonenzahl.
- E** allein die Neutronenzahl.

4 Wofür steht die Abkürzung NMR für Kernresonanzspektroskopie?

- A** Nuclear Mass Resonance
- B** Nuclear Magnetic Resonance.
- C** Null Magnetic Resonance
- D** Natürliche Magnetfeldresonanz.
- E** Neutronen- und Massenzahlresonanz.

5 Wer erhielt den ersten Chemie-Nobelpreis im Zusammenhang mit der NMR-Technik?

- A** Otto Stern, 1943.
- B** Isidor Isaac Rabi, 1944.
- C** Felix Bloch und Edward Mills Purcell, 1952.
- D** Richard R. Ernst, 1991.
- E** Kurt Wüthrich, 2002.

6 Welches Isotop ist NMR-aktiv?

- A** ^{13}C
- B** ^{16}O
- C** ^{35}Cl
- D** ^{12}C
- E** ^{14}N

7 Welche NMR-Methode nutzt besonders die analytische Biochemie?

- A** ^{13}C -NMR-Spektroskopie.
- B** ^1H -NMR-Spektroskopie.
- C** ^{19}F -NMR-Spektroskopie.
- D** ^{15}N -NMR-Spektroskopie.
- E** ^{31}P -NMR-Spektroskopie.

8 Welche Voraussetzung muss ein Lösungsmittel für Proben in der ^1H -NMR-Spektroskopie erfüllen? Es sollte ...

- A** basisch sein.
- B** protonenfrei sein.
- C** aromatisch sein.
- D** halogenfrei sein.
- E** sauer sein.

9 Welche Voraussetzung begünstigt eine NMR-Messung?

- A** Ein hohes magnetogyrisches Verhältnis.
- B** Eine niedrige Temperatur.
- C** Eine hohe Temperatur.
- D** Ein großes Magnetfeld.
- E** Ein kleines Magnetfeld.

10 Wie viele energetisch unterschiedliche Kernspinniveaus ergeben sich, wenn ein äußeres Magnetfeld auf einen Kern mit einem Kernspin von $I = 3$ einwirkt?

- A** Zwei.
- B** Drei.
- C** Sieben.
- D** Neun.
- E** Dreizehn.

11 Wie viele Signale ergibt Tetramethylsilan im ^1H -NMR-Spektrum?

- A** 1
- B** 3
- C** 4
- D** 5
- E** 12

12 Wie viele Signale ergibt Methyl(methylthio)methylsulfoxid ($\text{CH}_3\text{SO}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$) im ^1H -NMR-Spektrum?

- A** 1
- B** 2
- C** 3
- D** 5
- E** 8

13 Welcher Faktor beeinflusst die chemische Verschiebung?

- A** Die Elektronenhülle des betrachteten Kerns.
- B** Anisotropieeffekte bei Verbindungen mit Doppel- und Dreifachbindungen.
- C** Kreis- oder Ringstromeffekte in Aromaten.
- D** Intermolekulare Wechselwirkungen.
- E** Elektrische Feldeffekte.

14 Was versteht man unter der Intensität eines NMR-Signals?

- A** Signalthöhe.
- B** Signalbreite.
- C** Signalfläche.
- D** Signalanzahl.
- E** Signalintensität.

Lösungen zu Seite 134 (CLB 03/2011):

1 A, B, E; 2 C; 3 A, D; 4 B, C, D; 5 A, B, C, E; 6 A, B, C; 7 A, D, E; 8 B; 9 A, B, C, D, E; 10 A, C, D, E; 11 C; 12 D; 13 C; 14 B, C, D, E.

(Lösungen zu den Fragen hier finden Sie in CLB 06/2011 sowie auf www.clb.de)

Bezugsquellenverzeichnis

ANALYSEN

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

Ilse Beetz
Mikroanalytisches Laboratorium
Postfach 1164, D-96301 Kronach
Industriestr. 10, D-96317 Kronach
Tel. 09261 2426, Fax 09261 92376

ARBEITSSCHUTZARTIKEL



Roth GmbH + Co. KG
Postfach 10 01 21
D-76231 Karlsruhe
Tel. 0721 56060

CHEMIKALIEN



Roth GmbH + Co. KG
Postfach 10 01 21
D-76231 Karlsruhe
Tel. 0721 56060

GERBU Biotechnik GmbH
Rischerstr. 12, D-69123 Heidelberg
Tel.: 06221 726416 0
Fax: 06221 726416 9
www.gerbu.de, E-mail: info@gerbu.de

DEUTERIUMLAMPEN



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

DICHTUNGSSCHEIBEN AUS GUMMI MIT AUFVULKANISierter PTFE-FOLIE

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

FTIR-SPEKTROMETER-ZUBEHÖR



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

GEFRIERTROCKNER

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

GEFRIERTROCKNUNGSANLAGEN



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

HOHLKATHODENLAMPEN



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

KÜHLUND TIEFKÜHLGERÄTE



LAB TECHNOLOGY

Föhrenstr. 12
D-78532 Tuttlingen
Tel. 07461 705-0, Fax 07461 705-125
www.hettichlab.com
info@hettichlab.com

KÜVETTEN

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

LABORCHEMIKALIEN



Roth GmbH + Co. KG
Postfach 10 01 21
D-76231 Karlsruhe
Tel. 0721 56060

LABOREINRICHTUNGEN

Wesemann GmbH & Co. KG
Postfach 1461, D-28848 Syke
Tel. 04242 594-0, Fax 04242 594-222
http://www.wesemann.com

LABORHILFSMITTEL



Roth GmbH + Co. KG
Postfach 10 01 21
D-76231 Karlsruhe
Tel. 0721 56060

LABOR-SCHLÄUCHE UND -STOPFEN AUS GUMMI

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

LABORZENTRIFUGEN, KÜHLZENTRIFUGEN



LAB TECHNOLOGY

Föhrenstr. 12
D-78532 Tuttlingen
Tel. 07461 705-0, Fax 07461 705-125
www.hettichlab.com
info@hettichlab.com



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

LEITFÄHIGKEITS-MESSGERÄTE



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

MIKROSKOPE



Labor- und Routine- Mikroskope Stereolupen und Stereomikroskope

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

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

Große
Anzeigen zu
teuer? Hier
kostet ein
Eintrag nur
6 Euro pro
Zeile, ein
Millimeter
pro Spalte
3 Euro!

Bezugsquellenverzeichnis

OPTISCHE TAUCHSONDEN

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

PARTIKELANALYSE



PH-MESSGERÄTE



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

REINIGUNGSMITTEL FÜR LABORGLAS



SAUERSTOFF-MESSGERÄTE



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

STERILISATOREN

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

TEMPERATUR-MESSGERÄTE



TEMPERATUR-MESSGERÄTE



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

THERMOMETER



VAKUUMKONZENTRATOREN

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

CLB-Geschichte

18

Pflanzen helfen Erzlager finden

vey entwickelt worden, die zum Teil für die Pflanzenanalyse modifiziert werden konnten. Sowohl in der Sowjetunion als auch in USA unterhalten die Regierungen fahrbare spektrographische Trupps, die an Ort und Stelle eingesetzt werden können. Mit Ausnahme von Tellur, Uran, Schwefel, Selen und evtl. auch Zink ist diese Analysenmethode für die meisten Elemente außerordentlich praktisch.

Vergleiche zwischen botanischen und anderen geochemischen Methoden

Selbstverständlich gibt es bei der botanischen Methode, Erzlager zu bestimmen, auch Nachteile, denn die Absorption von Metallen in der Pflanze hängt von vielen Faktoren ab, wie Eindringtiefe des Wurzelsystems, Unregelmäßigkeit des Vorkommens der verschiedenen Pflanzenarten, die Notwendigkeit, die Pflanzenteile zu verbrennen, um zu analysieren, sowie die Schwierigkeit, einwandfrei gemischte Asche für die Analyse zu gewinnen, und nicht zuletzt das Vorhandensein eines in botanischen Dingen geübten Personals. In vielen Situationen ist die Verwendung von Pflanzen jeder anderen Bodenprüfung vorzuziehen. Die Menge Boden, die sowohl vertikal als auch horizontal von einem Baum durchdrungen wird, ist unvergleichlich viel größer, als bei direkter Prüfung des Bodens erfaßt werden kann. Wo man Indikatorpflanzen ausfindig machen kann, ist die geobotanische Methode allen anderen überlegen, weil keine Analysen notwendig sind und Lagerstättenkarten sofort auf Grund der Beobachtungen, wie die Pflanzen verbreitet sind, gezeichnet werden können.

Stand der Forschung

Große Fortschritte hat die botanische Methode in der UdSSR gemacht; sie wird in vielen anderen Ländern bereits verwendet, wenn auch nicht so stark und so systematisch. In den USA entwickelte sie sich nur langsam, da sie dort nicht genügend organisiert ist. Mehrere Forschungswege, um die Beziehung zwischen Pflanze und Erzlager zu klären, konnten gefunden werden. Doch sollte die Absorption von Elementen durch die Pflanzengruppen in den verschiedenen Bodenzusammensetzungen mehr erforscht, die Informationen gesammelt und der Praxis zugänglich gemacht werden. Rund um jeden Typ von Erzlager sollte man Indikatorpflanzen suchen, sowohl allgemein, als auch lokal anwendbare. Und schließlich sollten schnellere und bessere Methoden der Pflanzenanalyse entwickelt werden.

Arbeitsausschuß „Geschichte der Chemie“.

Innerhalb der *Gesellschaft Deutscher Chemiker* wurde am 20. Oktober 1960 in Frankfurt am Main ein Arbeitsausschuß „Geschichte der Chemie“ gebildet, der sich chemiehistorischen Aufgaben widmen will: Anregung zu Biographien und Ausarbeitung würdiger Nekrologe für bedeutende Chemiker, Vorbereitung wichtiger Jubiläen in der Chemie, aber auch Förderung von Arbeiten, die die Bedeutung chemischer Entdeckungen und ihre Ausstrahlung auf Wirtschaft und Kultur aufzeigen, Pflege der Chemiegeschichte an den Hochschulen durch Lehraufträge und Gastvorlesungen u. a. — In den Vorstand wurden einstimmig gewählt: Prof. Dr. h. c. R. Schwarz, Aachen, als Vorsitzender und Dr. E. Fischer, Farbwerke Hoechst AG, und Prof. Dr. W. Schneider, Technische Hochschule, Braunschweig, zu seinen Stellvertretern.

Rohre lassen sich leicht mit Teflon oder Polyäthylen-Stäben⁵⁾ von 2 bis 6 mm Stärke stopfen und – meist wichtiger – bei Luftleinbrüchen mit frischem Lösungsmittel aufwirbeln; Glasstäbe sind meist zu sperrig.

In der Längsachse aufgeschnittene Wasserleitungsrohre aus Polyäthylen sind für Tröge in der papierchromatographischen Technik „Ausgangsmaterial“⁶⁾ und einfache Glasrohre können als Siedekapillaren für Schließapparaturen dienen, wenn man das Glasrohr durch einen knapp durchbohrten Norm-Polyäthylen-Stopfen schiebt.

Als ideale Verteiler von Flüssigkeiten und Gasen kann man in 2 cm breite Streifen geschnittene und dann aufgerollte Polyäthylen-Siebe heranziehen.

Ganze Apparaturen aus Polyäthylen zum Destillieren oder Bestimmen von Fluorwasserstoffsäure wurden beschrieben, und man könnte diese Liste der Verwendungsarten um viele Beispiele vermehren. Hier jedoch sollte versucht werden, aus der Vielfalt der Möglichkeiten einige zu skizzieren und Anregungen zu geben für weitere Fortschritte in apparativer Technik.

⁵⁾ z. B. Weisse & Eschrich, Ludwigsstadt/Bayern

Pflanzen helfen Erzlager finden

Schon seit 1828 ist bekannt, daß Pflanzen durch ihr Vorhandensein Erzlager anzeigen können. Doch erst neuerdings versucht man, Methoden zu erforschen, wie die Botanik in das Aufsuchen von Erzkonzentrationen eingeschaltet werden kann. 1937 wies zuerst *Dorn* in Deutschland ernsthaft auf diese Möglichkeit hin, 1938 diskutierte der Russe *Tkalich* sowohl die Beachtung der sogenannten „Indikator-Pflanzen“, als auch die Pflanzenanalyse und prüfte seine Ideen in den Arsenkies-Lagern von Unvashink im Fernen Osten. Hier fand er, daß sowohl Eisengehalte in den Blättern von Strandgras, als auch das Vorhandensein dieser Gräser Erzadern erkennen ließen. Seitdem wird diese Forschung auch in Schweden, in England, in Finnland, Norwegen und Griechenland mit Erfolg entwickelt. Seit 1955 werden in Rußland die botanischen Methoden systematisch angewendet.

Pflanzenwachstum

Die Möglichkeit, Pflanzen beim Auffinden von lohnenden Erzlagern verwenden zu können, ist in ihrer Fähigkeit begründet, hohe Konzentrationen von Metall, auch wenn es vergleichsweise tief vorkommt, zu absorbieren. In „biogeochemischen Provinzen“ variieren die Pflanzen in Art, Anzahl, Habitus und chemischer Zusammensetzung. Es gibt drei Wege für das Auffinden von Erzlagern mit Hilfe von Pflanzen:

1. Indikatorpflanzen: Pflanzenarten, die über dem gesuchten Mineral

besonders zahlreich oder besonders selten wachsen, werden landkartenmäßig erfaßt.

2. Erscheinungsform: Physiologische und morphologische Veränderungen der Pflanzen werden katalogisiert.

3. Pflanzenanalyse: Abweichungen in der chemischen Zusammensetzung der Pflanzen werden analysiert.

Manche Gegenden sind so toxisch, daß kaum etwas wächst; doch gerade diese kahlen Stellen sind außerordentlich brauchbar zum Erzsuchen. Boden in bewaldeten Gegenden des Kongo z. B., der 8 bis 14 Prozent Kupfer enthält, trägt keine Bäume mehr, sondern es bildeten sich Schneisen mit Gebüsch und Gras. Ein ähnliches Phänomen wird für hohes Eisenvorkommen in der Nähe von Kieslagern in Oberitalien berichtet und für Felsen des Ural und im Transvaal, die Platin enthalten. So zeigen kahle Flecken auch Bor an, wenn Borate auf der Oberfläche erscheinen.

Veränderungen der Erscheinungsform

Auch hierüber sind die meisten Untersuchungen in der UdSSR gemacht worden. Es gibt Veränderungen der Wachstumsfreudigkeit, der Vollständigkeit der Entwicklung, der Vegetationsperiode, der Form. Man findet Wuchsabnormalitäten, geschlechtliche Sterilität usw.

Auf Bor werden z. B. einige Pflanzen dreimal so groß wie üblich; sie bilden eine kugelförmige Gestalt und größere, grünere Blätter. Manche Arten beginnen zu kriechen. Merkwürdige Veränderungen im Pflanzenwachstum auf Öslagern wurden durch Bitumen im Boden verursacht: Gigantismus bei 29 Arten, abnormales Wachstum seitlicher oder gipfelständiger Triebe und zweimalige Blüte. Mehr als zehn Prozent Abnormalitäten bestätigten Bitumen-Vorkommen im Boden. Im Ural zeigen weiße, blütenblattlose Pflanzen Nickel-Kobalt-Lager an. Auf Boden, der radioaktives Uran oder Thorium enthält, wachsen Pflanzen mit Blütenstielen ohne Blütenblätter, ohne Staubfäden und folglich ohne Samen. Nickel, Kupfer, Kobalt, Chrom, Zink und Mangan stören die Chlorophyll-Bildung, so daß die Blätter weißlich-gelb sind. Demgemäß kann ein Zuviel von jedem dieser Elemente ein deutbares Charakteristikum hervorbringen.

Pflanzenanalyse

Erzlager zu finden durch den Vergleich der Analyse von Pflanzen auf normalem Boden mit Pflanzen auf Boden, der möglicherweise bestimmte Erze enthält, nennt man die bio-geochemische Methode. Sie wurde bisher am umfassendsten angewendet. Lager von Uran, Zink, Wolfram, Zinn, Arsen, Kupfer und Vanadium hat man durch Pflanzenanalyse gefunden, wobei vielleicht die Bestimmung von Kupfer am schwierigsten ist. Oft konnte man feststellen, daß die Pflanzen prozentual ebensoviel Kupfer enthielten wie die

Tabelle 1: Indikatorpflanzen

| Allg. oder nur lokal verwendbar | Familie | Botanischer Name | Verwendet |
|---------------------------------|-------------------|--|-------------------------|
| | 1. Bitumen | | |
| L | Gänsefuß | <i>Anabasis salsa, Salsola spp.</i> | Kaspisches Meer |
| L | Lilien | <i>Allium</i> | Californien |
| | 2. Bor | | |
| L | Gänsefuß | <i>Salsola nitriaria, Eurotia ceratoides</i> | UdSSR |
| L | Bleiwurz | <i>Limonium suffruticosum</i> | UdSSR |
| | 3. Kupfer | | |
| A | Nelken | <i>Gypsophila patrinii</i> | UdSSR |
| L | Nelken | <i>Polycarpea spirostylis</i> | Australien |
| A | Lippenblütler | <i>Acrocephalus roberti</i> | Katanga |
| L | Lippenblütler | <i>Elsholtzia haichovensis</i> | China |
| A | Lippenblütler | <i>Ocimum homblei</i> | Rhodesien |
| A | Moose | <i>Merceya latifolia</i> | Schweden und Montana |
| L | Mohn | <i>Eschscholtzia mexicana</i> | Arizona |
| L | Bleiwurz | <i>Armeria maritima</i> | Schottland |
| | 4. Gips | | |
| L | Knöterich | <i>Eriogonum inflatum</i> | westl. USA |
| L | Loasen | <i>Mentzelia</i> | westl. USA |
| | 5. Eisen | | |
| L | Birken | <i>Betula</i> | Deutschland |
| L | Guttigewächse | <i>Clusia rosea</i> | Venezuela |
| | 6. Blei | | |
| L | Gräser | <i>Erianthus giganteus</i> | Tennessee |
| | 7. Phosphor | | |
| L | Winden | <i>Convolvulus althaeoides</i> | Spanien |
| | 8. Selen | | |
| A | Hülsenfrüchte | <i>Astragalus racemosus, Astragalus pectinatus</i> | westl. USA |
| A | Korbblüter | <i>Onoposis, Aster venustus</i> | westl. USA |
| A | Kreuzblüter | <i>Stanleya</i> | westl. USA |
| | 9. Selen und Uran | | |
| A | Hülsenfrüchte | <i>Astragalus pattersoni</i> | westl. USA |
| L | Hülsenfrüchte | <i>Astragalus preussi</i> | westl. USA |
| L | Hülsenfrüchte | <i>Astragalus</i> | Anden |
| | 10. Silber | | |
| L | Knöterich | <i>Eriogonum ovalifolium</i> | Montana |
| | 11. Zink | | |
| A | Veilchen | <i>Viola calaminaria</i> | Belgien und Deutschland |
| L | Steinbrech | <i>Philadelphus</i> | Washington |

Tabelle 2

Physiologische und morphologische Veränderungen von Pflanzen auf Grund metallischer Toxizität

| Element | Wirkung |
|-----------|---|
| Aluminium | Kurze, dicke Wurzeln, verbrannte Blätter, gefleckte Färbung |
| Bor | Dunkles Laub; verbrannte Ränder an älteren Blättern bei hohen Konzentrationen; gehemmte, deformierte, verkürzte Internodien; kriechende Formen; erschwerte Geschlechtsreife; vermehrte Gallen (Zezidien)-Produktion |
| Chrom | Gelbe Blätter mit grünen Adern |
| Kobalt | Weißer Flecken auf den Blättern |
| Kupfer | Tote Flecken auf den niedriger stehenden Blättern; dunkelrote Stengel, „bleichsüchtige“ Blätter mit grünen Adern, wachstumsgehemmte Wurzeln, in manchen Arten kriechende sterile Formen |
| Eisen | Wachstumsgehemmte Spitzen, verdickte Wurzeln; Zellteilung gestört in Algen, woraus stark vergrößerte Zellen resultieren |
| Mangan | Bleiche Blätter, Stiele und Blattstielschädigungen, gerollte und tote Stellen an den Blatträndern, Drehung der Blattfläche |
| Molybdän | Wachstumshemmung, orange Färbung |
| Nickel | Weißer abgestorbene Flecken auf den Blättern, blumenblattlose sterile Formen |
| Uran | Abnorme Anzahl von Chromosomen im Zellkern; ungewöhnlich geformte Früchte; sterile, blumenblattlose Formen, Blattrosetten mit Stengeln |
| Zink | Bleiche Blätter mit grünen Adern, weiße Zwergformen; abgestorbene Stellen auf Spitzenblättern, wachstumsgehemmte Wurzeln. |

Lagerstätten, aber man fand auch „falsche“ Metallprozentage, die nicht mit den darunter liegenden Kupfererzen übereinstimmten.

Zunächst suchte man Pflanzen, die ein Maximum an Metall speichern. Aber diese aufspeichernden Pflanzen haben sich nicht immer bewährt. Am besten eignen sich solche, die es überall gibt, die ein tiefreichendes Wurzelsystem haben und eine ziemlich konstante Wechselwirkung zwischen der Pflanzenzusammensetzung und dem ernährenden Medium aufzeigen. Der Durchschnittsmetallgehalt von Pflanzenasche wird tabellarisch festgehalten.

Die Wahl einer Pflanzenart hängt nicht nur von ihrem Vorkommen und der Tiefe ihrer Wurzeln ab, sondern ebenso vom erwarteten Element. Es ist Gras bei Chrom vorzuziehen, Bäume z. B. bei Zink. Selbstverständlich sollte der Vergleich der analysierten Pflanzen mit den normalen an der gleichen Pflanzenart, dem gleichen Pflanzenteil, zur gleichen Jahreszeit und dergleichen vorgenommen werden. Auch die Analysemethoden hängen vom Element ab. Meist werden spektrographische oder kolorimetrische Methoden angewandt. Kolorimetrische schnelle Tests sind für Böden, die Kupfer, Blei, Zink, Kobalt, Wolfram, Quecksilber, Molybdän, Uran, Silber und Nickel enthalten, von der *US Geological Sur-*


Das Online-Magazin für Labor und Analytik

Kontakt
Newsletter
Anzeigen schalten
Über uns
FAQ
Shop



Labor Magazin ANALYTIK NEWS

[Sitemap](#)
[Profisuche](#)

Labor Magazin

- Produktneuheiten
- Stellenangebote
- Veranstaltungskalender
- Aktuelle Nachrichten
- Fachbeiträge
- Webseite des Monats

LAB-SUPPLY Special

Labor interaktiv

- Diskussionsforum
- Stellensuche
- Gebrauchtes

Labor Branchenbuch

Labor Linktips

- Analysentechniken
- Qualitätssicherung
- Arbeitssicherheit
- Fachliteratur
- Laborsoftware
- Sonstiges

Ihr Ansprechpartner



Torsten Beyer

Weitere Webseiten

- LabFirms.de
- LabCrawler.com
- LaborShop.de
- Chemiker.info
- Chemie-Datenbanken

++ ANALYTIK NEWS Aktuell ++

[Produkte](#)
[Stellenangebote](#)
[Veranstaltungen](#)
[Nachrichten](#)
[Fachartikel](#)
[Links](#)

Das Online-Labormagazin ANALYTIK NEWS ist eine Zeitschrift der Dr. Beyer Internet-Beratung und bietet seit 1998 tagesaktuelle, unabhängige, redaktionell geprüfte Informationen aus den Bereichen Labor und Analytik.

In unseren wöchentlichen Email-Newslettern informieren wir mehr als 30.000 Anwender im deutschsprachigen Raum über Produktneuheiten, Nachrichten, Fachartikel, Veranstaltungen, Stellenangebote und vieles mehr aus Labor, Chemie, Pharma, Life Science, Biotechnologie, Biologie, Medizin und Materialforschung.

An indispensable resource for synthetic chemists

6.0 million molecules
 2.8 million reactions

Produktneuheiten
alle
Anzeigen schalten

Aktuelle Neuheiten aus Labor, Analytik und Messtechnik inklusive Laborsoftware und Qualitätskontrolle

- **Wie Millipores Wasseraufbereitungssysteme die Arbeit im Labor rationalisieren**
In der heutigen schwierigen Wirtschaftslage, in der Labore "mehr mit weniger leisten" müssen, suchen Labormitarbeiter nach Mitteln und Wegen, um ihre Produktivität zu steigern. Ein oftmals ...
- **TemPro Spektrometer - Fluoreszenzlebensdauermessungen für jedes Labor leicht gemacht**
HORIBA Jobin Yvon, führender Hersteller auf dem Gebiet der Fluoreszenzspektroskopie, hat die Palette der Spektrometer zur Bestimmung der Fluoreszenzlebensdauer um ein weiteres System erweitert. Das S...
- **Tischzentrifugen ROTINA 380 / 380 R setzen Maßstäbe in Kapazität und Effizienz**
Mit den Modellen ROTINA 380 und ROTINA 380 R (gekühlt) ergänzt die Firma Hettich nicht nur ihr eigenes umfassendes Zentrifugenprogramm, sondern setzt auch innerhalb der Wettbewerbsklasse Maßstäbe in ...
- **Ministat® - Maßstab der Kompaktthermostate**
Ministat® sind äußerst kompakt aber leistungsstark. Seit 1976 ist der Ministat® der kleinste Kälthermostat der Welt. Heute gibt es drei Ministat® - jeder ist Kleinsten in seiner Klasse. Die gerin...

--> alle Produktneuheiten --> Chromatographie --> Spektroskopie --> Probenvorbereitung

Stellenangebote
alle
Stellenanzeige schalten

Aktuelle Jobs für Chemiker, Biologen, Ingenieure, Analytiker, Laborleiter, Laboranten und Techniker

- **Chemielaborant, CTA (m/w)**
Für unseren neuen Laborstandort in Augsburg suchen wir ab sofort Chemielaboranten/innen für die Bereiche Organik, Elementanalytik und die Probenvorbereitung. Ihre Aufgaben: Probenvorbereitung von Boden...
- **Teamleitung Qualitätskontrolllabor Pharmaproduktion (m/w)**
Planung, Koordination und Organisation der fristgerechten Bearbeitung von analytischen Untersuchungen flüssiger und fester Wirk- und Hilfsstoffe, Führung und Entwicklung eines Teams von etwa 10 Mitar...
- **Mitarbeiter Qualitätsmanagement - Auditierung und Zertifizierung (m/w)**
Das sind Ihre Aufgaben: Weiterentwicklung des Qualitätsmanagement-Systems gemeinsam mit dem Qualitätsmanagementbeauftragten Unterstützung des Qualitätsmanagementbeauftragten bei der Vorbereitung, Durc...

--> alle Stellenangebote



Titration



Ionenchromatographie



Elektroanalytik



ProcessLab



© 2000-2010 Dr. Beyer Internet-Beratung Kontakt Newsletter Anzeigen schalten Über uns FAQ AGB Impressum

Was Sie bei uns finden

- E-Mail-Newsletter und RSS-Feeds
- Produktneuheiten
- Nachrichten und Fachbeiträge
- Stellenmarkt
- Veranstaltungskalender
- Laborbranchenbuch „LabFirms“
- Diskussionsforum und Gebrauchtes
- Linksammlung und Suchmaschine