

CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

Analytik

Biotechnik

Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung

- Energie: Natrium-Schwefel-Akkus
- Grundlagen der Toxikologie
- Sensoren und Chemie
- Nachwachsende Rohstoffe
- Labor-Mikrowellengeräte

Die Atomenergie beflügelte in den 60er Jahren die Phantasie der Techniker: Schiffe, sogar Autos sollten mit ihr betrieben werden – und natürlich auch Chemieanlagen, wie das unten links wiedergegebene Beispiel aus der CLB vom August 1969 zeigt. Auch ein Kernreaktor für den Unterricht durfte nicht fehlen (unten rechts, CLB Juni 1961). Und die Atomtechnik der USA sah auch Reaktoren für Raketen sowie atomare Sprengungen vor (ebenfalls CLB August 1968, ganz unten).

Chemiewirtschaft

Die Raffinerien der Bundesrepublik setzten 1968 7.749 deutsche und 83.027 Mio t ausländische Rohöle durch. Sie erzeugten insgesamt 89.659 Mio t Fertigprodukte, das sind 13,8% mehr als im Vorjahr. Davon stieg allein die Schmierölproduktion um 20,8%. Die Hauptanteile der Raffinerie-Fertigprodukte machen 28,2% schweres, 22,1% leichtes Heizöl und die Motorenbenzine mit 11,4 Mio t gefolgt von Dieselloil mit 9,2 Mio t aus. Auch die Raffineriegas-Produktion hat mit 4,3 Mio t einen erheblichen Anteil erreicht. (Schmiertechn. Tribolog. 16, 39 [1969].)

12 Mio t Weißblech pro Jahr. Mit einer Weltproduktion von 12 Mio t pro Jahr ist Weißblech der bedeutendste Werkstoff auf dem Verpackungssektor; seine Entwicklung verlief bisher in einem fast beispiellosen Tempo: Bei Ausbruch des Zweiten Weltkrieges lag die Produktion bei 3 Mio t/a, stieg bis 1965 auf 10,5 Mio t/a an, wird für 1968 auf 12 Mio t/a geschätzt, und für 1975 erwarten Fachleute eine Produktion von etwa 15 Mio t/a. Rund 60% der Fertigung werden für die Konservierung von Lebensmitteln verwendet, denn speziell auf diesem Gebiet ist dieser Werkstoff durch seine korrosionsfeste Zinnauflage besonders geeignet. Es ist nachgewiesen, daß sich sterilisierte Konserven ohne nennenswerte Vitaminverluste über viele Jahre halten. Der neue von der *F. Krupp GmbH Industriebau und Maschinenfabriken*, Essen, entwickelte „Bodymaker“ ist in der Lage, bis zu 30.000 Dosenrumpfe selbständig zu formen, zu falzen und zu löten. Der Automat wird nur von einem Mann überwacht. (VDI-Nachr. 1969, Nr. 21, S. 16.)

Kernkraftwerk der BASF. Die BASF hat die Genehmigung zur Errichtung und zum Betrieb eines Kernkraftwerkes auf ihrem Werks Gelände in Ludwigshafen beim Minister für Wirtschaft und Verkehr des Landes Rheinland-Pfalz beantragt. Als Standort ist das bisherige Gelände der Carbidfabrik vorgesehen, die nach Umstellung der Produktion auf petrochemische Basis nicht mehr benötigt wird. Der Antrag erstreckt sich auf ein Kernkraftwerk mit einer elektrischen Leistung von etwa 2 x 600 Megawatt. Ein großer Teil dieser Leistung soll in Form von Dampf entnommen werden. Die beiden Reaktoren werden möglicherweise in zwei Stufen errichtet. Eine Zusammenarbeit mit einem Unternehmen der öffentlichen Energieversorgung wird angestrebt, jedoch ist in dieser Richtung noch keine Entscheidung gefallen. Die bisherigen drei BASF-Kraftwerke werden als Reserveanlagen bestehen bleiben. Ein Reaktor für 600 Megawatt elektrische Leistung enthält etwa 1,5 t spaltbares Uran. Die daraus gewinnbare Energie entspricht dem Heizwert von ca. 4 Mio t Steinkohle oder 3 Mio t Heizöl. Aus diesem geringen Brennstoffbedarf eines Kernreaktors ergibt sich, daß trotz des relativ hohen Uranpreises die Brennstoffkosten pro Kilowattstunde in einem Kernkraftwerk nur etwa halb so hoch sind wie in einem Ölwerk und nur etwa ein Drittel so hoch wie in einem mit Steinkohle betriebenen Kraftwerk.

Eine Großanlage zur Herstellung von 50 000 t Dimethylterephthalat (DMT), die zu den größten ihrer Art zählt, wurde im August 1968 im Werk Lüssdorf der *Dynamit-Nobel Aktiengesellschaft*, Troisdorf, in Betrieb genommen. Sie ist zugleich das bisher größte Bauvorhaben dieses Konzerns in der Nachkriegszeit. Der Anlage liegt der nach seinem Erfinder *E. Katschmann* benannte Prozeß zugrunde, nach dem 1953 im Werk Witten

373

250

Forschung und Technik

Leichtmetall-Sonnenschutz-Lamellen, um den Einfluß der Sonneneinstrahlung auf die klimatisierten Räume zu verhindern. Die Lamellen werden elektro-mechanisch nach dem Sonnenstand bewegt. Das Institut wird einen umbauten Raum von 30600 m³ erhalten; die Bauzeit einschließlich der Einrichtung der Labors soll etwa eineinhalb Jahre betragen.

Beryllium ist ein Element, das bis heute fast ausschließlich zur Herstellung spezieller Kupferlegierungen verwendet wurde; der Zusatz von Beryllium verleiht dem Kupfer Festigkeit und Elastizität. Seit 15 Jahren bietet Beryllium für den Kerningenieur großes Interesse, denn es besitzt die geringste Neutronenabsorption aller Metalle. Es empfiehlt sich daher als günstigstes Hülsenmaterial der Brennstoffelemente für den gasgekühlten Reaktor vom Calder-Hall-Typ. Bisher überstieg die Oberflächentemperatur der Brennstoffhülsen kaum 400 bis 500 °C, und man nahm billigere Metalle, vor allem Magnesium, zur Herstellung der Hülsen. Gegenwärtig plant man aber Reaktoren, die bei hoher Temperatur arbeiten und muß darum zu einem neuen Brennelementtyp, zu Uranoxyd, übergehen, das eine geringe Wärmeleitfähigkeit besitzt. Um genügend kühlen zu können, muß man den Durchmesser der Brennstoffstäbe erheblich reduzieren, das Verhältnis von Hülsenmaterial zu Stabmaterial wird dadurch zwangsläufig größer. Daher braucht man ein Hülsenmaterial von möglichst geringer Neutronenabsorptionsfähigkeit: Beryllium.

Beryllium besitzt aber äußerst unangenehme Eigenschaften für die metallurgische Verarbeitung und sehr schlechte Eigenschaften bei der mechanischen Verformung. Auch sein Korrosionsverhalten läßt es als Werkstoff nur bedingt geeignet erscheinen. Es ist jedoch der leichteste aller bekannten Werkstoffe ($d = 1,85$)

und seine Wärmeleitfähigkeit wird nur von wenigen Elementen (Gold, Silber, Kupfer, Aluminium) übertroffen.

Es ist kaum möglich, die Werkstoffeigenschaften des Berylliums durch Legieren zu verbessern. Zum Lösen eines Metalls in einem anderen ist es nämlich erforderlich, daß sich die Atomradien der Metalle um weniger als 15% unterscheiden. Im Größenbereich vom Atomradius des Berylliums liegen aber nur ganz wenige Elemente (Kupfer, Palladium, Nickel, Kobalt, Silber).

Die hohen Kosten des Berylliums stehen seiner Verwendung noch sehr im Wege. Übrigens ist Beryllium neben der Kernindustrie auch für die Flugzeugindustrie wegen seines geringen spezifischen Gewichtes interessant. (Endavour 20, 11 [1961].)

Einen Kern-Reaktor für Unterrichtszwecke haben die *Siemens-Schuckertwerke* entwickelt. Er ist bei einer Dauerleistung von 0,1 W so ausgelegt, daß man ihn ohne besondere bauliche Sicherheitsmaßnahmen und ohne eine Gefährdung der Umgebung befürchten zu müssen, in vorhandenen Laboratorien aufstellen und betreiben kann. Der Kern besteht aus Einzelplatten, diese aus einer Mischung von U₃O₈-Pulver als Brennstoff und Polyäthylen als Moderator. Die kritische Brennstoffmenge beträgt etwa 700 g ²³⁵U. Als Abschirmung dient eine 10 cm dicke Bleischicht und ein 60 cm starker Wassermantel mit Zusatz von Borsäure in einem Kessel aus Stahlblech.

Zu diesem Unterrichts-Reaktor gehört ein Schaltpult, auf dem die Instrumente für die Überwachung und die Bedienungsknöpfe zusammengefaßt sind. Derartige Unterrichts-Reaktoren liefert *Siemens* in drei verschiedenen Ausführungen, bei denen die Leistungen um je eine Zehnerpotenz höher liegen und die Abschirmung entsprechend stärker ist.

Atomtechnik 1968

115

spektrometer unschwer durchführen. Liegt in der Tiefe ein Schwefelfeld, so enthalten die Sulfide zwischen 1 bis 3% mehr Schwefel-32 als die Sulfate. Da die Meßtechnik noch Differenzen von 0,05% aufleckt, ist der Nachweis durchaus zuverlässig.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß hohe Sulfidgehalte im Deckgestein gegen die Anwesenheit einer Schwefellagerstätte sprechen. Offenbar waren in diesem Falle die Verhältnisse für die nachgeschaltete chemische Oxydation des H₂S nicht günstig, so daß der größte Teil davon nach oben entweichen konnte — eine Lagerstätte konnte sich dann nicht bilden. (Chem. Engng. News 46, H. 52, 48 [1968].)

Atomtechnik 1968

Ein Bericht aus den USA

Kernreaktoren

Reaktoren zur Stromerzeugung bilden das Schwerpunktprogramm der zivilen Nutzung von Kernenergie. Dennoch tragen Kernkraftwerke in den Vereinigten Staaten erst 1,2 Prozent zur Energiegewinnung bei. Bis 1975 wird dieser Anteil jedoch auf rund 20 Prozent ansteigen. Die in den ersten neun Monaten des abgelaufenen Jahres vergebenen Neuaufträge im Wert von zwei Milliarden Dollar für den Bau von 12 Reaktorstationen (voraussichtliche Gesamtzahl im Jahr 1975: 88 Stationen) mit insgesamt 14278 Megawatt (MW) zeigen unverkennbar den Trend zur Großblockanlage. Nur zwei Stationen liegen in ihrer Kapazität unter 800 MW, die übrigen entweder in dieser Größenordnung oder darüber.

Die Tatsache, daß im Jahr 1968 weniger Aufträge als im Vorjahr (1967: 20000 MW) eingingen, bedeutet keine Überraschung. Sie bestätigt nur die Voraussage der Fachleute, daß sich in absehbarer Zukunft in bezug auf den Neubau von Kraftwerken ein gewisses Gleichgewicht zwischen der Energieerzeugung auf konventioneller und nuklearer Basis einstellen wird. Die Neuaufträge für konventionelle Kraftwerke beliefen sich auf ca. 20000 MW — allerdings mit insgesamt 32 Stationen.

Der Leistungsreaktor von heute stellt ungeachtet vieler Verbesserungen noch nicht den Idealtyp dar. Er nutzt im Betrieb Uran nur zu einem sehr geringen Prozentsatz (1 bis 3%) für die Energieerzeugung. Deshalb haben in der Forschung und Entwicklung die Brutreaktoren, und hier wiederum die schnellen Brüter, Vorrang. Sie wären in der Lage, mindestens 60 bis 90 Prozent des eingesetzten Urans zu nutzen und durch Element-Umwandlung mehr Kernbrennstoff zu erzeugen, als sie selbst verbrauchen.

116

Atomtechnik 1968

Wie aus einem im September 1968 von der US-Atomenergie-Kommission (AEC) veröffentlichten Bericht hervorgeht, hat sich die Atombehörde der USA für den natriumgekühlten Brutreaktor entschieden — einen Typ aus verschiedenen Entwicklungsrichtungen. Die Verwendung der bundesstaatlichen Forschungsmittel für Reaktoren mit niedriger und hoher Bruttore (1967: ca. 100 Millionen Dollar) ist damit für die kommenden Jahre vorgezeichnet. Sie sollen wesentlich dazu beitragen, die noch bestehenden technischen Schwierigkeiten zu überwinden.

Mehrzweck-Reaktorstationen, die im großen Stil Strom erzeugen, Wasser entsalzen und möglicherweise noch Chemikalien produzieren, rücken als Reibrettprojekte immer mehr in den Vordergrund — aber die Kostenprobleme sind noch nicht gelöst. Aus diesem Grund mußte auch der schon recht weit gediehene Plan vorläufig zurückgestellt werden, auf einer künstlichen Insel vor der südkalifornischen Küste ein nukleares Entsatzungswerk mit 570 Millionen Litern Tagesleistung an Frischwasser zu errichten. Die Kosten, die 1965 auf 444 Millionen Dollar veranschlagt waren, hätten nach neuesten Schätzungen 765 Millionen Dollar betragen. Die Träger des Unternehmens suchen gegenwärtig nach anderen Wegen und ziehen u. a. in Erwägung, die Entsatzungsanlage mit einem bereits bestehenden Atomkraftwerk — z. B. San Onofre südlich von Los Angeles — zu koppeln.

Der bisher leistungsfähigste Raketenreaktor, Phoebus 2A genannt, wurde im Bodenversuch erfolgreich erprobt. Das Aggregat überschritt dabei während 12 von 32 Minuten Betriebszeit die Leistungsstufe von 4000 MW und produzierte erheblich mehr Energie, als im Rahmen des NERVA-Projektes für nukleare Triebwerke gefordert wird. Nach Dr. *Werner von Braun* ließe sich die Tragkraft der Oberstufe einer Mondrakete vom Typ SATURN V, mit der unter Verwendung chemischer Triebwerke eine Nutzlast von 33,7 Tonnen auf dem Mond abgesetzt werden kann, „um den Faktor 100 erhöhen“, wenn ein nuklearer Antrieb zur Verfügung stünde. Vor allem der Planetenforschung würden dadurch ungeahnte neue Möglichkeiten eröffnet.

Nukleare Sprengungen

Im Rahmen des Projekts PLOWSHARE wurden drei wichtige neue Experimente zur Verwendung nuklearer Sprengsätze für Erdaushubarbeiten unternommen. Dazu gehört u. a. das Projekt GASBUGGY, dessen wissenschaftliche und technische Ergebnisse seit Oktober 1968 der Öffentlichkeit zur Verfügung stehen. Eine Reihe von Ländern, u. a. Panama und Australien, sind an der dabei angewandten Technik interessiert, um z. B. einen neuen Kanal und neue Häfen anzulegen. Als eines der schwierigsten Probleme erweist sich jedoch die Entwicklung von Sprengsätzen, bei denen die Bildung zu großer Mengen „heißer“, d. h. stark radioaktiver Produkte unterbunden und mit einem Sprengsatz bestimmter Energieausbeute der maximale Aushub erzielt wird.

Fortsetzung auf Umschlagseite 3

Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,



ich warte immer noch auf eine Untersuchung, die Angst als Risikofaktor für die Gesellschaft bewertet. Schon 1894 postulierte der Spanier Santiago Ramon y Cajal, dass das Gedächtnis durch die Stärkung der Verbindung zwischen existierenden Neuronen gebildet wird. 1949 formulierte der kanadische Neurophysiologe Donald Olding Hebb eine erste Lernregel: Das Gehirn lerne, indem Verbindungen zwischen Nervenzellen (Neuronen), die gleichzeitig aktiv sind, verstärkt werden. Detaillierter ausgedrückt: Wenn eine Nervenzelle A eine Nervenzelle B dauerhaft und wiederholt erregt, wird die Synapse dadurch so verändert, dass die Signalübertragung effizienter wird. Dadurch erhöht sich das Membranpotential im Empfänger-Neuron.

Um es bildlich auszudrücken: Gemäß dieser Erkenntnisse müssten die Deutschen Nerven wie Schiffstau haben, und Synapsen wie Saugnäpfe von Riesenkraken – sofern damit Neuroschaltkreise betroffen sind, die mit Angstempfindungen zu tun haben. Es herrscht einfach Angst vor allem und jedem: Atomkraft, Pumpspeicherwerken, Überlandleitungen, Windräder, Gentechnik nicht zu vergessen, Klimawandel, Internet...

Ich will die Berechtigung entsprechender Bedenken nicht beiseite schieben, nur: Eine sachgemäßere Bewertung von Risikosituationen wäre angebracht. Zugegebenermaßen erfordert dies gerade in unserer komplexen Technik-Welt eine hohe Bildung. Dies ist umso bedeutender, als dass die Politik dahin tendiert, die Bevölkerung in höherem Maße in die Entscheidung über Großprojekte einzubeziehen. Vielleicht mag da ja eine Idee der Piratenpartei greifen, die zwar eine konti-

nuierliche Meinungsbildung und Abstimmungskultur fördern will, aber auch online-Kenntnistests für Abstimmungen diskutiert... Mit Rücksicht auf die Notwendigkeit immer besserer Bildung kann man das aktuelle bildungspolitische Positionspapier deutscher Chemieorganisationen nur unterstützen (s. S. 133: Chemie schon im Kindergarten).

Gleichermaßen muss man natürlich sagen: Es gilt ebenso, Übertreibungen zu vermeiden – was wohl genauso schwierig ist wie Angst-Vermeidung. In beiden Fällen treten Selbstverstärkungsprozesse auf. Gerade auf dem Sektor der Atomenergie kann man da aus den 60er Jahren manchen bemerkenswerten Plan – sogar der BASF – finden (siehe nebenstehende Rubrik CLB-Geschichte). Heute gilt dies für andere einseitige Förderungen, etwa für eine zu hohe Einspeisevergütung für Solaranlagen. Und man darf auch nicht darin übertreiben, gegen den Mehrheitswillen der Bevölkerung hinweg zu regieren; auch dadurch entstehen Schäden. Manche Entscheidungen benötigen eben Zeit für die Reifung, auch durch die Vermittlung von Bildung und Wissenschaft.

In diesem Sinne haben wir wieder eine CLB zusammengestellt, die mit dem Thema Toxikologie Gefahrenpotenziale aufzeigt, mit dem Thema Natrium-Schwefel-Akku eine dezentrale Energiespeicherung, die vielleicht einmal sehr wichtig wird, wenn die Solarstromeinspeisung für die vielen privaten Anlagen nicht mehr garantiert wird,

Ihr



Zum Titelbild:

Das Titelbild ist der Blick in ein nur knapp handballgroßes Schauobjekt. Es war am Rande der Bilanzpressekonferenz der BASF zu sehen und zeigte modellhaft künftige Möglichkeiten durch flach bauende und energieeffiziente OLED-Beleuchtungstechnik. Dieses Titelbild steht symbolisch für verschiedene Stellen zu energiebezogenen Informationen in dieser CLB, sei es der große Artikel über Natrium-Schwefel-Akkus, das Editorial oder die CLB Geschichte auf diesen Seiten oder auch der Bericht zu nachwachsenden Rohstoffen ab Seite 120 (Titelfoto: Kickuth).

INHALT

Aufsätze

Nicht nur die Dosis macht, was Gift ist Toxikologie: Die Lehre von den krankmachenden und tödlichen Substanzen _____	96
Der verkannte Superspeicher Natrium-Schwefel-Akkus sind eine interessante Option für die stationäre Speicherung von Strom – ein Laborexperiment _____	104

Rubriken

Editorial _____	89
Impressum _____	91
F & E im Bild _____	91
Unternehmen _____	92
Personalia _____	94
Förderungen / Preise _____	95
Umschau _____	112
Mit Physik Chemie erschnüffeln: Sicherheit, Verlässlichkeit und Langlebigkeit zu gewährleisten sind Ziele von Sensoren – und gleichermaßen Anforderungen an sie	
Umschau _____	120
Noch viel Entwicklungsarbeit nötig: Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen differenziert betrachten	
Der neueste Stand _____	122
Literatur _____	123
Bezugsquellenverzeichnis _____	135
CLB-Geschichte _____	U2, U3

Erreichen & Erhalten

Nie mehr Teeflecken und Kalkränder Neue umweltfreundliche Komponenten für Geschirrspülmittel _____	126
Organische Chemie: Reaktionen sauber und schnell Durch Experimente mit Labor-Mikrowellengeräten Ausgewählt: Nucleophile aromatische Substitution _____	128
Frauen: Gute Assistentkraft statt Führungsnachwuchs Langzeitstudie der Uni Bochum mit Hochschulabsolventen _____	132
Chemie schon im Kindergarten Bildungs-Positionen von Chemieorganisationen _____	133
IR-Spektroskopie Mehrere richtige Antworten pro Frage sind möglich. _____	134

Kryo und Computer: Salmonellenwaffe enttarnt

Bakterien wie etwa Salmonellen infizieren ihre Wirtszellen über nadelartige Fortsätze, die sie bei einer Attacke in großer Zahl aufbauen. Mit neu entwickelten Methoden der Kryo-Elektronenmikroskopie konnten Wiener Forscher um Thomas Marlovits die Struktur dieses Infektionsapparats im nahezu atomaren Bereich auflösen; man konnte Einzelheiten mit Dimensionen von 5-6 Angström sichtbar machen. Das Wissen um den exakten Bauplan soll bei der Entwicklung von Medikamenten helfen, die die Infektion unterbinden. Das Bild zeigt – in grafischer Interpretation, basierend auf Originaldaten – die Struktur des Nadelkomplexes von Salmonella im zellulären Zusammenhang. Das Problem bei der Bilderstellung: Der energiereiche Elektronenstrahl fällt so konzentriert auf die Probe, dass diese mit dem ersten Bild auch schon wieder zerstört ist. Die Wiener Forscher lösten das Problem mit bildverarbeitenden Algorithmen und mit der schier Masse der Bilder. Sie analysierten rund 37 000 Aufnahmen von isolierten Nadelkomplexen. Ähnliche Bilder wurden zusammengefasst und miteinander verrechnet. Die enorme Rechenleistung lieferte ein Cluster von rund 500 zusammengeschalteten Computern. (Abb.: IMP-IMBA).



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. Kleinerhanns, 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 Soiné-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

Abonnementbetreuung:
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 VCÖ 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

Lubrizol, US-amerikanischer Hersteller von Spezialchemikalien insbesondere für den Transport- und Motorenbereich, geht für 9 Milliarden Dollar an die Investmentgruppe Berkshire Hathaway des Milliardärs Warren Buffett.

Accudynamics, Inc., Hersteller von Präzisionskomponenten für medizinische und diagnostische Geräte, wurde von Halma p.l.c., einem Konzern im Bereich Sicherheits-, Gesundheits- und Sensortechnik mit Sitz in UK übernommen und in die globale Fluidtechnologiegruppe des Konzerns eingegliedert.

Roche übernimmt die PVT Probenverteiltechnik GmbH mit Sitz in Waiblingen sowie die PVT Lab Systems, LLC mit Sitz in Atlanta, USA. PVT ist führend im Bereich maßgeschneiderter Automatisierungslösungen für die In-vitro-Diagnostik im großen Privat- und Krankenhauslabor. Das Schweizer Unternehmen zahlt sofort 65 Millionen Euro sowie bis zu 20 Millionen Euro nach Erreichen erfolgsabhängiger Meilensteine.

Merck KGaA übernimmt das Mikrobiologie-Geschäft der Biotest AG. Dazu gehören das Unternehmen heipha Dr. Müller GmbH in Eppelheim sowie das Hycon-Geschäft mit Sitz in Dreieich sowie Tochtergesellschaften in anderen Ländern. Insgesamt gehören dazu rund 290 Mitarbeiter. Der Umsatz 2010 betrug etwa 50 Millionen Euro.

Brain AG und die Dechema werden auf dem Gebiet der biotechnologischen Herstellung von Perillasäure kooperieren. Der im Besitz der Brain AG befindliche patentierte Monoterpen-Naturstoff wird zukünftig als breit einsetzbarer, bioaktiver Wirkstoff in kosmetischen Produkten zum Einsatz kommen.

Der Air Liquide Deutschland GmbH hat die Max-Planck-Gesellschaft die Versorgung von 14 Instituten mit den tiefkalt verflüssigten Gasen Stickstoff und Argon vergeben. Der Rahmenvertrag läuft über drei Jahre mit einer optionalen Verlängerung um zwei Jahre. Air Liquide versorgt bereits seit Jahren 40 der bundesweit insgesamt 80 Institute der MPG mit Gasen aller Art – sowohl gasförmig als auch tiefkalt verflüssigt und in unterschiedlichsten Gebindegrößen.

Novasep und instrAction erweitern ihre Allianz um die Aufreinigung von Taxanen. Die Unternehmen werden gemeinsam Lösungen entwickeln, um die Produktion für neue und generische Anti-Krebs-Therapeutika zu verändern.

Lanxess stärkt seinen Standort Krefeld-Uerdingen und investiert rund 40 Millionen Euro in zwei Großprojekte des Geschäftsbereichs Basic Chemicals (BAC). Lanxess errichtet zum einen eine neue Anlage zur Formalin-Produktion, die zur Herstellung von Trimethylolpropan (TMP) benötigt wird. TMP ist ein dreiwertiger Alkohol, der unter anderem für zahlreiche Produkte in der Möbel-, Bau- und Automobilindustrie verwendet wird. Wegen der großen Nachfrage auf den Weltmärkten investiert der Spezialchemie-Konzern zum anderen in die Erweiterung der bereits bestehenden Menthol-Produktion.

Unternehmenskosten durch MRO Neue Studie zu Wartung, Reparatur und Unterhalt

„MRO – Maintenance, Repair and Overhaul“ (Wartung, Reparatur und Überholung) verursacht bei Produkten und Gütern mit hohen Investitionskosten und langer Lebensdauer einen wesentlichen Teil der Unternehmenskosten.

Im Laufe des Produktlebens fallen neben ständiger und planbarer Wartung auch unvorhersehbare Reparaturen an. Bei einer Überholung kann das Produkt nicht nur in einen neuwertigen Zustand versetzt, sondern über den ursprünglichen Auslieferungszustand hinaus auf ein zeitgemäßes technisches und wirtschaftliches Niveau gehoben werden. MRO-Prozesse leisten damit einen erheblichen Beitrag zur Ressourcenschonung und Energieeffizienz und bringen gleichzeitig ökonomische Vorteile.

Doch wer sind die Player? Wohin entwickelt sich der Markt? Einige Ergebnisse zeigt die Markt- und Trendstudie 2011: Maintenance, Repair and Overhaul. Das Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK) stellte diese gerade in Berlin vor. Demnach gilt: Hauptabnehmer der MRO-anbietenden Firmen kommen aus dem Bereich Verkehr

sowie dem Maschinenbau. Vom überwiegenden Teil der Unternehmen werden Leistungen für eigene Erzeugnisse durchgeführt.

Durchschnittlich wird ungefähr ein Drittel des Gesamtumsatzes eines Unternehmens im MRO-Bereich erzielt. Für 38 Prozent der Befragten sind MRO-Leistungen überdurchschnittlich gewinnbringend. In den nächsten fünf Jahren wird MRO an Bedeutung zunehmen.

Der Markt für MRO-Leistungen ist von einer hohen Nachfrage, der Umsatzrendite und einem geringen Wettbewerbsdruck geprägt. Für Nachfrager sind vor allem der Spezialisierungsgrad, die Flexibilität und der Wissensvorsprung des MRO-Anbieters ausschlaggebend.

Bei der MRO-gerechten Entwicklung von Erzeugnissen werden eine hohe Flexibilität, eine schnelle Durchführbarkeit, eine hohe Mobilität und eine gute Wiederverwendbarkeit der Komponenten gefordert.

Die Entwicklung von Anlagen erfolgt überwiegend nicht reinigungsgerecht, obwohl hier Bedarf gesehen wird. Bei fast zwei Drittel der Maßnahmen wird noch keine kontinuierliche Erhebung von Zustandsänderungen durchgeführt.

Pilotanlage zur CO₂-Abtrennung startet Langzeittest

Eine Abtrennungsrate von 90 Prozent, ein hoher Reinheitsgrad und ein deutlich reduzierter Energieeinsatz: Das sind die Ergebnisse des Forschungsprojekts zur CO₂-Wäsche, das RWE Power, BASF und Linde gemeinsam betreiben. Die Partner haben jetzt entschieden, die nächste Projektphase zu starten. Die Pilotanlage, die 2009 im Innovationszentrum Kohle in Niederaußem in Betrieb gegangen ist, geht von März an bis Ende 2013 in den Langzeittest. Im Zuge der Fortsetzung des Forschungsprogramms werden weitere prozesstechnische Optimierungen an der Anlage umgesetzt. Insgesamt werden sechs Millionen Euro investiert. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie fördert das innovative Vorhaben mit rund vier Millionen Euro. Schon beim Projektstart 2007 hatte das Ministerium die Bedeutung des Vorhabens durch Fördermittel in Höhe von 4,5 Millionen Euro unterstrichen.

Aussicht mit Restrisiko

BASF mit Rekordzahlen – neue Anlage in China

Der scheidende Vorstandsvorsitzende der BASF legte auf seiner letzten Bilanzpressekonferenz hervorragende Zahlen vor und wagte einen Ausblick, der weitere Steigerungen verspricht.

Zwar dürfte die Katastrophe in Japan vom 11. März (Bilanzpressekonferenz BASF: 24. Februar) die Einschätzung trüben. Am 29. März verstärkten sich Befürchtungen über den Einfluss der Katastrophe auf die deutsche Wirtschaft: „Ich gehe davon aus, dass die Konsumstimmung eine kleine Pause einlegen wird“, sagte Klaus Wübbenhorst, Chef der Gesellschaft für Konsumforschung (GfK), anlässlich der monatlichen Vorstellung der Konsumklimastudie. „Die Angst, dass sich so eine Katastrophe auch in Deutschland ereignen könnte, wirkt sich auch auf die Konsumstimmung aus.“ Auch die Lage in Libyen habe Einfluss. „Sobald etwa Libyen von der Bildfläche verschwindet, tritt die aktuell gute wirtschaftliche Lage in den Vordergrund; dann wird auch das Konsumklima wieder beflügelt“, so Wübbenhorst. „Für mich ist noch Luft nach oben.“ Die harten wirtschaftlichen Faktoren wie niedrige Arbeitslosigkeit und steigende Löhne sprächen für eine weitere Verbesserung des Konsumklimas.

Es bleibt also wahrscheinlich, dass positive Einschätzungen weiter zutreffen, zumal Deutschland nicht der Nabel der Welt ist; Hauptwachstumsregionen sind China, Indien und Südamerika. Und BASF-Chef Hambrecht prognostizierte sehr positiv für 2011: Absatz und Umsatz sollen weiter gesteigert werden, zudem: „Wir streben an, beim Ergebnis der Betriebstätigkeit den Spitzenwert des Jahres 2010 signifikant zu übertreffen. Und: Wir werden auch im Jahr 2011 eine hohe Prämie auf unsere Kapitalkosten verdienen“, so Hambrecht. Das hat Auswirkungen auf die Dividende: 2,20 Euro zahlt die BASF ihren Aktionären für 2010 pro Aktie. Im

letzten Jahr waren es wegen der Krise nur 1,70 Euro, 2008 1,95 Euro.

2010 war ein Rekordjahr für die BASF. Der Erlös stieg um 26 Prozent auf 63,9 Milliarden Euro. Damit machte das Unternehmen den Rückgang im Krisenjahr 2009 mehr als wett. Unter dem Strich erzielte der Dax-Konzern 2010 einen Gewinn von 4,6 Milliarden Euro, nach 1,4 Milliarden Euro im Krisenjahr 2009.

Das hat auch in Deutschland Folgen – diesmal positive – für die Belegschaft – „das beste Team der Industrie“, lobte Hambrecht mit Blick auf dessen Zusammenhalt und Flexibilität in der Krise. Deren Zahl nimmt hierzulande um 800 auf 51 600 zu, allein 500 am Standort Ludwigshafen (Mitarbeiter 2010 weltweit: 109 000).

Zu Wachstum durch weitere Akquisitionen meinte der Konzernchef: „Wenn man viel gegessen hat muss man erst verdauen, bevor man neu essen kann. Wir sind jetzt in der Verdauungsphase mit Cognis. Nur wenn die Integration erfolgreich ist, ist auch die Akquisition erfolgreich.“ Mit Gasprom wolle man noch mehr zusammenarbeiten, etwa mit in Russland explorieren; die Partnerschaft sei exzellent. China sieht Hambrecht als großen Wachstumsmarkt.

Die BASF möchte bis zum Jahr 2020 den Umsatz in dieser Region zwischen sieben und acht Prozent pro Jahr steigern. Bis dahin soll der Umsatz 20 Milliarden Euro betragen (2010: 5,8 Mrd. Euro). Am 25. März gab das Unternehmen bekannt: BASF hat die Genehmigung für den Neubau eines MDI-Komplexes im chinesischen Chongqing erhalten. Die Anlage wird eine Jahreskapazität von 400.000 Tonnen MDI (Diphenylmethandiisocyanat) haben. Die Investition beläuft sich auf insgesamt acht Milliarden Renminbi (rund 860 Millionen Euro). Produktionsstart der Anlage, die ein Grundprodukt vor allem für Polyurethan-Schaumstoffe herstellen wird,



Auf seiner letzten Bilanzpressekonferenz konnte BASF-Chef Dr. Jürgen Hambrecht (rechts) Rekordzahlen vermelden – kein Wunder, dass da auch gute Stimmung beim designierten Nachfolger und Noch-Finanzvorstand Dr. Kurt Bock (links) herrschte (Foto: Kickuth).

ist für 2014 geplant. Hambrecht machte aber auch darauf aufmerksam: In China erwächst große Konkurrenz, durch das Unternehmen Petrochina und ähnliche.

Ein strategischer Schwerpunkt für die BASF wird die weitere Ausrichtung auf Feinchemie sein, äußerte Hambrecht. Das verwundert nicht: Je differenzierter die Chemie, desto mehr Know how steckt drin, desto eher kann man sich von der Konkurrenz absetzen – und desto höher kann die Gewinnmarge ausfallen.

Zu all diesen Vorhaben benötigt man jedoch gute Mitarbeiter. Die Notwendigkeit für mehr Naturwissenschaftler und Ingenieure ist bekannt, aber es geht auch ums Führungspersonal. Und da gab der BASF-Chef einen Querverweis auf die Einführung einer Frauenquote: „Wir brauchen 20 Jahre, um Mitarbeiter in Führungspositionen einsetzen zu können. Das ist auch ein kulturelles Problem; eine Quote kann nicht helfen. Um es kurz zu sagen: Quote: nein, Frauen: ja!“, so Hambrecht. Vielleicht hatte er geahnt, welche Studie die Uni Bochum am 8. März veröffentlichte (siehe Seite 132)... RK

BASF Dr. Uwe Liebelt (44) wird neuer Leiter des Unternehmensbereichs Paper Chemicals mit Sitz in Basel/Schweiz, und Nachfolger von Dr. E. Baumgartner (59). Liebelt ist derzeit als Senior Vice President zuständig für die Abteilung Dispersions & Pigments North America mit Sitz in Charlotte/North Carolina/USA.

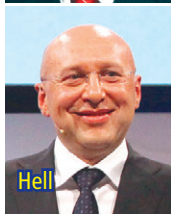
DGG Prof. Dr. Eiko Räkers (57), Geschäftsführer bei der DMT (Deutsche MontanTechnologie) in Essen und Professor für Explorationsverfahren im Bergbau an der RWTH Aachen, ist neuer Präsident der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft (DGG) e.V. Räkers ist Nachfolger von Prof. Dr. Ugur Yaramanci (Hannover), der nun Vizepräsident ist.

GDNÄ Prof. Dr. Ludwig Schultz (64), Wissenschaftlicher Direktor des Leibniz-Instituts für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden, ist neuer Präsident der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte (GDNÄ). Ludwig Schultz leitet seit 1993 das Institut für Metallische Werkstoffe im IFW Dresden und ist gleichzeitig Professor für Metallische Werkstoffe und Metallphysik an der TU Dresden.

ISMAR Prof. Hans Wolfgang Spiess vom Max-Planck-Institut für Polymerforschung in Mainz ist von 2011 bis 2013 neuer ISMAR-Präsident, und tritt damit die Nachfolge des neuseeländischen Physikers Paul Callaghan an.

NETZWERK-IW Dipl. Ing. Mario Bernards (45) wird neuer hauptamtlicher Geschäftsführer des Netzwerks Innovative Werkstoffe. Ziel des Netzwerks im Rheinland ist es, die angeschlossenen Unternehmen miteinander und mit neuen Partnern in Austausch und konkrete Geschäftstätigkeit zu bringen.

SCIL Scil Technology GmbH, ein biopharmazeutisches Unternehmen, hat Christian Nafe, bisher



CFO, zum Chief Executive Officer des Unternehmens ernannt. Dr. Weishui Weiser, die Scil Technology fünf Jahre als Geschäftsführerin geleitet hat, geht in den Ruhestand.

WR Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Marquardt, Inhaber des Lehrstuhls für Prozesstechnik der RWTH Aachen, wurde zum neuen Vorsitzenden des Wissenschaftsrats gewählt. Er löst Prof. Dr. Peter Strohschneider ab, der die Funktion seit 2006 inne hatte.

EHRUNGEN

Die Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) hat Prof. Dr. Uwe J. Meierhenrich (44) von der Universität Nizza für seine Arbeiten in der Chiralitätsforschung mit dem Horst-Pracejus-Preis geehrt. Meierhenrich gelang es 2002, 16 verschiedene Amino- und Diaminosäuren unter simulierten interstellaren Bedingungen herzustellen. Mit dem Carl-Duisberg-Gedächtnispreis wurde der österreichische Chemiker Mag. Dr. Christian Hartinger (37), Privatdozent an der Universität Wien, ausgezeichnet. Er charakterisierte Protein- und DNA-Metall-Konjugaten mit Hilfe massenspektroskopischer und elektrophoretischer Methoden, und wirkte an der Entwicklung von KP1019 (ruthenium-basierter Antitumorwirkstoff) mit.

Dr. Wolfgang Plab (40) vom Physikalischen Institut der Justus-Liebig-Universität Gießen (JLU) und der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) in Darmstadt wurde mit dem Mattauch-Herzog-Preis der Deutschen Gesellschaft für Massenspektrometrie (DGMS) geehrt. Ausgezeichnet wurde der Physiker für seine Arbeiten mit gespeicherten exotischen Atomkernen und für instrumentelle Entwicklungen in der Präzisions-Massenspektrometrie, womit er

sehr kurzlebige Atomkerne nachweisen konnte. Solche Atome, die oft schon nach wenigen Tausendstel Sekunden radioaktiv zerfallen, kommen in der Natur nur in kosmisch spektakulären Ereignissen wie Supernova-Explosionen oder Röntgenstrahlungsausbrüchen in Doppelsternsystemen vor.

Aus 145 Kandidaten für die Heinz Maier-Leibnitz-Preise 2011 wurden zwei Wissenschaftlerinnen und vier Wissenschaftler ausgewählt. Im Fach Chemie geht die Auszeichnung an Dr. Christian Hackenberger (34), der die „Staudinger Phosphitligation“ entwickelte. Diese erleichtert die gezielte Verknüpfung von Proteinen mit organischen Substanzen, die eines der größten Probleme der Biologischen Chemie darstellt. Derzeit leitet Hackenberger an der Freien Universität Berlin eine eigene Arbeitsgruppe im Emmy Noether-Programm der DFG. Der Preis ist mit jeweils 16 000 Euro dotiert, die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung zur Verfügung gestellt werden.

Den Innovationspreis in Medizinisch/Pharmazeutischer Chemie, dotiert mit 5000 Euro, teilen sich in diesem Jahr Dr. Andreas Bender, Department of Chemistry, University of Cambridge, und Juniorprofessor Dr. Ingo Ott vom Institut für Pharmazeutische Chemie der Technischen Universität Braunschweig. Bender erhält den Preis für seine Forschungsarbeiten zur Vorhersage von Wirkungsmechanismen und Nebenwirkungen von Arzneistoffen durch Datenanalyse. Er nutzt bei der chemischen Datenanalyse Bioaktivitätsdaten, um Wirkstoffe mit geringeren Nebenwirkungen zu entwerfen, zu synthetisieren und zu testen. Ott wird für seine Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der bioorganischen Medizinischen Chemie, auch als Bioorganometallchemie genannt, ausgezeichnet. Ziel seiner Forschung in Braunschweig sind neuartige, innovative Krebsmedikamente.

Die European Molecular Biology Organization (EMBO) und die Federation of European Biochemical Societies (FEBS) wählte **Carol V. Robinson**, die eine Professur an der Universität Oxford (UK) hält, als Gewinnerin des **FEBS/EMBO Women in Science Award** aus. Robinson wurde damit für ihre Pionierarbeit bei der Entwicklung der Massenspektroskopie als Werkzeug für die Untersuchung von dynamischen Strukturen in Proteinkomplexen geehrt. Der mit 10 000 Euro dotierte Preis zeichnet Frauen aus, die in den letzten fünf Jahren außerordentliche Arbeit in der Molekularbiologie geleistet haben. Robinson hatte ihre Karriere für acht Jahre unterbrochen, um drei Kinder zu erziehen.

Prof. Dr. Stefan W. Hell vom Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie in Göttingen und Deutschen Krebsforschungszentrum in Heidelberg ist mit dem mit 75 000 Euro dotierten **Familie-Hansen-Preis 2011** ausgezeichnet worden. Der 48-jährige Forscher erhielt die Auszeichnung von der „Bayer Science and Education Foundation“ für seine Entdeckungen auf dem Gebiet der Mikroskopie, die zu einer neuen Klasse von Lichtmikroskopen führten. So können inzwischen Strukturen von 20 bis 50 Nanometer aufgelöst werden.

Der Chemiker und Biologe **Prof. Dr. Cesare Montecucco** (63), von der Universität Padua, erhielt den mit 100 000 Euro dotierten **Paul Ehrlich- und Ludwig Darmstaedter-Preis 2011** für seine Forschung auf dem Gebiet pathogener Erkrankungen wie Tetanus. Der mit insgesamt 60 000 Euro dotierte **Paul Ehrlich- und Ludwig Darmstaedter-Nachwuchspreis 2011** ging an den Dresdner Biophysiker **Dr. Stephan Grill** (36), Forschungsgruppenleiter am Max-Planck-Institut für molekulare Zellbiologie und Genetik und am Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme. Er wurde für seine „Beiträge auf dem Gebiet der Zellbiologie“ ausgezeichnet.

Dr. Andriy Luzhetskyy von der Universität des Saarlandes ist mit dem **Nachwachswissenschaftler-Preis für Naturstoff-Forschung 2011** ausgezeichnet worden. Luzhetskyy entwickelte neue Mutagenese-Werkzeuge und Reportersysteme für die Actinomyceten-Genetik und setzt diese auf dem Gebiet der mikrobiellen Genetik von Naturstoffproduzenten ein. Der mit 3000 Euro dotierte Preis wird von der Dechema e.V. und dem Dechema-Arbeitsausschuss „Niedermolekulare Naturstoffe mit biologischer Aktivität“ verliehen.

Die **Eva Luise und Horst Köhler Stiftung** für Menschen mit seltenen Erkrankungen hat ihren mit 50 000 Euro dotierten **Forschungspreis 2011** an ein interdisziplinäres Team verliehen: **Prof. Dr. Christoph Klein**, Klinik für Pädiatrische Hämatologie und Onkologie der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH), **Prof. Dr. Christopher Baum**, MHH-Abteilung für Experimentelle Hämatologie, **Prof. Dr. Christoph von Kalle**, Nationales Zentrum für Tumorerkrankungen (NCT) Heidelberg und **Dr. Kaan Boztug**, Medizinische Universität Wien, bis Januar 2011 wissenschaftlicher Mitarbeiter in der MHH-Klinik für Pädiatrische Hämatologie und Onkologie. Die Preisträger haben in Deutschland auf dem Gebiet der seltenen Erkrankungen Pionierarbeit geleistet. Sie entwickelten eine Gentherapie für Kinder mit Wiskott-Aldrich Syndrom (WAS).

Stefan Jentsch, Direktor am MPI für Biochemie in Martinsried, wurde für seine Ubiquitin-Forschung mit dem **Louis-Jeantet Preis für Medizin 2011** geehrt. Jentsch pionierte Studien zu Proteinmodifikationen durch Ubiquitin und verwandte Proteine. Der Biologe konnte zeigen, dass Ubiquitin auch für die Genomstabilität und der DNA-Reparatur eine entscheidende Rolle spielt. Die Auszeichnung ist mit einem Preisgeld von 700 000 Schweizer Franken (etwa 540 000 Euro) verbunden.

Green Controlling-Preis

In Zusammenarbeit mit dem Internationalen Controller Verein (ICV) wird die Péter Horváth-Stiftung im November 2011 erstmalig einen Preis für die innovativste und effektivste Lösung eines „grünen“ Controllings verleihen. Controller aus Unternehmen oder öffentlichen Einrichtungen können sich bis zum **30. Juni 2011** mit einer grünen Controllinglösung für den mit 10 000 Euro dotierten Preis bewerben. Die umgesetzte grüne Controllinglösung ist auf maximal zehn Seiten an Hand der folgenden Fragestellung zu beschreiben und an die Péter Horváth-Stiftung einzureichen: Was ist das zu lösende Problem? Wie ist die grüne Controllinglösung konzipiert? Was ist innovativ am Lösungskonzept? Wie ist die grüne Controllinglösung implementiert? Welche Rolle spielt der Controller bei der Konzeption, Implementierung und Anwendung? Wie ist das Ergebnis bzw. die Wirkung der Lösung aus ökonomischer und ökologischer Sicht zu bewerten? Bewerbungen an: Péter Horváth-Stiftung, c/o IPRI gGmbH, Königstraße 5, 70173 Stuttgart; phorvath@ipri-institute.com.

Eppendorf: Neurobiology 2011

Die Eppendorf AG und das Fachmagazin Science nehmen Bewerbungen für den Eppendorf & Science Prize for Neurobiology 2011 entgegen. Der Eppendorf & Science Prize for Neurobiology ist ein jährlich auf internationaler Ebene ausgelobter und mit 25 000 US-Dollar dotierter Forschungspreis. Er fördert junge Wissenschaftler, die herausragende Beiträge in der neurobiologischen Forschung mit Methoden der Molekular- und Zellbiologie geleistet haben. Forscherinnen und Forscher bis 35 Jahre können sich bis zum **15. Juni 2011** bewerben. Der Preisträger wird von einem Gremium unabhängiger Experten unter Vorsitz von Dr. Peter Stern, Senior Editor von Science, ausgewählt. Ausführliche Informationen gibt es unter www.eppendorf.com/prize.

Absaug-Thriller ist gefragt

Wer eine Absauganlage der TEKA Absaug- und Entsorgungstechnologie nutzt, kann **ab April** an einem Video-Wettbewerb teilnehmen. Unter dem Motto „I work, I film, iPad“ können Interessierte ihre Filme einreichen – und dafür jeden Monat über einen Zeitraum von einem halben Jahr ein iPad gewinnen. Teilnehmer filmen eine Absauganlage des Unternehmens bei der Arbeit und laden das Video unter www.teka.me/video-competition hoch. Jeder Beitrag, der zeigt, wo die Geräte für saubere Luft am Arbeitsplatz sorgen, ist willkommen. Eine fachkundige Jury aus Mitarbeitern des Unternehmens wählt einmal monatlich den besten Beitrag aus. Einsendeschluss ist immer der letzte Werktag im Monat. Die letztmögliche Teilnahme ist **Ende Oktober** (siehe www.teka.me).

Nicht nur die Dosis macht, was Gift ist

Toxikologie: Die Lehre von den krankmachenden und tödlichen Substanzen

Wolfgang Hasenpusch, Universität Siegen

Das Verständnis über die Wirkungen der Chemikalien, die uns gesundheitlich beeinträchtigen oder sogar kurz- oder langfristig Schaden zuführen hat den letzten Jahren, auch unter einem forcierten gesetzgeberischen Druck deutlich zugenommen. So haben Arbeitgeber, die in Betrieben, Laboratorien oder Lagern mit Gefahrstoffen Umgang pflegen, ihre Mitarbeiter auch über toxikologische Auswirkungen sowie über Grundlagen der Toxikologie und des Gesundheitsschutzes zu informieren. Wenn sie dazu selbst nicht kompetent in der Lage sind, sind sie nach der Gefahrstoffverordnung gehalten, Unterstützung herbeizuschaffen. Der nachfolgende Beitrag soll einen Überblick zu den Grundlagen der Toxikologie geben. Sie können mit den jeweiligen Sicherheitsdatenblättern und den Betriebsanweisungen der Substanzen und Gemischen, wie sie in den Vorort-Gefahrstoff-Verzeichnissen aufgelistet stehen, zur Vorbereitung für die mindestens einmal jährlich abzuhaltenden Gefahrstoff-Unterweisungen dienen. Die krebserregenden Stoffe und Gemische sollten dabei besondere Beachtung erfahren.

Geschichte

Neben einer allgemeinen Einführung in die Toxikologie soll ein historischer Rückblick auf die Herausbildung dieser Wissenschaft aus der Medizin, Chemie und Pharmazie verweisen, auch um ihre eigenständige Bedeutung zu unterstreichen.

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.



Alle Dinge sind Gift, und nichts ist ohne Gift. Allein die Dosis macht, dass ein Ding kein Gift ist.

Philippus Theophrastus Aureolus Bombastus von Hohenheim, getauft als Theophrastus Bombastus von Hohenheim, genannt Paracelsus, schweizerischer Arzt, Naturforscher und Philosoph (1493 - 1541)

Einführung

Die Toxikologie, deren griechische Namensgebung im 17. Jahrhundert aus den Worten *toxi-con* = Gift und *logos* = Lehre zusammengesetzt wurde, fußte zunächst auf den Erfahrungen der Medizin und später auch der Chemie.

Substanzen verfügen über heilende und toxische Wirkungen! Schon die Menge einer Substanz, der unser Körper ausgesetzt ist, entscheidet über das Ausmaß einer Wirkung und darüber, ob sie sich für uns wohltuend, heilsam oder schädlich herausstellt.

Mittlerweile wuchsen die Aufgabengebiete der Toxikologie, die sich allein in die experimentellen und in die regulatorischen Bereiche aufteilt, derart stark an, dass sie zu einer breit gefächerten Wissenschaft wurde.

Heute unterscheiden wir eine Reihe von Teilbereichen, wie beispielsweise die

- Pharmazeutische Toxikologie
- Lebensmitteltoxikologie
- Gewerbetoxikologie
- Umwelttoxikologie
- Klinische Toxikologie.

Auf der Basis von experimentellen Befunden, Standards und Daten bewerten Wissenschaftler der regulatorischen Toxikologie das potentielle Risiko für Menschen, Tiere und Umwelt. Das Risiko, das bei Tätigkeit mit einer Substanz verbunden ist, beschreibt die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Schaden eintreten könnte. Das Risiko kann selbst bei sehr giftigen Stoffen sehr gering sein, wenn

sie unter kontrollierten Bedingungen gehandhabt werden.

Eine zunehmende und unüberschaubare Anzahl von Chemikalien, die in Europa mit über 100 000 abgeschätzt wurde und in den USA schon die Zahl von 600 000 chemischen Produkten übersteigt, führte unter dem Druck von Umweltverbänden und der Öffentlichkeit zu einer verschärften Gesetzgebung im Gefahrstoffrecht, wie wir es derzeit mit den europäischen Verordnungen zu REACH (Registration, Evaluation, Autorisation of Chemicals) und CLP (Classification, Labelling and Packaging) erfahren.

Die toxikologische Bewertung von Chemikalien und Situationen, bei der Menschen, Tiere und Umwelt einem bestimmten Stoff ausgesetzt sind, erfordert spezielle Sachkenntnisse und Erfahrung in diesem Sachgebiet.

Obwohl die Menschen seit Anbeginn aus Naturbeobachtung und Erfahrungen zwischen Arzneien und Giften zu unterscheiden wussten, kann sich die Toxikologie als eine relativ junge Wissenschaft rühmen, die erst vor rund 100 Jahren ihre Eigenständigkeit gefunden hatte, wie ein Rückblick in die Geschichte belegt.

Die Wurzeln der Toxikologie

Schon bei den Urvölkern stießen Wissenschaftler auf Belege für Abführmittel, brechreizende Stoffe, schweißtreibende Aufgüsse sowie Narkotika.

Der Übergang zur chemischen Synthese wirksamer Arzneien wird dem Mediziner und Philosophen Theophrastus Bombastus von Hohenheim, genannt Paracelsus (1493-1541), zugeschrieben. Mit ihm nahm auch die Giftlehre als Teil der Medizin seinen Anfang. Man schaute nach, was das „Laboratorium Mensch“ mit den unterschiedlichsten Stoffen anfang. Da scheuten sich die Giftmischer nicht, Verbindungen wie Quecksilberverbindungen, Bleiacetat, Silbernitrat, wie auch Arsen-, Antimon-, Wismut- oder gar Goldverbindungen zu verabreichen. Immerhin entstand dazumal die noch verbesserbare Erkenntnis: „Die Dosis alleine macht das Gift.“

Im 18. Jahrhundert entwickelte sich die Toxikologie mit der Chemie als Grundlagenwissenschaft und mit der Pharmazie als angewandte Wissenschaft.

Die wachsende Industrialisierung im Bergbau sowie in der Metallverarbeitung schärfte den Blick der Fachleute auf Kohlenmonoxid, Blei und Quecksilber in Richtung einer Gewerbetoxikologie. Sehr ausführlich und systematisch beschrieb der italienische Arzt Bernardino Ramazzini (1633 – 1714) im Jahre 1700 die typischen Krankheiten der Handwerker und Künstler.

Die disziplinäre Verknüpfung von Medizin, Toxikologie und Pharmazie ist auch an der baye-

15. Jh. Paracelsus: Gift und Dosis

18. Jh. Entstehen der Gewerbe-Toxikologie

1807 Toxikologie als Lehrinhalt der Medizin

1808 Arsen-Analyse begründet Forensische Medizin

1851 Studium der Alkaloid-Gifte

1857 Toxikologie als eigene Vorlesung

1890 Lehrbücher zur Toxikologie

1925 Gundlegendes Lehrbuch der Gifte und Giftwirkungen



Abbildung 1: Zusammenfassende Toxikologie-Geschichte.

rischen Verordnung für die Medizinische Fakultät an der Universität München aus dem Jahre 1807 abzulesen.

Aus dem pharmazeutischen Privatinstitut von Johann Bartholomäus Trommsdorff (1770 – 1837) gegründet 1795, entstand 1813 die erste pharmazeutische Fabrik in Erfurt. Sein Schüler Obermedizinalrat Heinrich Emanuel Merck (1794 – 1855) folgte 1827 mit einem ähnlichen Unternehmen in Darmstadt.

Einen bedeutenden Einfluss auf die Toxikologie bekamen die analytischen Verfahren der forensischen Chemie mit der Mikroanalyse des Arsens, dem verbreiteten kriminellen Agens jener Zeit. Mit seiner empfindlichen Analyse des Arsen-Spiegels gelang James Marsh (1790 – 1848) im Jahre 1832 ein entscheidender Durchbruch. Chemie-Studenten lernen diese Methode der Arsenwasserstoff-Bildung aus geringen Probenmengen mit Zink-Granalien und Salzsäure und des Abrennens der AsH₃-Flamme gegen eine kalte Porzellanschale. Das sich abscheidende Arsen als schwarzer Metallbelag ist deutlich und eindeutig. Dennoch sollte es noch acht Jahre dauern, bis der Arsen-Nachweis nach Marsh bei einem aufsehenerregenden Giftmord-Prozess in Frankreich seine Anerkennung fand.

Einen weiteren Erfolg konnten die forensische Medizin und die Toxikologie verbuchen, als 1851 in einem Giftmord-Prozess mit Nikotin in Brüssel gelang, Alkaloide wie das Nikotin mittels Ether-Extraktion von körpereigenen Stoffen zu trennen. Jean Servais Stas (1813 – 1891) baute diese Methode noch für weitere Alkaloide aus.

Erst 1857 bekam die Toxikologie an der Universität in Zürich eine eigenständige Vorlesung.

Am Ende des 19. Jahrhunderts erschienen Lehrbücher von R. Kobert über „Stoffumwandlung im menschlichen Körper“. Er leitete das

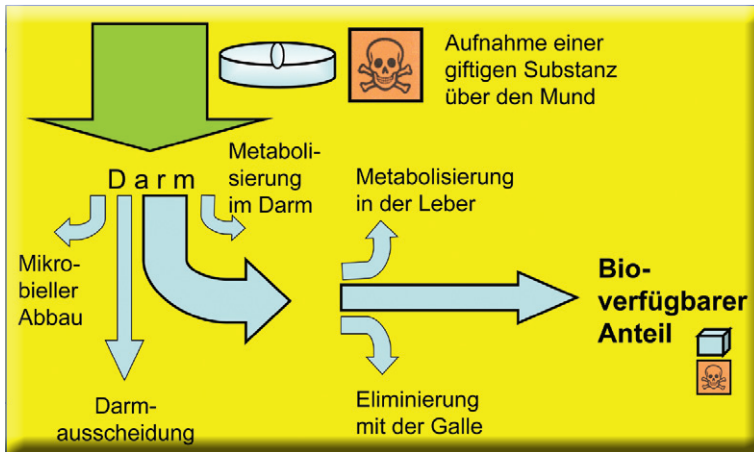


Abbildung 2: Systemische Elimination von aufgenommenen Substanzen.

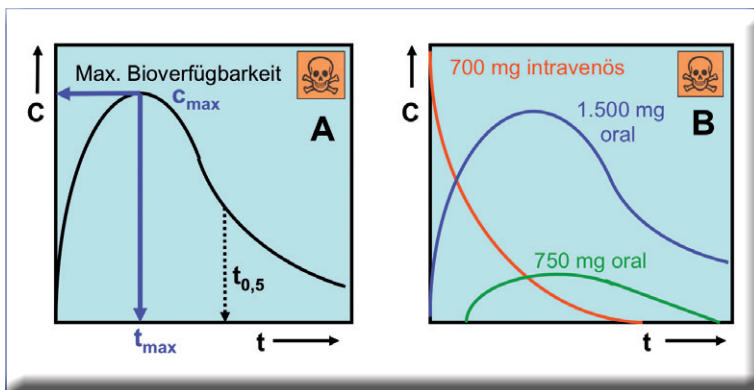
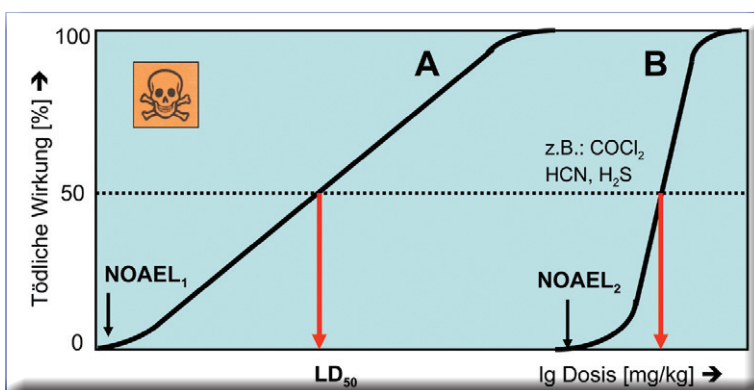


Abbildung 3: Metabolisierung = Abbau-Reaktionen: Entgiftung oder Giftung! (t = Bioverfügbarkeiten in den Zielorganen).
 A: allgemeiner Konzentrationsverlauf in den Zielorganen nach oraler Aufnahme.
 B: Konzentrationsverlauf bei intravenöser Verabreichung sowie oraler Gabe in unterschiedlichen Konzentrationen.

Abbildung 4: Dosis-Wirkungs-Beziehungen. NOAEL: No Adverse Effect Level = kein bedeutsamer Effekt.
 A: flacher linearer Anstieg der Wirkung.
 B: verzögerter, dann aber steiler Anstieg der Wirkung.



Staatliche Institut für Pharmakologie im estländischen Dorpat, das Rudolf Buchheim 1860 gründete.

1925 verfasste Louis Lewin sein grundlegendes Lehrbuch über die Toxikologie und definierte es darin als „Lehre vom Leben unter bekannten krankmachenden Bedingungen“. Andere definieren Toxikologie als die „Lehre von den Giften und den Giftwirkungen“.

Die Toxikologie trug in den folgenden Jahren des 20. Jahrhunderts u. a. dazu bei, dass

- die hygienischen Verhältnisse in den Fleischfabriken Chikagos verbessert wurden (1906)
 - die Nitrit-Pökellung verboten wurde (1927)
 - die Krebsbildung durch Arsen mit einer Latenzzeit von 15 Jahren erkannt wurde (1943)
 - das Insektizid DDT 1972 wegen der langen Halbwertszeit und der Akkumulation im menschlichen und tierischen Körper verboten wurde.
- Große Industrie-Katastrophen setzten die Toxikologie unter enormen Druck, wie Oppau 1921, Buna 1925, Maastal 1930, Diethylenglykol 1937, Kontergan 1960, St. Barbara Oil Spill 1969, Seveso 1976, Three Mile Island 1979, Bhopal 1984, Tschernobyl 1982, Toulouse 2002.

Vor diesem Hintergrund des entstandenen gesellschaftlichen Misstrauens gegenüber Wissenschaft und Technik fällt der Toxikologie die Aufgabe der wissenschaftlichen Versachlichung zu, so wie der Gesetzgeber es in den letzten Jahren untermauern konnte.

In Abbildung 1 sind einige Eckpunkte des geschichtlichen Rückblicks noch einmal zusammengefasst.

Toxikokinetik und Metabolismus

Die Aufnahme von giftigen Stoffen oder Gemischen kann über verschiedene Aufnahmepfade geschehen: über den Mund und die Nase beim Verschlucken oder beim Einatmen, aber auch durch die Haut.

Gerade die Aufnahme-Kapazität der 2 m Haut an unserem menschlichen Körper wurde lange Zeit unterschätzt. Dabei dringen gerade kleine fettlösende Lösungsmittelmoleküle, wie Aceton, Alkohol, Ether, relativ schnell über die Haut in den Blutkreislauf ein. Ja, sie vermögen dabei sogar noch andere Stoffe mitzuschleppen, die es mit dem Eindringen über die Hautporen schwerer haben.

Diese Inkorporation schädlicher Chemikalien hängt keineswegs nur von der Dosis ab, wie man heute weiß, sondern auch von

- dem Aufnahmepfad (Mund, Nase, After, Haut)
- ihren chemischen Eigenschaften (Säure, Base, Struktur)
- ihrer Matrix (eingebettet in Salben, Lösungsmittel, Pulvertabletten)

Botulinustoxin	0,000.000.03
Tetanustoxin	0,000.000.1
Diphtherintoxin	0,000.3
Crototoxin (Fischgift)	0,000.2
Amatanin (Knollenblätterpilz)	0,000.1
„Dioxin“ (Rauch)	0,001
Tetradotoxin (Fischgift)	0,01
Aflatoxin (Schimmelpilz)	0,1
Muscarin (Fliegenpilz)	0,1
Aconitin (Eisenhut)	0,2
Strychnin (Brechnuss)	0,5
Nikotin (Tabak)	1,0
Atropin (Tollkirsche, Stechapfel)	10

Abbildung 5:

LD₅₀-Werte für Gifte, die in der Natur vorkommen.

- ihrer Konditionierung (Lösung, Dispersion, Korngröße des Pulvers).

Die Toxikologie befasst sich auch damit, wie sich die aufgenommenen Stoffe im Körper verändern. Diese Abbau- und Umwandlungsreaktionen im Körper, die der Toxikologe Metabolismus nennt, können die toxischen Eigenschaften für den Körper eliminieren, mildern oder aber auch verstärken.

Wir kennen diese Freisetzung von Giften durch den Metabolismus im Körper beispielsweise beim Amygdalin aus bitteren Mandeln: über Hydrolyse spaltet das Molekül die sehr giftige Zyanwasserstoffsäure ab.

Die Bioverfügbarkeit von Stoffen hängt auch von der Verteilung in die einzelnen Organe ab. Mit der Messung von Umsetzungs- und Abbaureaktionen befasst sich die Toxikokinetik. Für diesen Zweig der Toxikologie sind Eliminierungs-Mechanismen sowie Abbau- und Ausscheidungszeiten wichtige Parameter.

So beschreibt die „Biologische Halbwertszeit“ von Stoffen die Zeit, in der die Hälfte der inkorporierten Menge wieder ausgeschieden wurde.

Abbildung 2 zeigt den Weg eines Stoffes, der beispielsweise in Form einer Tablette aufgenommen wird, bis in das Zielorgan. Die ersten Abbau- und Umwandlungsreaktionen können sich bereits im Mund und in der Speiseröhre vollziehen. Im Darm wird sehr intensiv an den aufgenommenen Stoffen gearbeitet: dort erfolgt ein mehr oder weniger starker mikrobieller Angriff, eine chemische Metabolisierung oder ein Ausscheiden über Stuhl und Urin. Die Metabolisierungsorgane Leber und Galle versuchen zuvor ebenfalls noch, an dem aufgenommenen Stoff zu arbeiten.

Bei der Analyse des zeitlichen Stoffabbaus in einem Organ oder im ganzen Körper kann die Toxikokinetik auf verschiedene Variationen verweisen: Nach der Aufnahme eines Stoffes nimmt die Konzentration bis zu einem Maximalwert

Dauer der Exposition	Befund-Art
einmalig	akut
28 Tage	subakut
90 Tage	subchronisch
6 Monate	chronisch
2 Jahre	kanzerogen

Abbildung 6: Bezeichnung der Giftwirkung in Abhängigkeit des Auftretens erster Befunde.

zunächst stetig zu, um dann wieder exponentiell abzufallen (Abbildung 3 A). Die Zeit, nach der noch die Hälfte der Menge im Körper zu finden ist, nennt man Halbwertszeit, $t_{0,5}$.

Wenn der Stoff intravenös direkt in die Blutbahn gespritzt wird, ist die Verfügbarkeit sofort gegeben und die Metabolisierung kann unmittelbar erfolgen (Abbildung 3 B). Bei oraler Aufnahme von geringen Stoffmengen kann auch eine gewisse Zeit vergehen, bis die Substanz im Zielorgan anzukommen.

Auf einen weiteren Aspekt der Toxikokinetik geht die Abbildung 4 ein. Sie verknüpft die Menge der Giftaufnahme mit der giftigen Wirkung eines Stoffes. Derartige Versuche nehmen Toxikologen in der Regel an weißen Ratten vor. In den USA sind standardmäßig auch Meerschweinchen im Einsatz. Diese Abhängigkeit kann zu einer nahezu exponentiell ansteigenden Kurve, also logarithmisch linear verlaufen (Abbildung 4 A), oder es tritt erst bei höheren Konzentrationen eine entsprechende toxische Wirkung ein (Abbildung 4 B). Die Konzentration, bei der die Hälfte der Versuchstiere stirbt, nennt man „Letale Dosis 50“, abgekürzt zu LD₅₀.

Die LD₅₀-Werte bekannter Gifte aus der Natur wurden in der Abbildung 5 zusammengestellt. Sie soll zudem veranschaulichen, dass nicht nur synthetische Chemikalien gefährliche Giftwirkungen haben können, sondern dass sich die Natur eines weitaus gefährlicheren Gift-Cocktails bedient.

Die Wirkung einer Substanz ist aber auch noch von dem verzögerten Eintritt, der sich bei krebs-erregenden Stoffen über viele Jahre hinziehen kann, und von der Häufigkeit der Aufnahme, der Exposition, abhängig.

Daher unterscheidet man die „akute Reaktion“, die bei einmaliger Aufnahme eines Stoffes innerhalb von 24 Stunden eintritt und das längerfristige Ausgesetztsein, wie es an den verschiedenen Arbeitsplätzen der Fall ist.

Die Varianten der längeren oder chronischen Exposition zeigt Abbildung 6.

So bewirkt beispielsweise eine akute Aufnahme von Benzol eine Schädigung des Zentralnervensy-

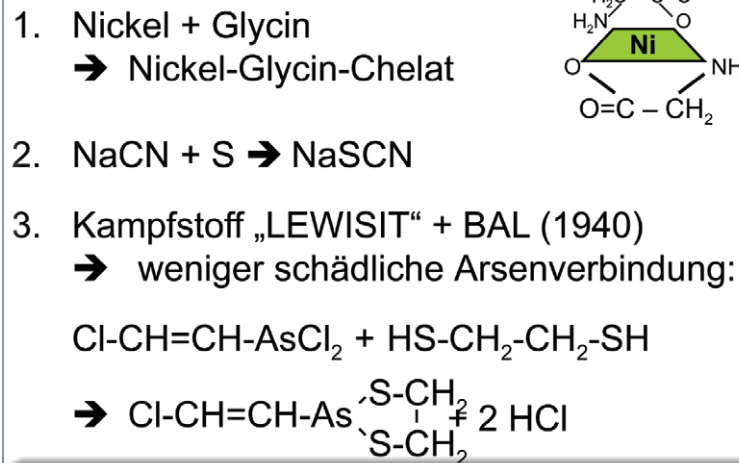


Abbildung 7: Antidot-Reaktionen zum Unschädlichmachen von Giften.

stems, während eine wiederholte Benzol-Aufnahme zu Leukämie führen kann.

Ein verzögertes Auftreten von Symptomen bei einer akuten Stoffaufnahme kennen wir beispielsweise von Stickoxiden. Übelsein und Kopfschmerzen sind erst nach 6 bis 12 Stunden zu verspüren. Bei einer Intoxikation von Paracetamol (4-Hydroxyacetanilid) treten die Vergiftungssymptome gar erst nach mehreren Tagen auf. Bei derartigen Gefahrstoffen kann das Ausmaß der Vergiftung leicht unterschätzt werden.

Eine weitere Frage der Toxikologie beschäftigt sich mit der Reversibilität von Gift-Aufnahmen. So können sowohl bleibende irreversible Schäden auftreten oder auch körpereigenen Heilungsmechanismen auftreten.

Wenn wir Marzipan oder bittere Mandeln verzehren, bilden sich im Körper freie Cyanid-Ionen, die den roten Blutfarbstoff Haem in stöchiometrischem Verhältnis unbrauchbar machen. Wie aber nach einer Blutspende zu erfahren ist, kann der Körper auch mit einem Verlust von 10 % seines Blutes noch gut auskommen. So werden auch die blockierten Blut-Moleküle wieder vollständig innerhalb weniger Tage abgebaut und regeneriert.

Ein interessantes Untersuchungsfeld ist die additive Wirkung mehrerer Stoffe. Von einer „synergetischen Wirkung“ spricht man, wenn die gemeinsamen Effekte deutlich größer sind, als die der Einzelsubstanzen.

So bewirken Tetrachlorkohlenstoff und Ethanol gemeinsam eine wesentlich höhere Leberschädigung, als es die Einzelsubstanzen vermögen. Auch ist in der Toxikologie die „Potenzierung einer Wirkung“ durch einen sonst unwirksamen Stoff bekannt: so kann das nicht leberschädigende Isopropanol die Leberschädigung des Tetrachlorkohlenstoffs erheblich steigern.

Dabei können die Stoffe auch gegeneinander wirken: Gifte neutralisieren, fixieren, komplexieren. Derartige Gegengifte nennt man „Antidots“ (griech. „antidoton“ = Gegengabe). Drei Beispiele zeigt die Abbildung 7: Zum einen die Chelatisierung von Schwermetallen mit Komplexbildnern, die Entgiftung des Zyanids mit Schwefel zum Thiocyanat sowie schließlich die 1940 entwickelte Entgiftung des militärischen Kampfstoffes „LEWISIT“ (Dichlor-(2-chlorvinyl)-arsan mit dem Antidot BAL (British Anti-Lewisite, Dimercaprol).

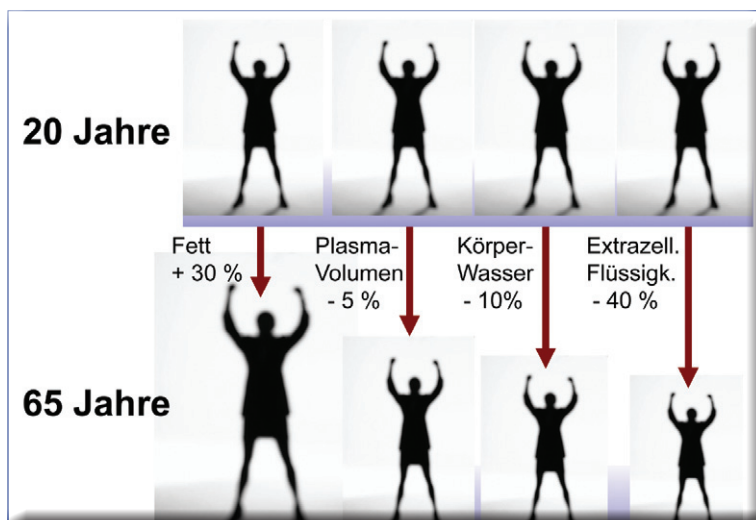
Die schnelle weltweite Entwicklung von Chemikalien und ihr hoher Bedarf in der Landwirtschaft, Industrie und Medizin führte in der Mitte des vergangenen Jahrhunderts zu einer Vernachlässigung toxikologischer Betrachtungen und Technikfolgen-Abschätzungen.

So warnte beispielsweise Rachel Carson sehr eindringlich und nachhaltig in den USA mit ihrem Buch „Silent Spring“ (Stummer Frühling) vor dem rückhaltlosen Einsatz von Pestiziden, wie das zuvor noch durch den Einsatz von DDT (Dichlor-diphenyltrichlorethan) mit dem Nobelpreis ausgezeichnete wurde.

Die Toxikologie steht mit der Bewertung von Chemikalien und Gemischen nicht nur in der Chemischen Industrie vor großen umfassenden Aufgaben. Die toxikologischen Forschungen müssen Schwellenkonzentrationen und -mengen ermitteln, unterhalb derer keine Gefahren mehr für Mensch und Umwelt bestehen. Diese NOAEL-Daten (NO-Adverse-Effect-Level) sollen uns, noch zusätzlich mit einem Sicherheitsfaktor belegt, Grenz- und Richtwerte (ADI-Werte = Acceptable Daily Intake) für den täglichen Umgang mit Lebensmittel-Kontaminationen und Arbeitsplatz-Inkorporationen liefern.

Für die industrielle Tätigkeit mit Gefahrstoffen sind Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) abzuleiten und mit der Technischen Regel für Gefahrstoffe

Abbildung 8: Änderungen von Fett und Körperflüssigkeiten im Alter (nach H. Coper und G. Schulze, 1980).



Gefahrstoff	Formel	Dichte [g/cm ³]	Siedepunkt [°C]	Bemerkung
Toluol	C ₆ H ₅ -CH ₃	0,87	111	hautresorbierbar
Methylenchlorid	CH ₂ Cl ₂	1,33	40	cancerogen
Chloroform	CHCl ₃	1,48	62	narkotisierend
Dimethylformamid	(CH ₃) ₂ N-CH=O	0,95	153	DMF: hautresorbierbar
Oxalsäure	(HCOOH) ₂	1,65	(z.)	oxidiert sich zu CO ₂
Glykol	HO-CH ₂ -CH ₂ -OH	1,11	198	narkotisierend
Cyclohexanol	C ₆ H ₁₁ -OH	0,96	161	narkotisierend, reizend
Benzaldehyd	C ₆ H ₅ -CH=O	1,08	179	oxidiert leicht an Luft
Hydrochinon	HO-C ₆ H ₄ -OH	1,33	287 (subl.)	verursacht Lungenödem
Braunstein	MnO ₂	5,03	sehr hoch (z.)	oxidierend; Schwermet.
Iod	I ₂	4,93	185 (subl. bei RT)	schleimhautreizend
Sulfanilsäure	H ₂ N-C ₆ H ₄ -SO ₃ H	1,49	sehr hoch (z.)	in heißem Wasser lösl.
Kaliumfluorid	KF	2,84	sehr hoch	in Wasser alkalisch

Tabelle 1: Gesundheitsschädliche Stoffe.

Gefahrstoff	Formel	Dichte [g/cm ³]	Siedepunkt [°C]	Bemerkung
Schwefeldioxid	SO ₂	0	-10	starkes Atemgift ab 0,04%
Ammoniak	NH ₃	0	-33	reizend und ätzend
Chlor	Cl ₂	0	-34	gewebeerstörend
Ammoniumfluorid	NH ₄ F	1,32	(z.) HF	stark ätzend
Acetonitril	CH ₃ -CN	0,783	82	hautresorbierbar
Acrylnitril	H ₂ C=CH-CN	0,806	77	Atemgift unter Riechschwelle
Chloressigsäure	Cl-CH ₂ -COOH	1,40	188	ätzend für Augen, Haut, Hals
Methylbromid	CH ₃ -Br	1,73	4	reizt Augen, Haut, Lunge
Bromoform	CHBr ₃	2,9	150	resorbierbar; herzscheidigend
Tetrachlorkohlenstoff	CCl ₄	1,59	77	Zellgift, leberschädigend
Phenol	C ₆ H ₅ -OH	1,06	182	ätzend, hautresorbierbar
Anilin	C ₆ H ₅ -NH ₂	1,02	184	starkes Blutgift

Tabelle 2: Giftige Stoffe.

Gefahrstoff	Formel	Dichte [g/cm ³]	Siedepunkt [°C]	Bemerkung
Kaliumcyanid	KCN	1,52	als Salz nicht flüchtig	setzt HCN-Gas frei
Bortrihalogenide	BCl ₃	1,35	12,5	hydrolysiert leicht
Fluoressigsäure	FCH ₂ COOH	1,37	165	hautresorbierbar
Tetrachlorethan	Cl ₂ HC-CHCl ₂	1,62	121	in Wasser unlöslich
Acrolein	CH ₂ =CH-CHO	0,84	52	cancerogen; explosiv
Dimethylsulfat	(CH ₃ O) ₂ SO ₂	1,33	189	DMS: gebräuchl. Lsm.
Nitroglycerin	CH ₂ (NO ₂)-CH(NO ₂)-CH ₂ (NO ₂)	1,59	256 (explos.)	explosiv
Nitrobenzol	C ₆ H ₅ -NO ₂	1,20	211	hautresorbierbar
Dinitroanilin	2,4-(NO ₂) ₂ -C ₆ H ₃ -NH ₂	1,62	sehr hoch (z.)	starkes Blutgift, canc.
Pentachlorphenol	C ₆ Cl ₅ -OH	1,98	300 (z.)	teratogen; pestizid
Bleitetramethyl	Pb(CH ₃) ₄	2,00	110	früher im Benzin
„Dioxine“ (17)	C ₁₂ H ₄ O ₂ C ₁₄ /C ₁₂ H ₄ OCl ₄	> 1,0	> 300 (subl.)	210 Congenere

Tabelle 3: Sehr giftige Stoffe.

(TRGS 900) zu veröffentlichen. Für Arbeitsmediziner sind die Biologischen Grenzwerte (BGW) zu bestimmen, damit in Körperflüssigkeiten, Geweben oder Haarproben die Belastung von Beschäftigten mit Gefahrstoffen im Körper zu bewerten ist.

Dabei sind neben vielen altersmäßigen Voraussetzungen für die Belastbarkeit auch die Veränderlichkeit des Fett- und Flüssigkeitshaushaltes zu berücksichtigen. Während der Fettgehalt im Körper mit dem Alter zunimmt, sinkt der Flüssigkeitsgehalt in dem Maße, dass er unbedingt zu berücksichtigen ist (Abbildung 8).

Klassen chemischer Substanzen

Das toxische Risiko bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen beschreibt die Gefahrstoffverordnung in ihrer derzeit gültigen Version mit den drei Unterteilungen

- gesundheitsschädliche
- giftige und
- sehr giftige Stoffe.

Die Einteilung resultiert aus Tierversuchen. Unter standardisierten Bedingungen bestimmen Wissenschaftler die letalen Dosen (LD₅₀) mit weißen Ratten und ansteigenden Verabreichungen der Teststoffe.

Dabei gilt ein Stoff oder ein Gemisch (Zubereitung) als gesundheitsschädlich bei einem LD₅₀-Wert über 200mg/ kg Lebendgewicht, giftig zwischen 50 und 200 mg/ kg und sehr giftig, wenn bereits weniger als 50 mg/ kg Versuchstier ausreichen, um 50 % zu töten.

Einige Beispiele von betriebs- und laborüblichen Stoffen sind mit einigen Parametern in den Tabellen 1 bis 3 aufgeführt.

Mit dem am 20. Januar 2009 eingeführten Europäischen Kennzeichnungssystem GHS/ CLP (Globally Harmonised System/ Classification, Labelling, Packaging) sind zukünftig fünf Kategorien giftiger Substanzen zu berücksichtigen. Auch sie basieren auf den LD₅₀-Werten:

- Gift-Kategorie I < 5 mg/ kg
- Gift-Kategorie II 5 bis 25 mg/ kg
- Gift-Kategorie III 25 bis 300 mg/ kg
- Gift-Kategorie IV 300 bis 2000 mg/ kg
- Gift-Kategorie V 2000 bis 5000 mg/ kg

Die letzte Kategorie findet derzeit in der Europäischen Union noch keine Berücksichtigung.

Tabelle 4: Krebszeugende Stoffe.

Gefahrstoff	Beispiele	Bemerkung
Aromatische Kohlenwasserstoffe	Benzol 1,2-5,6-Dibenzanthrazen Benzopyren	lokal und systematisch wirksam, minimal wirksame Dosis: 10-100 µg, Metaboliten binden an Desoxiribonukleinsäure.
Olefine	Styrol Vinylchlorid	Epoxid-Bildung durch Oxidation.
Aromatische Amine	4-Aminobiphenyl 2-Naphthylamin Fleischu. Fisch-Pyrolysat	Tumor-Bildung in bestimmten Körperregionen (= Organotropie): z. B.: Blasenoder Wirbelsäulen-Tumor
N-Nitroso-Verbindungen	Dialkylnitrosamine Nitrosamide	dosisabhängige lokale Tumore: Leber o. Niere, Metabolite liefern alkylierende Verbindungen.
Alkylierende Verbindungen	Dimethylnitrosamin Methylnitrosoharnstoff Dimethylhydrazin	lokal wirkend, mutagenes und cancerogenes Potential, Alkylierung v. Cystein-SH: Ödeme, Geschwüre.
Krebserregende Naturstoffe	Aflatoxine (Schimmelpilze) Cycysin (Cycaden-Nüsse) Safrol (Sassafrasöl) Aristolochiasäure (Osterluzei)	Bildung von Lebertumoren, metabolische Aktivierung zu gentoxischen Elektrophilen.
Anorganische Stoffe	Radioaktive Metalle Schwermetalle (Fe, Co, Cu, Zn) As, Be, Cr, Cd, Ni, Se	Punkt-Mutationen u. Chromosomen-Veränder. Angriffe auf nukleophile DNA-Zentren.
Faserstäube	Asbest Mineralfasern „Dioxine“ Holzstäube	stoffunspecifischer, formabhängiger Feststoff-Effekt für Bronchial-Karzinome, Faserlänge zu Durchmesser > 3 : 1! Erzeugung von DNA-Schäden.

Krebserzeugende Stoffe

Während nach der geltenden Gefahrstoffverordnung noch die CMR-Stoffe (cancerogen, mutagenen, reprotox) der CMR-Kategorie III (begründeter Verdacht auf CMR-Wirkung) als „gesundheitsschädlich“ eingestuft werden, und die CMR-Kategorie I (CMR beim Menschen bestätigt) und II (CMR im Tierversuch bestätigt) als „Giftig“ gelten, hält die GHS/ CLP-Verordnung mit den folgenden Gefahrenklassen

- Keimzell-Mutagenität
- Karzinogenität
- Reproduktionstoxizität
- Spezifische Zielorgan-Toxizität – 1x-Exposition
- Spezifische Zielorgan-Toxizität – x-mal-Exposition

explizit dargestellte Einordnungen bereit.

Verschiedene Tumore, die beim Menschen bei Tätigkeiten mit bestimmten gefährlichen Stoffen auftraten, lenkten die Aufmerksamkeit der Arbeitsmediziner und Toxikologen auf die näheren Untersuchungen der berufsspezifischen Expositionen. Experimente an Tieren, Entwicklung toxikologischer Methoden und vertiefende Beobachtungen an Beschäftigten der verschiedenen Branchen schufen die Voraussetzungen, um eine Reihe krebserzeugender Stoffe herauszudeuten. Arbeitsmedizinische Untersuchungen bei Beschäftigten, die Kontakt mit kanzerogenen Stoffen haben, sind zudem 60 Jahre lang zu archivieren, so dass Rückverfolgungen möglich werden.

Bereits 1775 erkannten Mediziner Tumore bei Schornsteinfegern, die durch die aromatischen Kohlenwasserstoffe der Kaminruße entstehen.

Auch der Blasenkrebs von Anilinarbeitern durch Verunreinigungen mit bestimmten aromatischen Aminen war seit 1895 bekannt.

Heutige Erfahrungen zeigen, dass der Prozess der Krebs-Entstehung beim Menschen einen Zeitraum von 20 bis 30 Jahre und länger überspannt.

Aus molekularbiologischen Experimenten sind Toxikologen überzeugt, dass die Krebsentstehung in mehreren Stufen abläuft:

Am Anfang steht ein irreversibler Auslöseprozess mit der Substanz (Initiation), die Reaktion mit der DNA, gefolgt von einem Weiterbringen (Promotion). Dem weiteren Veränderungsschritt, der Konversion, folgt eine mehrstufig fortschreitende Phase (Progression).

Tabelle 4 listet einige krebserregende Stoffgruppen mit Beispielverbindungen und entsprechenden Bemerkungen auf.

Für alle Gefahrstoffe müssen Hersteller und Importeure in den europäischen Handelsraum der EU von der europäischen Chemikalien-Agentur ECHA abgeseignete Gefährdungseinstufungen oder gar Sicherheitsberichte für jeden Gefahrstoff erstellen und in die Sicherheitsdatenblätter einfließen lassen. Dort sind auch die aktuellen toxikologischen Hintergrund-Informationen für jeden Gefahrstoff und für jede Zubereitung (Gemisch) nachzulesen. **CLB**

Literatur

- [1] Marquardt, H. und S. G. Schäfer (Hrg.) „Lehrbuch der Toxikologie“, BI Wissenschaftsverlag, Mannheim, 1994.
- [2] Forth, W. u.a. (Hrg.), „Pharmakologie und Toxikologie“, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 7. Aufl., 1996.
- [3] Bender H. F., „Sicherer Umgang mit Gefahrstoffen“, VCH, Weinheim, 1995 (aktualisierte Auflage 2006).
- [4] Coper, H. und G. Schulze, „Pharmakotherapie im Alter“, Urban & Schwarzenberg, München, 1980

Der verkannte Superspeicher

Natrium-Schwefel-Akkus sind eine interessante Option für die stationäre Speicherung von Strom – ein Laborexperiment

Philippe Welter, Aachen

Ursprünglich sollten Natrium-Schwefel-Akkus Elektroautos antreiben. Die Ingenieure reizte die sagenhafte Speicherdichte, die besser ist als die jedes modernen Lithiumakkus. Doch die zu geringe Leistungsdichte und die Empfindlichkeit gegenüber Vibrationen verhinderten, dass sich dieser Speichertyp bei mobilen Anwendungen durchsetzte. Im stationären Betrieb kann er dagegen seine Stärken voll ausspielen.

In der Welt der Photovoltaik sind Akkus Fremdkörper, über die sich jede Menge falscher Gerüchte im Umlauf befinden. Zum Beispiel, dass sie einen schlechten Wirkungsgrad hätten. Dabei ist der bei Akkus keine feste Größe wie zum Beispiel das Gewicht. Er hängt vielmehr vor allem davon ab, wie viel Leistung man dem Akku abverlangt. Bei fast allen Akkutypen geht der Wirkungsgrad in Richtung 100 Prozent, wenn man die entnommene oder hineingesteckte Leistung nur klein genug macht im Verhältnis zur Kapazität. Oder anders ausgedrückt: Man kann bei jeder gewünschten Leistung jeden gewünschten Wirkungsgrad erzielen, solange der Akku nur groß genug dimensioniert ist.

Mit ganz besonders vielen Vorurteilen müssen sich die Natrium-Schwefel-Akkus (NaS) herumschlagen: Sie verbrauchen angeblich auch Energie im Ruhezustand, weil es sich um Hochtemperaturakkus handelt, die ständig Wärme verlieren. Sie sind angeblich gefährlich, weil sie mit Natrium und Schwefel brennbare Stoffe enthalten. Der Wirkungsgrad sei ganz besonders mies. Und beim Einsatz in Elektroautos gingen sie schnell kaputt, weil der keramische Separator leicht zerbricht. In der Summe erscheinen die Vorurteile gegen diesen Akkutyp als so erdrückend, dass

sich kaum jemand mit ihm beschäftigt. Gerade mal eine Firma weltweit ist übrig geblieben, die ihn herstellt, nämlich die NGK Insulators Ltd. in Tokio. Lediglich für seinen nahen Verwandten, den Natrium-Nickelchlorid-Akku, gibt es mehrere Hersteller. Vergangenes Jahr nahm der amerikanische Weltkonzern General Electric (GE) 100 Millionen Dollar in die Hand, um das weltweit größte Werk für diesen Akkutyp in den USA aus dem Boden zu stampfen. Doch wenn man den NaS-Akku systematisch analysiert, bleibt nicht viel von den Vorurteilen gegen ihn übrig.

Vorteile des Natrium-Schwefel-Akkus

Selbst die größten Skeptiker gestehen dem NaS-Akku zwei Dinge zu: Seine Energiedichte ist mit fünf Kilogramm pro Kilowattstunde (200 Wattstunden pro Kilogramm) die beste aller verfügbaren Akkutechnologien. Selbst Lithiumakkus bringen es nur auf 100 bis 180 Wattstunden pro Kilogramm. Darüber hinaus sind NaS-Akkus vergleichsweise sehr billig. Rund 150 Euro pro Kilowattstunde muss man für ein vollständiges Großsystem zur Netzstabilisierung mit NaS-Akku, Wechselrichter und Trafostation ausgeben. Obwohl NGK am liebsten komplette Speichersysteme verkauft und keine Preise für die Akkuzellen selbst veröffentlicht, kann man die Systemkosten abschätzen und kommt so auf einen Zellpreis von rund 100 Euro pro Kilowattstunde. Diese Annahme deckt sich auch mit einem Schriftstück, das der Hersteller NGK im Jahre 2001 veröffentlicht hat (Abbildung 1): Demnach liegen die Akkupreise bei einer Jahresproduktion von 1600 Megawattstunden bei 15 000 Yen pro Kilowattstunde. Bei dem damaligen Umrechnungskurs von 112 Yen pro Euro kommt man auf circa 130 Euro pro Kilowattstunde. Aktuell beträgt die Jahresproduktionskapazität nach der gerade laufenden Erweiterung der Produktion auf 150 Megawatt (was bei der NGK-üblichen Zählweise von „Kapazität gleich Leistung mal sechs Stunden Entladung bei Nennleistung“ in etwa einer Speicherkapazität von 900 Megawattstunden entspricht) bald der damals genannten Größenordnung.



Der Autor

Philippe Welter ist Herausgeber bei der Photon Europe GmbH. Zudem ist er Redakteur des Solarstrom-Magazins „Photon“ und CEO der Photon USA Corp.

Zudem darf man davon ausgehen, dass NGK die vergangenen zehn Jahre nicht geschlafen, sondern die Produktion weiter optimiert hat. Heute sollten die Kosten für die Zellen somit deutlich niedriger liegen. Da NGK keine Produktionskosten veröffentlicht, ist man aber auf Schätzungen angewiesen.

Die Kosten: Extrem gering

Ausgehend von einem Materialeinsatz von fünf Kilogramm pro Kilowattstunde lässt sich folgende Worst-Case-Abschätzung vornehmen: Natrium und Schwefel sind weltweit im Überfluss auf dem Markt verfügbar. Natrium ist ein Abfallprodukt der Chlorherstellung und wird zum Schnäppchenpreis von circa einem Euro pro Kilogramm verkauft. Schwefel liegt in reiner Form in der Natur vor und muss nur aus dem Boden geholt werden. Ein Kilogramm wird für circa 80 Eurocent verkauft.

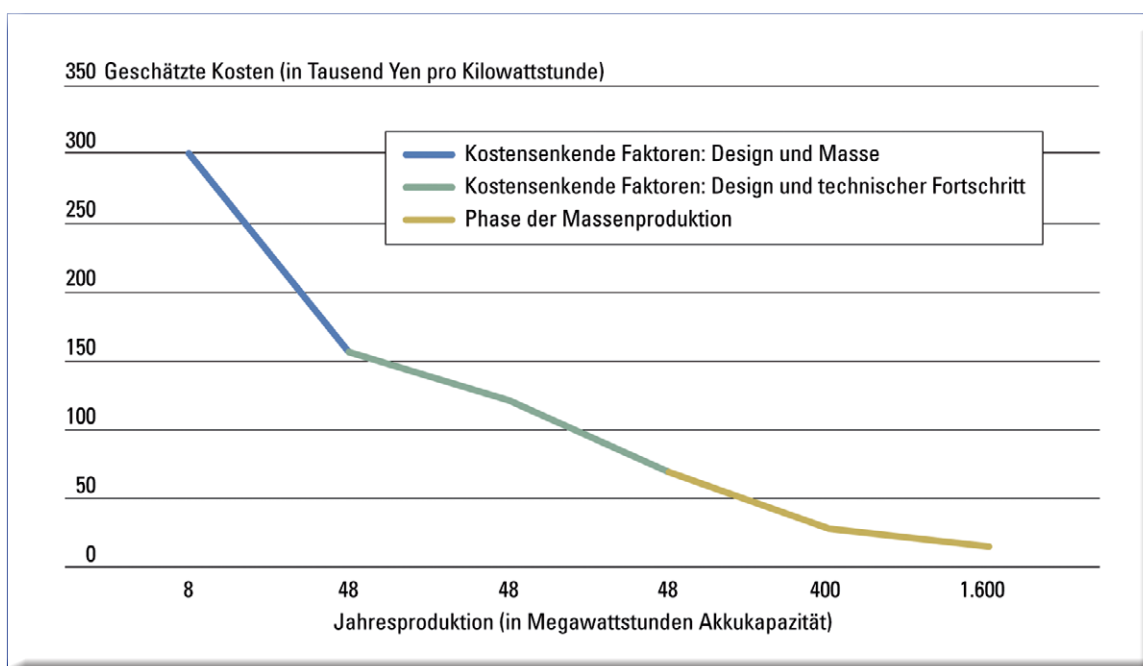
Daneben benötigt man für die vollständige Akkuzelle noch etwas Aluminium, etwas Edelstahl (jeweils weniger als 500 Gramm pro Kilowattstunde), Graphitpulver und verschiedene Sorten Aluminiumoxid. Zusammen kommt man so auf circa zehn Euro reine Materialkosten pro Kilowattstunde. Da der Herstellungsprozess im Vergleich zu anderen Zelltypen sehr simpel ist, sollten Produktionskosten von weit unter 50 Euro pro Kilowattstunde möglich sein.

Der Aufbau: Simpel

Das Faszinierendste an einem NaS-Akku ist aber sein simpler Aufbau, praktisch das genaue Gegenteil herkömmlicher Akkus. Ein herkömmlicher Akku besteht aus zwei festen Elektroden, die in aufwendigen Herstellungsprozessen in Form gebracht werden. Oft haben sie einen mehrlagigen Aufbau oder bestehen aus nanostrukturierten Partikeln, die mit hohem Aufwand hergestellt werden müssen. Zwischen den festen Elektroden sorgt ein flüssiger Elektrolyt für den Transport der Ionen, der mit jedem Lade- und Entladevorgang einhergeht. Dieses ständige Bewegen eines erheblichen Teils der Masse der Elektroden verbunden mit einem laufenden chemischen Umbau der Elektroden führt zu der normalerweise eher geringen Zyklenfestigkeit konventioneller Akkus. Sie liegt je nach Typ und Qualität bei einigen Hundert bis hin zu 1000 bis 2000 Zyklen.

NaS-Akkus sind grundlegend anders aufgebaut: Hier liegen die Elektroden in flüssiger Form vor. Sowohl der Schwefel als auch das Natrium sind bei einer Betriebstemperatur von üblicherweise circa 350 Grad Celsius geschmolzen. Der Elektrolyt eines NaS-Akkus kann demnach nicht wie sonst üblich flüssig sein, es handelt sich vielmehr um eine feste Substanz, die Natriumionen leiten kann, aber Elektronen nicht passieren lässt. NGK verwendet eine Keramik namens Beta-Aluminat, eine Mischung aus Aluminium- und Natrium-

Abbildung 1: In der Masse billiger: Die Grafik aus dem Jahr 2001 zeigt die geplante Reduktion der Preise für NaS-Akkus. Aus damaliger Sicht waren 1600 Megawattstunden Speicherkapazität pro Jahr schon Massenproduktion. Wollte man – was bei zunehmender Netzdurchdringung notwendig werden wird – jedem Kilowatt Photovoltaikleistung sechs Kilowattstunden Akkukapazität zuordnen, so wären alleine für den diesjährigen Zubau von Solarkraftwerken in Deutschland 60 000 Megawattstunden Speicherkapazität notwendig. Bei einer Vervierzigfachung der Jahresproduktion würden die Preise deutlich fallen (die Yen-Angaben beziehen sich auf das Jahr 2001 (1000 Yen = 9,28 Euro)).



xid. Sie hat die Form eines unten geschlossenen Zylinders. Mehr braucht man fast nicht, um eine NaS-Akkuzelle zu bauen. Keramik und Chemie stecken in einem Blechzylinder, der gleichzeitig den Pluspol bildet. Der Schwefel wird, da er selber kein Stromleiter ist, mit Graphitpulver vermischt. In einem Experiment des Photon-Labors funktionierte statt der Keramik auch ein billiges Reagenzglas. Allerdings lassen sich damit nur mikroskopisch kleine Leistungen erreichen.

Das Natrium befindet sich im NGK-Akku nicht direkt im Keramikzylinder, sondern aus Sicherheitsgründen in einem Metallbehälter, der eng in den Keramikzylinder eingepasst wurde. Durch ein kleines Loch am Boden des Metallbehälters kann immer nur eine kleine Menge Natrium in den Zwischenraum zur Keramik fließen. Das reicht für den gewünschten Entladestrom aus, verhindert aber im Falle eines Bruchs der Keramik, dass das gesamte Natrium schlagartig mit dem Schwefel der Zelle reagiert und große Hitze sowie hoher Druck entsteht. Wenn die Keramik bricht, ist so die Reaktionsrate nicht signifikant höher als bei einer regulären Entladung mit Nennleistung. Die Zelle selbst ist in einem solchen Fall zwar kaputt, weitere Auswirkungen auf das Gesamtsystem gibt es aber nicht.

Dass der Akku mit flüssigen Elektroden arbeitet, macht seine Produktion simpel. Während in einer herkömmlichen Herstellung ein Großteil des Know-hows und des Kapitals in der Elektrodenfertigung steckt, ist sie hier nicht viel schwieriger als ein beliebiger Metallguss. Das Natrium wird – unter Schutzgas, da flüssiges Natrium an der Luft dazu neigt, in Brand zu geraten – auf Schmelztemperatur erhitzt und mit einer Füllhöhe von 60 bis 80 Prozent in den Metallbehälter gegossen, der sich später in der fertigen Akkuzelle befindet. Nach dem Erkalten kann die Komponente relativ gefahrlos gehandhabt werden. Unten wird das kleine Loch gebohrt, oben kommt ein Stopfen aus Aluminiumoxid darauf – fertig ist der Minuspol.

Das Ganze wird in den Keramikseparator geschoben, sodass zwischen dem Metallbehälter mit dem Natrium und der Keramik nur ein schmaler Spalt bleibt. Ein Überdruck im Minuspol sorgt dafür, dass das Natrium nach oben in den Spalt gedrückt und so die Keramik vollständig benetzt wird. Denn nur dort, wo das Natrium die Keramik benetzt, wandern Natriumionen durch die Keramik und lassen den elektrischen Strom fließen. So wird die maximale Leistungsfähigkeit des Akkus in jedem Entladezustand gewährleistet. Im nächsten Schritt wird die mit dem Natrium präparierte Keramik in den Metallbecher geschoben, der die Außenwand der Akkuzelle darstellt. Der verbleibende Zwischenraum zwischen Keramik und Außenwand

wird mit dem Schwefel-Graphit-Gemisch gefüllt. Sobald der Behälter versiegelt ist, ist die Akkuzelle fertig.

So funktioniert's

Wer jetzt ein Multimeter an die beiden Pole hält, wird jedoch keine Spannung messen, denn im kalten Zustand ist die Zelle inaktiv. Erst oberhalb der Schmelztemperatur des Schwefels (115 Grad Celsius) und des Natriums (98 Grad Celsius) kann man eine Spannung von circa zwei Volt pro Zelle messen. Der Akku ist nach dem Zusammenbau übrigens schon vollgeladen: Bei der Entladung bewegen sich die Natriumionen aus der Minuselektrode durch die Keramik in den Schwefel und bilden dort Natriumsulfid. Den Ladevorgang dagegen kann man sich wie eine Elektrolyse dieses Natriumsulfids vorstellen. Durch den elektrischen Strom werden Natrium und Schwefel wieder getrennt.

Das Natrium wandert durch die Keramik hindurch zurück zum Minuspol (siehe Abbildung 2). Die Reaktionsrichtung der Entladung, also die Verbindung von Natrium und Schwefel zu Natriumsulfid, ist exotherm, bei der Entladung entsteht also Wärme. Bei der Ladung ist das Gegenteil der Fall: Die Elektrolyse des Natriumsulfids ist endotherm, benötigt also Wärme. Diese holt sie sich im Idealfall aus der vorangegangenen Temperaturerhöhung bei der Entladung. Dazu muss die Zelle ausreichend gut wärmeisoliert sein, um zwischenzeitlich nicht abzukühlen.

In der Praxis arbeiten NaS-Zellen nicht mit Temperaturen knapp über hundert Grad, wenn Schwefel und Natrium so gerade eben geschmolzen sind, sondern bei über dreihundert Grad Celsius. Das führt dazu, dass die Keramik die Ionen besser leitet. Es ist ohnehin verwunderlich, dass eine feste Substanz wie eine Oxidkeramik überhaupt Ionen, also doch schon „ganz schön große Dinger“, durchlässt. Und sehr gut geht das bei Beta-Aluminat auch nicht. Damit mehr Strom fließt, muss die Betriebstemperatur so hoch wie möglich sein. Die Grenzen bilden die Temperaturen, bei denen die verwendeten Metalle ihre Festigkeit verlieren.

NGK spezifiziert für seine Akkuzellen eine maximale Betriebstemperatur von 360 Grad Celsius, die minimale Temperatur liegt bei 290 Grad Celsius. Noch besser würde es mit einer anderen Keramikvariante namens „Nasicon“ (für „Na Superionic Conducting“, Natrium-Superionenleiter) funktionieren, die bei gleicher Temperatur Natriumionen um etliche Faktoren besser leitet. NGK konnte sich bislang nicht für einen Systemwechsel entscheiden. Doch der NaS-Veteran Ceramtec Inc. – die Technologieschmiede eines der weltgrößten Hersteller technischer Keramik, der

Funktionsprinzip eines Natrium-Schwefel-Akkus

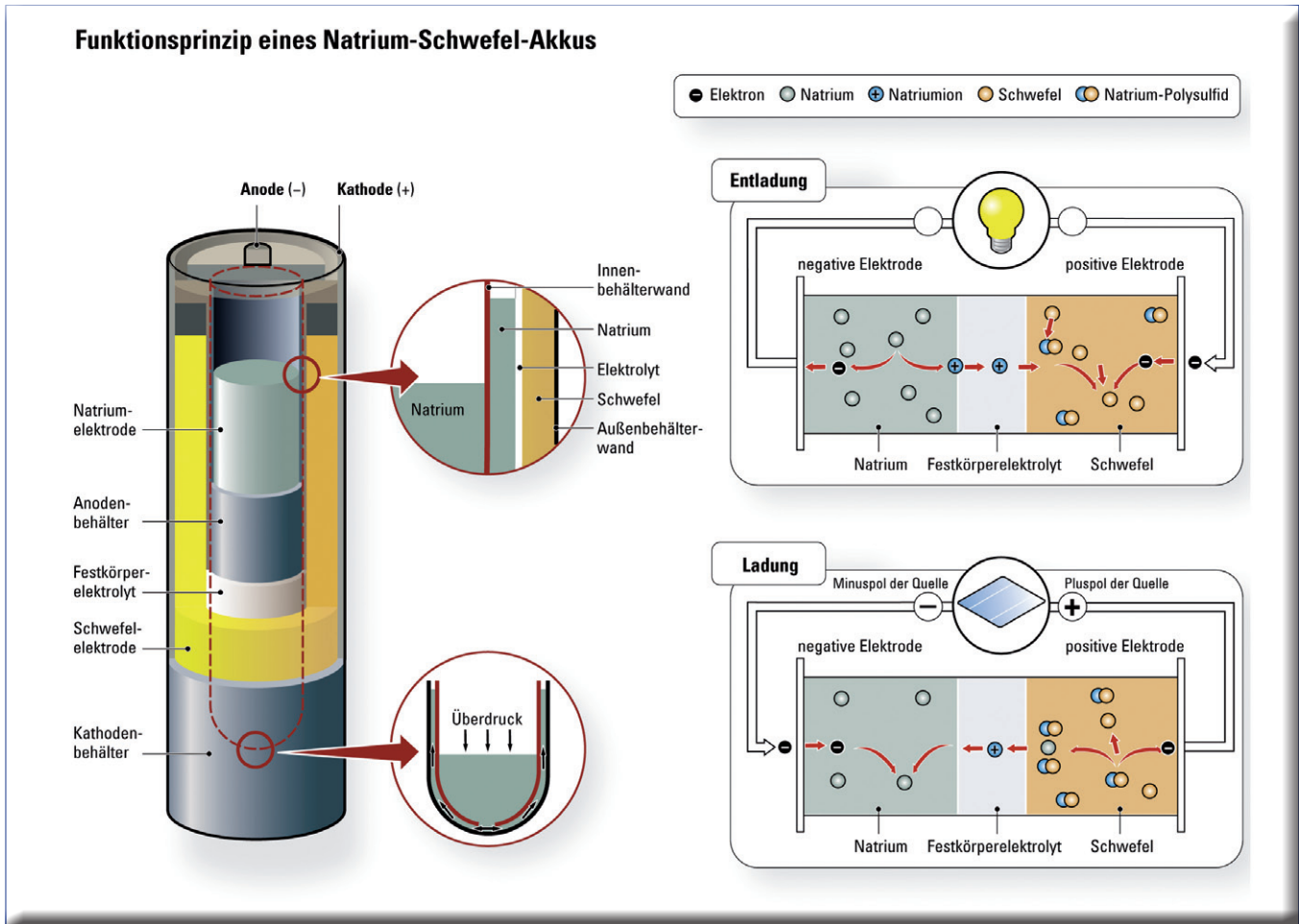


Abbildung 2: **Entladevorgang:** An der negativen Elektrode werden die Natriumatome ionisiert, ihr Elektron fließt über den Verbraucher in den Schwefelbehälter, die Na^+ -Ionen wandern durch den Festkörperelektrolyten in die positive Elektrode. Dort bilden sich Natrium-Polysulfide (NaS_x). Der Entladevorgang ist exotherm, der Akku setzt elektrische und thermische Energie frei und heizt sich auf. **Ladevorgang:** Über die Energiequelle wird an der negativen Elektrode eine negative Spannung angelegt. Die Elektronen fließen in die Anode, den Natriumbehälter. Es verstärkt sich das elektrische Feld, dies führt zu einem Aufbrechen der Natrium-Polysulfide (NaS_x) im Schwefelbehälter, der Kathode. Der Ladevorgang ist endotherm, elektrische Energie wird in chemische Energie umgewandelt. Der Akku kühlt sich hierbei ab, dem System wird durch das Aufbrechen der Natrium-Polysulfide Wärmeenergie entzogen.

Firma Coors Tek Inc. – arbeitet bereits an einem neuen Natriumakku auf Nasion-Basis.

Einer der Hauptkritikpunkte an NaS-Systemen sind die angeblichen Standby-Verluste durch die hohe Betriebstemperatur. Da der Akku ständig – auch bei Nichtgebrauch – auf Betriebstemperatur gehalten werden muss, seien die Bereitschaftsverluste besonders hoch. Sie treten bei jedem Akkutyp auf, bei den »kalten Verwandten« sind das die Verluste durch Selbstentladung. In konventionellen Akkus finden laufend chemische Reaktionen der Elektrodenmaterialien statt, auch wenn kein Strom fließt. Selbst wenn keine Energie entnommen wird, kann bei einigen Akkutypen ein vollgeladener Akku nach einigen Wochen leer sein. NaS-Akkus zeigen dieses Verhalten nicht. Da es keine chemischen Nebenreaktionen gibt, beträgt der Lade-/ Entladewirkungsgrad auf Amperestundenbasis 100 Prozent, eine Selbstentladung findet nicht statt.

Eigentlich sollten angesichts einer Vielzahl guter Wärmedämmungen auch die Wärmeverluste kein Problem darstellen. Aerogele und Vakuumpaneele etwa können die Wärmeverluste auf einen Wert nahe null senken. Dass sich das Vorurteil der angeblich hohen Wärmeverluste der NaS-Akkus dennoch hartnäckig hält, ist unter anderem den Systemen der Firma NGK geschuldet: Sie verkauft sie vor allem an Energieversorger, um kurzfristige Lastspitzen abzufangen. Dabei spielt die Leistungsdichte ökonomisch betrachtet die entscheidende Rolle. Deshalb wird aus einem vergleichsweise kleinen Akku eine möglichst hohe Leistung herausgequetscht. Dadurch wird aber viel Leistung im Inneren des Akkus in Wärme umgewandelt, er wirkt wie eine Stromheizung. Bei guter Isolierung würde der Akku überhitzen, deshalb verbaut NGK bewusst eine schlechte Isolierung, damit der Akku die überschüssige Wärme beim Schnellentladen abgeben kann. Um zu verhindern, dass der

Akku anschließend auskühlt, hat jeder Block (mit etwa 400 Kilowattstunden Kapazität) eine etwa sieben Kilowatt starke Elektroheizung eingebaut. So entsteht ein System, das bei minimaler Kapazität maximale Leistung abgibt, worunter der Wirkungsgrad leidet. Besser wäre es, den – ohnehin billigen – Akku größer zu dimensionieren und so einen höheren Wirkungsgrad zu erreichen. Weil es keine chemischen Nebenreaktionen gibt, besteht auch kein Grund, warum der Akku nicht Lade-/Entladewirkungsgrade nahe hundert Prozent erreichen sollte.

Und läuft und läuft ...

Der wohl größte Trumpf des NaS-Akkus ist jedoch seine legendäre Zyklenfestigkeit. Da die Elektroden in flüssiger Form vorliegen, können sie sich im Laufe der Zeit weder verformen noch in ihrer Struktur verändern. Nach jedem Ladevorgang liegen Natrium und Schwefel wieder getrennt in ihren Behältnissen vor, und zwar genau in derselben Beschaffenheit wie vor dem ersten Zyklus. Wenn die Keramik nicht über die Zeit verschleifen würde, dann würde so ein Akku wohl ewig leben.

In der Praxis liegt die Zyklenzahl je nach Entladetiefe bei 4000 bis 10000. Gerade im Zusammenspiel mit der Photovoltaik könnte dieser Akkutyp eine sehr gute Lebensdauer beweisen. Pro Tag gibt es nur einen Ladezyklus (wenn gelegentlich Windstrom zwischengespeichert wird, vielleicht auch zwei). Große Entladetiefen entstehen nur im Sommer, der Lade- und der Entladestrom sind im Verhältnis zur Kapazität gering, wenn der Akku so dimensioniert wird, dass er eine ganze Tagesproduktion Solarstrom an einem Sommertag zwischenspeichern kann. 20 Jahre Lebensdauer sollten dann drin sein.

Auch andere Dinge, die normale Akkus nicht mögen, steckt der NaS-Akku leicht weg. Tiefentladung und Überladung verträgt er so gut, dass der Hersteller NGK auf spezielle Maßnahmen zum Ladungsausgleich zwischen den Zellen in einem Akkublock verzichtet. Selbst einen längeren Stillstand in abgeklemmtem Zustand mit einem „Einfrieren“ der Akkus übersteht das System. Allerdings darf das nicht öfter als etwa zehnmal vorkommen, da das Material durch das Abkühlen und Aufheizen ermüdet.

Eine NaS-Batterie aus dem Chemiebaukasten

Im Gegensatz zu vielen anderen Speichertypen lässt sich eine Natrium-Schwefel-Batterie in den Grundzügen mit relativ einfachen Mitteln selbst bauen. Man hat im Photon-Labor die Probe aufs Exempel gemacht (siehe Abbildungen 3 bis 11). **CLB**



Abbildung 3: Die Zutaten sind: reines Paraffinöl, ein Stück reines Natrium, reiner Schwefel, Graphitpulver (in den Bechergläsern von links nach rechts). Zum Abgreifen des Potentials an der Kathode (positiver Pol) dient ein sauberer Graphitstab. Für die Anode (negativer Pol) braucht man zudem einen entfetteten, rostfreien Eisenstab sowie ein kleines Reagenzglas. Es sollte aus Borosilikatglas (beispielsweise Jenaer Glas) bestehen; Quarzglas darf auf keinen Fall verwendet werden. **Zur Sicherheit sollte zudem ein Metallbrand-Feuerlöscher in Griffweite stehen** (alle Labor-Abbildungen: Udo Geisler / photon-pictures.com).

Abbildung 4: Zunächst wird die Kathode zusammengestellt. Da reiner Schwefel als Isolator keine Elektronen leitet, wird Graphit verwendet, um die Leitfähigkeit der Kathode herzustellen. Die Substanzen sollten im Verhältnis zwei zu eins vorliegen, vom Schwefel werden 40 Gramm abgewogen, vom Graphit 20 Gramm. Beide Substanzen werden in ein Becherglas gefüllt und mit einer Heizplatte auf 150 Grad Celsius erwärmt. Bei dieser Temperatur liegt der Schwefel in flüssiger Phase vor und lässt sich mit dem Graphit leicht zu einer homogenen Masse vermischen.

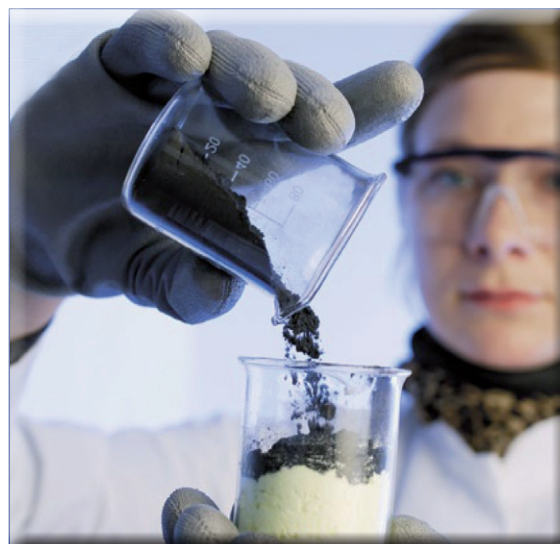




Abbildung 5: Nachdem Schwefel und Graphit miteinander verrührt wurden, wird der Graphitstab in das Becherglas gesenkt, der später zum Abgreifen des Potenzialunterschiedes zwischen der positiven und der negativen Elektrode dient.



Abbildung 7: Letzte Kontrolle vor dem großen Moment: Photon-Laborantin Janine Karlein begutachtet die Bestandteile des selbstgebauten Natrium-Schwefel-Akkus. Sobald die mit Natrium gefüllte Anode im Reagenzglas in die Kathode (Schwefel-Graphit-Gemisch im Becherglas) gesenkt wird, beginnt die elektrochemische Reaktion.

Abbildung 6: Um die Anode zu bauen, gibt man kleine Stücke Natrium in das Reagenzglas und benetzt diese vollständig mit Paraffinöl. Dann wird der Eisenstab vorsichtig in das Glas geschoben.



Abbildung 8: Im nächsten Schritt wird das präparierte Reagenzglas langsam in das Becherglas mit der erhitzten Schwefel-Graphit-Mischung gesenkt. Dabei sind Handschuhe und Schutzbrille unverzichtbar, da es zu einer heftigen Reaktion kommen kann, falls das Reagenzglas zerbricht und das Natrium mit dem Schwefelgemisch ungehindert reagiert. Nach kurzer Zeit ist das Natrium geschmolzen und benetzt das ionenleitende Reagenzglas. Der Eisenstab sorgt dafür, dass die Oberfläche, die das Natrium benetzt, möglichst groß ist, während es gleichzeitig nur ein kleines Volumen einnimmt.





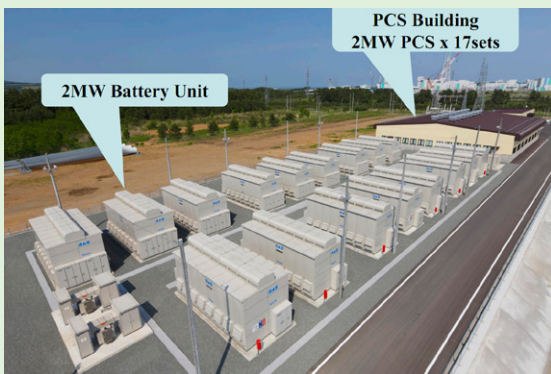
Abbildung 9: Um die Potenzialdifferenz beider Elektrodenflüssigkeiten – also dem Natrium in der Anode und dem Schwefel in der Kathode – zu messen, werden der Graphitstab und der Eisenstab an ein Multimeter angeschlossen.



Abbildung 10: Der Blick auf das Messgerät beweist: Die selbst gebaute NaS-Batterie produziert eine Spannung von 1,697 Volt. Diese lässt sich auf über zwei Volt erhöhen, wenn der Graphitstab der Kathode und die Anodenelektrode enger beieinander platziert werden.

Weltgrößtes NaS-System mit 34 Megawatt Leistung

Im Mai 2008 hat das japanische Unternehmen NGK die größte Akkumulatorenanlage der Welt in Betrieb genommen (Abb.: NGK).



Es arbeitet auf Natrium-Schwefel-Basis und dient als leistungsausgleichendes Puffersystem in Zusammenschaltung mit

einem Windpark der Japan Wind Development Co., Ltd. Der Windpark steht in der japanischen Ortschaft Rokkashomura Futamata und hat eine Leistung von 52 Megawatt. Das daran angebundene NaS-Batteriesystem hat eine Leistung von 34 Megawatt. Es besteht aus 17 NaS-Standardsystemen von NGK. Ein Standardsystem besteht aus 40 Batteriemodulen, die je eine Leistung von 50 Kilowatt abgeben können und eine Kapazität von 360 Kilowattstunden haben. Die Kenndaten eines Standardsystems sind demnach 2 Megawatt / 14,4 Megawattstunden. Die 17 Standardsysteme in dem Windpark haben somit eine Gesamtkapazität von 244,8 Megawattstunden. Bis März 2010 wurden insgesamt NaS-Systeme mit 310 Megawatt Leistung installiert. Zum Vergleich: Es entsteht am saarländischen Kraftwerks-Standort Völklingen in einem ersten Schritt schon in diesem Jahr ein Stromspeicher mit einer Leistung von einem Megawatt und einer Speicherkapazität von etwa 700 Kilowattstunden, und zwar als Lithium-Ionen-Akku mit Keramik-Separatoren von Evonik. Es ist dann der größte Lithium-Ionen-Akku der Welt. Der künftige Leistungsbedarf an modernen Speichersystemen liegt nach Expertenschätzungen allein in Deutschland im hohen dreistelligen Megawattbereich. RK

Abbildung 11: Der Versuch belegt: Strom aus dem Becherglas ist keine Geheimwissenschaft. Nach dem Zusammenbau ist die Akkuzelle geladen und kann nun entladen werden. Sie danach wieder aufzuladen, würde allerdings mehrere Tausend Jahre dauern, weil das Reagenzglas Natriumionen eben nur sehr langsam leitet. Hersteller von NaS-Akkus wie die japanische NGK Insulators Ltd. verwenden als Separator eine Keramik, die die Natriumionen weitaus schneller transportieren.



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, Bammentaler Straße 6-8, 69251 Gaiberg, schriftlich widerrufen. Zur Wahrung der Frist genügt die rechtzeitige Absendung des Widerrufs. Gesehen, gelesen, unterschrieben. Ich bestätige die Kenntnisnahme des Widerrufsrechts durch meine 2. Unterschrift.

Straße / Postfach

Land / PLZ / Ort

Datum / 2. Unterschrift

Telefon oder e-Mail

Mit Physik Chemie erschnüffeln

Sicherheit, Verlässlichkeit und Langlebigkeit zu gewährleisten sind Ziele von Sensoren – und gleichermaßen Anforderungen an sie

Beständig gibt es Artikel über die Leistungssteigerung von Computern. Ganz im Schatten dieser Informationsflut steht die Entwicklung von Sensoren, insbesondere auch jenen chemischer und biochemischer Art. Diese „Schnittstelle der Computer zur materiellen und molekularen Welt“ wird hier anhand aktueller Beispiele beleuchtet.

Das Wort „Sensor“ leitet sich vom lateinischen „sentire“ ab und bedeutet „fühlen“ oder auch „empfinden“. Temperatur, Feuchtigkeit, Druck, Schall, Helligkeit oder Beschleunigung sind typische physikalische Eigenschaften, die sich mit Sensoren messen lassen. Auch chemische Sensoren greifen meist auf die physikalischen Eigenschaften der Materie zurück, weil dieses relativ leicht zu ermitteln sind.

Die Klassifizierung von Sensoren ist nicht standardisiert. Ein grundsätzlicher Unterschied besteht darin, ob ein Sensor aktiv oder passiv arbeitet. Missverständnisse sind da vorprogrammiert, wenn man die Bezeichnungen „Sensor“ und „Aufnehmer“, dem Teil des Sensors, der unmittelbar den physikalischen Effekt – eben – aufnimmt, im selben textlichen Umfeld verwendet: Aktive Aufnehmer erzeugen aufgrund des Messprinzips ein elektrisches Signal, z. B. elektrodynamisch oder piezoelektrisch. Dabei wird keine elektrische Hilfsenergie benötigt; in Blick auf die Energieverwendung handelt es sich um passive Sensoren. Passive Aufnehmer enthalten passive Bauteile, deren Parameter durch die Messgröße verändert werden. Durch eine Primärelektronik werden diese Parameter in elektrische Signale umgeformt. Dabei wird eine von außen zugeführte Hilfsenergie benötigt. Bei Zusammenfassung des Aufnehmers mit der umformenden Stufe in den Begriff

Sensor spricht man von aktiven Sensoren.

Wir bleiben hier bei der Bezeichnung „Sensor“. Mit passiven Sensoren ist oft – bedingt durch die physikalischen Prinzipien – jedoch nur eine Änderung der Messgröße detektierbar, da im statischen und quasistatischen Zustand keine Energie gewandelt werden kann. Ausnahme sind z. B. Thermoelemente, die bei konstanter Temperaturdifferenz Spannung erzeugen. Außerdem sind passive Sensoren in Umkehrung des physikalischen Messprinzips auch als Aktoren nutzbar, z. B. ein dynamisches Mikrofon, das auch als Lautsprecher verwendet werden kann.

Mit aktiven Sensoren und ihrer von außen zugeführten Hilfsenergie ist es auch möglich, statische und quasistatische Messgrößen zu bestimmen. Aus diesem Grund ist die überwiegende Zahl der Sensoren aktiver Bauart. Beispiele sind z. B. Wägezellen oder Temperatursensoren.

Sensoren lassen sich aber auch nach ihrem Messprinzip oder nach der Messgröße einteilen. Die Einteilung nach dem Messprinzip ist noch relativ übersichtlich und besteht hauptsächlich aus:

- Resistive Sensoren
- Induktive Sensoren
- Differentialtransformator
- Induktive Wegaufnehmer
- Wirbelstromsensoren
- Induktive Näherungsschalter
- Magnetfeldsensoren
- Magnetoelastische Sensoren
- Kapazitive Sensoren
- Piezoelektrische Sensoren
- Optoelektronische Sensoren
- Elektrochemische Sensoren
- Temperatursensoren.

An Messgrößen liegt eine solche Vielzahl vor, dass hier auf eine Aufzählung verzichtet wird.

Nun, soviel zur Übersicht über Sensoren. Die Idee zu diesem

Artikel entstand jedoch auch der Beobachtung von Fortschritten der jüngsten Zeit, die sowohl bei den Messwertaufnehmern wie auch bei den angeschlossenen auswertenden Systemen erfolgten. Gerade letztere ermöglichen beispielsweise durch Algorithmen der künstlichen Intelligenz, sehr differenzierte Ergebnisse von sensorischen Messungen zu erzielen. Das trifft insbesondere auch auf chemische Sensoren und entsprechende Sensorsysteme zu, die oft mit dem Begriff „elektronische Nase“ beschrieben werden (siehe CLB 01-2002, Seiten 14-19: Gassensoren: Herzstücke in elektronischen Nasen).

Elektronische Nasen

Eine elektronische Nase ist ein technisches System zur Messung von Gerüchen. Anstelle der Riechzellen werden bei der elektronischen Nase verschiedene Gassensoren eingesetzt. Sie decken einen möglichst großen Bereich der gasförmigen Verbindungen in der Luft ab. Nicht die Messung einzelner Gaskomponenten ist beabsichtigt, sondern eher eine messtechnische Abbildung der Zusammensetzung der Luftprobe. Tatsächlich ist die Analogie der elektronischen Nase zum Sehen zutreffender. Die drei Farbkanäle des Gesichtssinnes erzeugen im Wahrnehmungsprozess mit den drei zugehörigen Intensitäten das farbige Abbild der Welt. Die wenigen Gassensoren einer elektronischen Nase (eine einstellige bis höher zweistellige Anzahl) erzeugen ebenso ein Abbild der gemessenen Luftprobe. Dieses Abbild kann mit zusätzlich gemessenen Parametern verbunden werden, im Fall der Geruchsmessung mit der über die Olfaktometrie humansensorisch gemessenen Geruchsstoffkonzentration.

Eine typische elektronische Nase besteht aus einer Anzahl von Gassensoren, deren Signale durch mathematische Methoden im Sinne einer Mustererkennung verarbeitet werden. Als Muster ist hier das Verhältnis der Signalstärken der einzelnen Sensoren zueinander gemeint, die man sich als geometrisches Muster in der Auftragung um einen gemeinsamen Mittelpunkt herum (Radarplot) als Stern mit unterschiedlich langen Strahlen vorstellen kann. In der Praxis werden allerdings abstraktere mathematische Methoden verwendet, etwa die Hauptkomponentenanalyse (siehe CLB 09/10-2006, Seiten 332-337, sowie CLB 12-2006, Seiten 466-470), mit denen die Musterinformation auf eine zweidimensionale Ebene abgebildet werden, in der die Musterähnlichkeit sich in abgegrenzten Bereichen darstellt. Technische Gassensoren funktionieren nicht wie Riechzellen. In Riechzellen sind Rezeptormoleküle enthalten, die sehr spezifisch mit wenigen Gasen wechselwirken und so ein Nervensignal erzeugen. Zugleich findet eine hohe Signalverstärkung statt, sodass wenige Gasmoleküle, d. h. sehr niedrige Konzentrationen, zur Aktivierung einer Riechzelle ausreichen. Eine Anzahl verschiedener technischer Sensoren wird in elektronischen Nasen eingesetzt. Die Hauptvertreter sind: Sensoren auf der Basis halbleitender Metalloxide, abgekürzt MOS-Sensoren; Sensoren mit elektrisch leitenden Polymeren, unterschieden in selbständig (intrinsisch) leitende Polymere und in solche, denen eine leitende Komponente wie Graphit beigemischt wurde; zudem Sensoren, die einen Masseneffekt verwenden, mit den zwei Gruppen der Schwingquarz-Sensoren (QMB/QCM-Sensoren) und der Oberflächenwellen-Sensoren (SAW-Sensoren).

Jeder dieser Sensorentypen hat seine messtechnischen Besonderheiten. Insbesondere unterscheidet sich der chemische Bereich der gemessenen Gase. MOS-Sensoren messen bevorzugt niedermole-



Abbildung 1: Sensoren sollen für mehr Sicherheit sorgen – auch indem Transporte von Rauschgift oder Sprengstoff entdeckt werden (Foto: Uni Bonn/Waldvogel; siehe dazu auch das Bild auf Seite 114).

kulare oxidierbare Gase, mit leitenden Polymeren werden polare Gaskomponenten gut gemessen, massensensitive Sensoren messen höhermolekulare Stoffe bevorzugt. In der technischen Anwendung ist aber insbesondere die Messstabilität der Sensoren über längere Zeiträume ein entscheidender Parameter, da die Kalibrierungsinformation erhalten werden muss. Als Informatik-Werkzeuge kommen in elektronischen Nasen oft künstliche neuronale Netze (siehe CLB 10/2010, Seiten 440-450) zum Einsatz. Solche Methoden wendet man aber auch beispielsweise auf große Datenbestände an, um Muster herauszufinden, egal, welche Sensoranordnung als Datenlieferant gedient hat.

Herausforderung Geschmacksbestimmung

Ein Beispiel dafür ist die Bestimmung von Geschmack. Geschmackstests sind im Vergleich

zu technischen Messungen ungenau und abhängig von subjektiven Faktoren. Methoden aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz sollen eine Synthese von komplexen Geschmackserfahrungen und eindeutigen chemischen Analysen ermöglichen. Von einer erhöhten Objektivität bei der sensorischen Bewertung von Rohstoffen und Lebensmittelprodukten würden sowohl die Nahrungsmittelindustrie als auch der Verbraucher profitieren. Die stellen sich ja öfters Fragen wie: Ist in Milkschokolade überhaupt noch Milch? Oder dominiert hier bereits das günstigere Pflanzenfett? Hat der barriquegereifte Wein tatsächlich ein Barriquefass gesehen, oder wurde er mit aromatisierten Holzschnipseln versetzt?

Eine neue Methode zur Bestimmung der geschmacklichen Wechselwirkung einzelner Komponenten unserer Nahrung wird am ttz Bremerhaven in dem vom



Abbildung 2: Prototyp einer elektronischen Nase, die sowohl Sprengstoffe wie auch Drogen erschnüffeln kann. Drei Quarzmikrowaagen samt der dazugehörigen Elektronik sind kaum so groß wie eine Zigarettenschachtel. Die Materialkosten des Geräts betragen weniger als 1000 Euro. Laut Entwickler Siegfried Waldvogel lassen sich damit noch wenige Milliardstel Milligramm TATP nachweisen (Foto: Uni Bonn/Waldvogel).

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten Projekt KosaDat (Korrelation von sensorischen und analytischen Daten) erprobt.

Hinter der Projektidee steht die Entwicklung einer Methode zur computergestützten Vorhersage sensorischer Parameter wie Geschmack, Geruch und Textur sowie der Verbraucherakzeptanz. Dies soll einzig durch die Kenntnis über die chemische Zusammensetzung eines Produktes möglich werden. Bitterschokolade dient dem Konsortium hierbei als ein erstes Untersuchungsmodell. Ziel des Projektes ist es, mit Hilfe der Datensynthese aus chemischer Analytik und Humansensorik Vorhersagen von marktrelevanten und objektiven sensorischen Qualitätsfaktoren von Rohstoffen, Zwischen- und Endprodukten zu treffen. Das Konsortium besteht neben dem ttz Bremerhaven aus der Firma Bremer Hachez Chocolate und dem Fraunhofer Institut für Algo-

rithmen und wissenschaftliches Rechnen (SCAI) in Sankt Augustin.

Um statistisch abgesicherte Aussagen über die Korrelation der lebensmittelchemischen und sensorischen Profile treffen zu können, muss ein großer Datensatz aus möglichst vielen verschiedenen Produktionsabschnitten generiert werden. Alle Resultate aus der chemischen und sensorischen Messung werden automatisch in ein Datenbanksystem implementiert. Mit Methoden aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz werden die in das Datenbanksystem eingepflegten Datensätze so aufbereitet, dass zusammenhängende Substanz- und Sensorik-Muster automatisch identifiziert werden können.

Die verwendeten IT-Verfahren erlernen die Mustererkennung zunächst anhand von Schokoladenproben, deren chemische und sensorische Profile bekannt sind. Dies erlaubt eine ständige Optimierung des Verfahrens, um letztendlich die Schokoladenqualität, die Ver-

braucherakzeptanz sowie die sensorische Empfindung einzig anhand des chemischen Profils zuverlässig vorherzusagen. Es ist bereits gelungen, sensorisch herausragende Eigenschaften bei verschiedenen Weißweinen eindeutig einem bestimmten Muster an chemischen Substanzen zuzuordnen.

Für die Sicherheit: Sprengstoffdetektoren

Ein anderes Beispiel intelligenter Sensortechnik kommt aus Wachtberg südlich von Bonn vom Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie FKIE. Es soll künftig dabei helfen, Sprengstoff aufzuspüren. Empfindlichen elektronische Nasen nehmen die Geruchsfährte des Sprengstoffs auf. Das System verknüpft die Daten mit den Bewegungen der Menschen – und entlarvt Verdächtige.

Das Szenario: Hunderte von Menschen drängen sich am Flughafen zwischen Terminal A und B. Unter die Menge haben sich zwei Terroristen gemischt. In ihren Jackentaschen tragen sie kleine Behälter mit Chemikalien – Einzelkomponenten für einen Sprengstoff. Um die Sicherheit der Fluggäste zu gewährleisten, wird der Besucherstrom nicht nur von Kameras beobachtet, sondern auch von Sensoren beschnüffelt. Die chemischen Nasen sind in der Korridorwand versteckt. Trägt jemand Sprengstoff daran vorbei, schlägt der Geruchssensor Alarm. Ein Wachtposten sieht die Warnung auf einem Überwachungsschirm. Zum jetzigen Zeitpunkt kann er zwar noch nicht bestimmen, welche der Personen gefährliche Chemikalien bei sich haben. Doch das Sensornetzwerk „schnüffelt“ den Verdächtigen hinterher.

Dieses Szenario haben die Forscher mit Hilfe eines Prototyps nachgestellt. HAMLeT nennen die Wissenschaftler das Sicherheitsassistenzsystem, kurz für „Hazardous Material Localization and Person Tracking“. Ein Netzwerk aus hochempfindlichen Geruchs-

sensoren verfolgt die Spur des Sprengstoffs: Auf den Chips der Sensoren befinden sich zum Beispiel Schwingquarze. Diese fangen chemische Moleküle ein und verändern dabei ihre Schwingfrequenz, für jede Substanz in einer charakteristischen Art und Weise – mit Physik Chemie erschnüffeln. Eine weitere Komponente, die Sensordatenfusion, sorgt dafür, dass die Spur des Sprengstoffs mit der richtigen Person in Verbindung gebracht wird. Deshalb ist ein zweites Sensornetzwerk notwendig, das den Weg der Personen nachvollzieht. Dafür verwenden die Forscher Laser-scanner, die ermitteln, wann und wo sich eine Person aufhält. Hinter dieser Sensordatenfusion stecken komplexe Algorithmen. Mit ihrer Hilfe liefert HAMLeT ein genaues Abbild der Personenströme und ordnet gefährliche Stoffe den Personen zu.

Mittlerweile ist es den Forschern am FKIE bereits gelungen, bei einem Bundeswehrversuch fünf „Terroristen“ mit verstecktem Sprengstoff zu entlarven. Derzeit arbeiten die Wissenschaftler daran, die Algorithmen des Prototyps zu verfeinern und die Fehlalarm-Rate zu senken.

Erschnüffeln: egal ob Drogen oder Sprengstoffe

Den elektronischen Nasen ist es egal, ob sie nun Sprengstoff- oder Drogenspuren erschnüffeln sollen. Hauptsache ist, sie werden darauf trainiert – siehe folgende Bonner Entwicklung. Einen nimmermüden elektronischen Drogen-Spürhund (Abbildung 1) wollen Wissenschaftler der Universität Bonn und der Forschungsgesellschaft für Angewandte Naturwissenschaften (FGAN) konstruieren.

Kern der Sensoren sind auch hier Quarzmikrowaagen. Eine solche Waage besteht aus einem kleinen Goldplättchen, das mit einer hauchdünnen „Leimschicht“ benetzt ist, Fängermolekülen, die mehr oder weniger spezifisch für bestimmte Stoffe sind. An dieser Schicht bleiben kleine Mengen

der Droge oder des Sprengstoffs haften. Das Goldplättchen wird dadurch etwas schwerer. Diese Gewichtsveränderung lässt sich messen. Dazu versetzt man das Goldplättchen mit einem kleinen Quarz in Schwingung. Am besten klappt das bei der Resonanzfrequenz des Plättchens. Bleiben Moleküle daran kleben, wird es durch das höhere Gewicht ein wenig träger: Seine Resonanzfrequenz nimmt ab. Für die Spurenanalytik in Luft muss eine möglichst hohe Grundfrequenz (ca. 200 MHz) eingesetzt werden.

Die große Herausforderung im aktuellen Gemeinschaftsprojekt besteht einerseits in der chemischen Beschichtung der Quarzmikrowaagen. Der „Leim“ soll nämlich möglichst so spezifisch sein, dass er nur die gewünschten Moleküle festhält. Da unter realen Bedingungen sehr viele unterschiedliche Substanzen in unserer Umgebungsluft sind, schaltet man mehrere Quarzmikrowaagen mit verschiedenen Fängermolekülschichten, etwa speziellen Polymeren, zu einer elektronischen Nase zusammen (Abbildung 2).

Ein Prototyp einer derartigen elektronischen Nase existiert bereits. Sie spricht auf kleinste Mengen von Triaceton-Triperoxid (TATP) an, einer Substanz, fast so explosiv wie TNT und aus haushaltsüblichen Chemikalien herstellbar. TATP kam beispielsweise 2005 bei dem Anschlag in London zum Einsatz.

TNT per Charge transfer finden

Das Problem beim Nachweis von Explosivstoffen wie Trinitrotoluol (TNT) ist ihre ausgesprochen geringe Flüchtigkeit. Das ist auch eins der Probleme, mit dem man sich bei der Entwicklung der Fängersubstanzen für oben geschilderte Quarzmikrowaagen kümmern muss. Einen anderen Lösungsansatz verfolgen daher Wissenschaftler um Fernando Patolsky von der Universität Tel Aviv. Sie bauten ihren Sensor auf dem Prinzip eines Nano-Feldeffekt-Transistors auf.

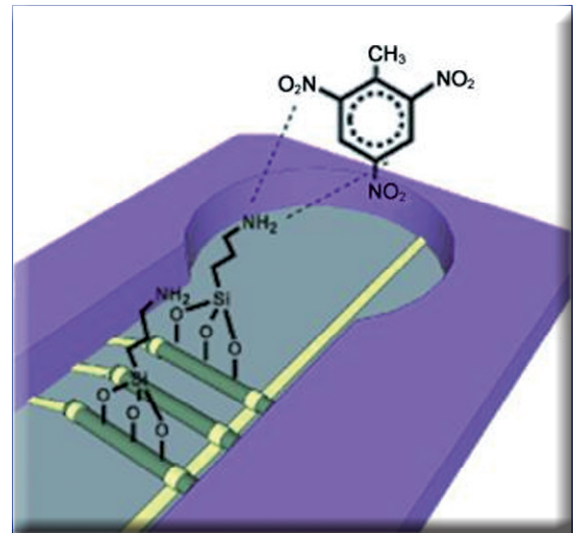


Abbildung 3: Ein neuer Sensor für Explosivstoffe baut auf dem Prinzip eines Nano-Feldeffekt-Transistors auf. Trinitrotoluol (oben) bildet Charge Transfer-Komplexe mit den Aminogruppen des Sensors aus (Abb.: Patolsky).

Anders als ein stromgesteuerter klassischer Transistor wird ein Feldeffekt-Transistor durch ein elektrisches Feld geschaltet. Als Herzstück wählten sie Nanodrähte aus dem Halbleitermaterial Silizium. Diese beschichteten sie mit einer molekularen Schicht aus speziellen Siliziumverbindungen, die Aminogruppen (NH_2) tragen (Abbildung 3). TNT-Moleküle binden an diesen Aminogruppen in Form von Charge transfer-Komplexen. Dabei werden Elektronen von den elektronenreichen Aminogruppen auf das elektronenarme TNT übertragen. Diese veränderte Ladungsverteilung an der Oberfläche der Nanodrähte moduliert das elektrische Feld und führt zu einer abrupten Änderung der Leitfähigkeit der Nanodrähte, was sich leicht messen lässt.

Um das Signal/Rauschen-Verhältnis zu verbessern und damit die Empfindlichkeit zu erhöhen, statteten die Wissenschaftler ihren Chip mit einer Anordnung aus ca. 200 einzelnen Sensoren aus. Sowohl flüssige als auch gasförmige Proben lassen sich damit ohne vorherige Aufkonzentrierung oder sonstige Probenvorbereitung mit bisher unerreichter Empfindlichkeit analysieren. Die Entwickler konnten Konzentrationen bis hinunter zu 0,1 ppt (parts per tril-

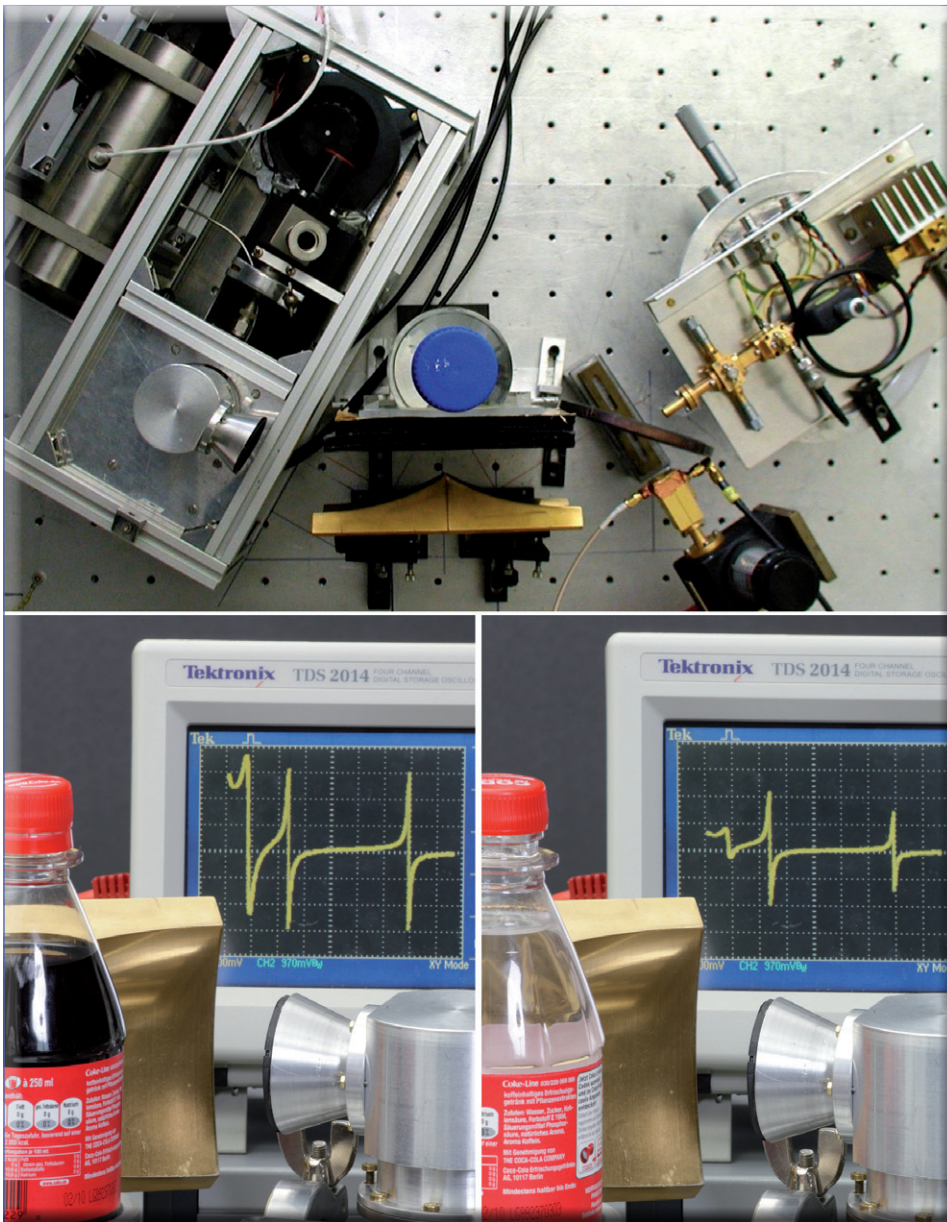


Abbildung 4: Der experimentelle Aufbau zeigt den Prototypen des Flüssigkeits-Detektors oben links im Bild, rechts die Lichtquelle und in der Mitte die untersuchte Flüssigkeit in einer Flasche. Die Meßsignale von harmloser Cola und von brennbarem Benzin unterscheiden sich deutlich (Bilder unten; Abb.: FZ Jülich).

lion) analysieren. Der Sensor lässt sich durch Waschen schnell regenerieren und ist selektiv für TNT, andere verwandte Verbindungen reagieren nicht so.

Sensor oder Detektor: Flüssigkeiten unterscheiden – Handgepäckbestimmung lockern

Die Grenzen zwischen Sensoren und Detektoren sind eher pragmatischer Natur und fließend. Letztlich ist es wohl die relative Kleinheit, die einen Sensor auszeichnet. Und klein ist auch ein Gerät, mit dem sich

Flüssigkeiten identifizieren lassen, aus denen Sprengstoffe gemischt werden können. Der Hintergrund: Im Handgepäck von Flugreisen sind wahrscheinlich ab 2013 wieder Flüssigkeiten, Pasten und Cremes in größeren Behältern erlaubt. Nach Mitteilung der EU-Kommission sollen ab dem Jahr 2013 alle Flughäfen in Europa über Kontrollgeräte verfügen, die zwischen harmlosen Flüssigkeiten, Pasten bzw. Cremes und potenziell gefährliche Substanzen z.B. Flüssigsprennstoff bzw. Substanzen aus denen Sprengstoff gemixt

werden könnten, differenzieren können.

Vielleicht kommt dabei ja auch ein Gerät zum Einsatz, das Physiker am Forschungszentrum Jülich entwickelt haben. Sie stellten vor einiger Zeit den Prototypen eines neuen Detektors vor, der zuverlässig und schnell zwischen Flüssigsprennstoff und harmlosen Substanzen unterscheiden kann.

Grundlage für den Jülicher Sprengstoffdetektor ist eine spezielle spektroskopische Methode. Ihr Trick: Sie misst nicht nur über einen eng begrenzten Teil des elektromagnetischen Spektrums. Das Detektorsystem ermittelt vielmehr innerhalb von nur 200 Millisekunden die charakteristische Absorptionssignatur einer Flüssigkeit über einen breiten Frequenzbereich von wenigen Gigahertz bis zu einigen Terahertz. So kann bei jeder Messung ein detaillierter molekularer Fingerabdruck erstellt werden, der einen zuverlässigen Vergleich mit Referenzdaten gefährlicher Flüssigkeiten ermöglicht.

Das Herz des Hilbert-Spektrometers ist ein neuartiges nanoelektronisches Bauelement, ein Josephson-Kontakt. Er fungiert als hochempfindlicher, ultraschneller und breitbandiger Sensor und wandelt computergesteuert das aufgenommene Spektrum in ein elektrisches Signal um, mit dem verdächtige Flüssigkeiten angezeigt werden können. Die Funktion des Sensors basiert auf dem Wechselstrom-Josephson-Effekt. Der Josephson-Effekt ist ein physikalischer Effekt, der den Tunnelstrom zwischen zwei Supraleitern beschreibt.

Die Jülicher Forscher demonstrierten erfolgreich, dass ihr System schnell und zuverlässig so unterschiedliche Flüssigkeiten wie Wasser, Ethanol, Methanol, Propanol und Azeton erkennen kann.

Mikroben als Sensoren

In diesem Artikel wird nicht auf die vielfältigen Biochips eingegangen, die sicherlich auch Aufgaben der Sensorik übernehmen. Allerdings gibt es Sensoren, deren

„Messwertaufnehmer“ biologische Systeme sind, Kleinstlebewesen. Und auch damit lassen sich u.a. Sprengstoffe aufspüren...

Tiere vom Fadenwurm bis zum Menschen nehmen ihre chemische Umwelt über spezielle Riechrezeptoren wahr. Vereinfacht gesagt binden dabei Stoffmoleküle an einen genau passenden Riechrezeptor, was eine ganze Signalkette ablaufen lässt. Die Molekülbindung wird in ein elektrisches Signal umgewandelt, das über die Nerven ins Gehirn gelangt, wo die Geruchsempfindung ausgelöst wird. Viele Tiere haben ein feineres Gespür für Gerüche als der Mensch, zum Beispiel die Ratte.

US-amerikanischen Wissenschaftlern von der Temple University School of Medicine in Philadelphia ist es nun unter Mitarbeit von Dr. Tassula Proikas-Cezanne vom Interfakultären Institut für Zellbiologie der Universität Tübingen gelungen, eine Genbank von solchen Riechrezeptoren der Ratte und einen Teil des Signalwegs in Zellen der Bäckerhefe (*Saccharomyces cerevisiae*) einzusetzen. In dem Einzeller, der schließlich auch kein Gehirn hat, wurde der Signalweg einfach mit einem Protein verbunden, das bei Anregung grün fluoreszierendes Licht ausstrahlt. Dann suchten die Wissenschaftler nach Rezeptoren, die chemische Waffen detektieren können. Hierbei identifizierten sie Olfr226, einen neuartigen Rattenrezeptor, der den Sprengstoff Dinitrotoluol riechen kann. Bringt man diesen Stoff an die Hefezellen heran und beobachtet das Ganze unter dem Mikroskop, dann gibt es ein grünes Leuchten.

Die Bäckerhefe wurde auch deswegen für die Versuche verwendet, weil sich die Forscher mit ihrem Genom gut auskennen, es ist eine Art Modellorganismus. Die Methode, den Hefezellen die Gene für einen Riechrezeptor einzusetzen, lässt sich nun sowohl nutzen, wenn schon bekannt ist, welche Stoffe ein Rezeptor bindet, als auch, wenn man die Hefezellen erst nach Einbau eines solchen Re-

zeptors an verschiedenen Stoffen schnüffeln lässt. Auf diesem Weg lässt sich der Rezeptor klassifizieren. Die Idee dahinter ist, das Verfahren so weiter zu entwickeln, dass man die Hefezellen auf einen Träger aufbringt und sie in einem Detektionsgerät nutzen kann, das viele Gerüche erkennt.

Bakterien und Säugetierzellen testen Trinkwasser

Ein weiteres Beispiel vom Einsatz von Sensoren auf biologischer Basis findet man in der Wasseranalytik. Trinkwasser ist eines der am strengsten überwachten Lebensmittel. Dennoch ist auch das Versorgungsnetz nicht gegen Unfälle, Verschleiß oder gezielte Anschläge gefeit. Ein minutenschnelles Warnsystem für Gifte und andere gesundheitsschädliche Stoffe im Wasser soll sofort Alarm schlagen, wenn Gefahr droht.

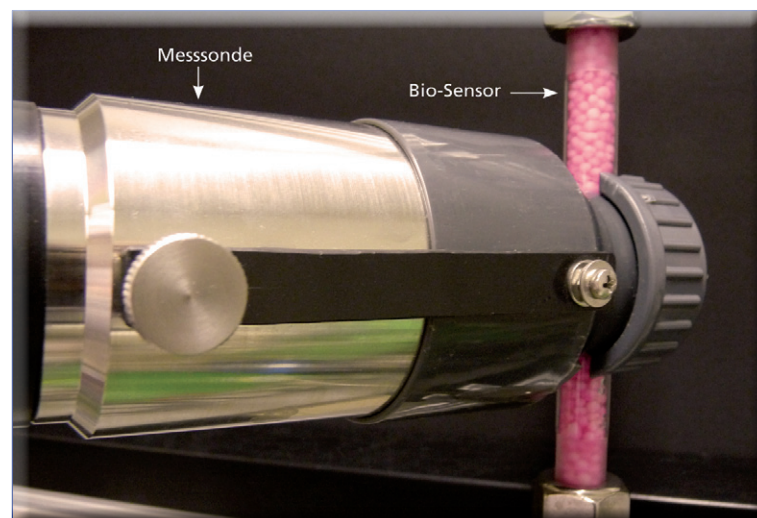
Ergänzend zur gängigen Analytik entsteht jetzt im Projekt „AquaBioTox“ ein System für eine ständige Trinkwasserüberwachung in Echtzeit. Derzeit beschränken sich die in der Trinkwasserverordnung vorgeschriebenen Untersuchungen meist auf Stichproben, die oft erst nach Stunden Ergebnisse liefern und stets auf bestimmte Substanzen zugeschnitten sind. Herzstück des AquaBioTox-Systems ist hin-

gegen ein Biosensor, der auf ein breites Spektrum potenziell gefährlicher Substanzen reagiert und bereits nach wenigen Minuten anspricht (Abbildung 5). Er arbeitet nach dem Vorkoster-Prinzip: Von der Hauptleitung wird etwas Trinkwasser in einer abzweigenden Fallstrecke durch den Sensor geleitet, der zwei verschiedene Bakterienstämme sowie Säugetierzellen enthält.

Während die mikroskopisch kleinen Bakterien durch ihre große Oberfläche einen raschen Stoffaustausch gewährleisten und innerhalb von Minuten auf toxische Substanzen reagieren, sichern die Säugetierzellen durch ihre Verwandtschaft zum menschlichen Organismus das Ergebnis ab und erweitern gleichzeitig das Reaktionsspektrum. Wissenschaftler vom Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB in Stuttgart haben verschiedene Stoffklassen getestet, die im Wasser vorkommen könnten, dies aber nicht tun sollten, und bislang hat der Sensor auf jede dieser Substanzen reagiert.

Die Mikroorganismen im Sensor wurden so verändert, dass sie ein rot fluoreszierendes Protein erzeugen. Kommen sie mit toxischen Stoffen in Berührung, verändert sich die Fluoreszenz. Ein

Abbildung 5: Ein System für die Trinkwasserüberwachung. Kommen die Mikroorganismen im Biosensor mit toxischen Stoffen in Berührung, so ändern die rot fluoreszierenden Bakterien im Glasrohr ihre Farbe. Die Messsonde zeigt die Fluoreszenzintensität an (Abb.: Fraunhofer IGB).



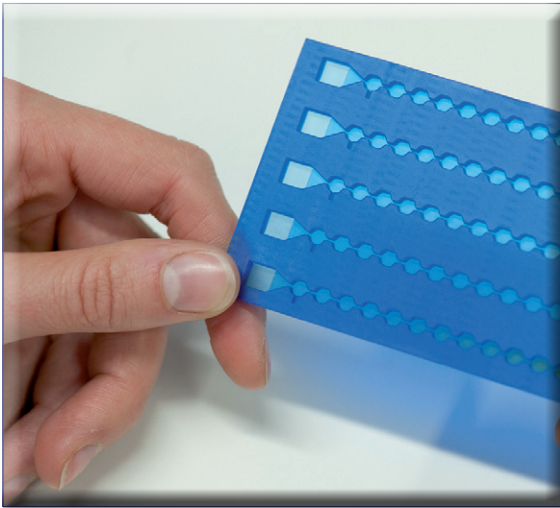


Abbildung 6: Auf dieser Plastikkarte transportieren die magnetischen Nanopartikel die Pathogen-DNA in die Detektionskammern (rechts). Hier ein Prototyp der Karte für den schnellen Sepsistest (Abb.: Fraunhofer IZI).

am Karlsruher Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB entwickeltes, hochsensitives Kamerasystem mit Auswerteeinheit registriert selbst kleinste Veränderungen der Fluoreszenz und bewertet diese automatisch. Und jetzt kommt wiederum – wie bei der Auswertung vieler einzelner Sensoren bei den elektronischen Nasen – künstliche Intelligenz zum Einsatz: Die Überwachungseinheit lernt mittels maschineller Lernverfahren aus historischen Daten, welche Schwankungen der physikalischen, chemischen und biologischen Parameter normal sind. Zeigt sich ein auffälliges Muster in den Signalen, schlägt es Alarm. Der Biosensor reagiert auf kleinste Mengen gefährlicher Substanzen, und das ist wichtig: Klassische Gifte wie Cyanid oder Rizin, aber auch Pflanzenschutzmittel oder toxische Stoffwechselprodukte von Bakterien können in Konzentrationen von Nanogramm pro Liter tödlich sein.

Um den Biosensor dauerhaft betreiben zu können, müssen optimale Lebensbedingungen für die Mikroorganismen sichergestellt werden. Die Forscher vom IOSB haben dafür ein System entwickelt, das automatisch wichtige Parameter wie Temperatur

und Nährstoffzufuhr überwacht und regelt. Weiterer Bestandteil des Aqua-BioTox-Systems ist ein Daphnien-Toximeter des Kieler Projektpartners bbe Moldaenke – die Wasserflöhe reagieren besonders sensibel auf Nervengifte. Das Monitoringsystem wird derzeit in einer stillgelegten Leitungsstrecke auf dem Gelände der Berliner Wasserbetriebe getestet.

Ein komplexer Biosensor

Wie komplex heutige Sensorysysteme sind zeigt auch das letzte Beispiel dieses Artikels, der hoffentlich aufgrund der Auswahl doch die außerordentlich fachübergreifende Arbeit und die damit verbundenen Trends heutiger Sensorentwicklung zeigt. Jetzt geht es um einen Sepsis-Sensor.

Die Blutvergiftung wird oftmals unterschätzt: Sie ist die dritthäufigste Todesursache in Deutschland. Hierzulande sterben jährlich rund 60 000 Menschen an einer Sepsis, fast ebenso viele wie am Herzinfarkt. Patienten, die mit einer Blutvergiftung auf die Intensivstation kommen, haben nach Angaben des Kompetenznetzes Sepsis nur eine rund 50-prozentige Überlebenschance. Eine der Ursachen für die hohe Sterblichkeitsrate liegt in der falschen Behandlung durch die späte Diagnose. Arzt und Patient mussten bislang oft bis zu 48 Stunden auf die Analyse aus dem Labor warten.

Künftig wird eine neue, mobile Diagnostik-Plattform für eine schnelle, kostengünstige Infektionsdiagnostik bereits während des Transports ins Krankenhaus sorgen. „MinoLab“ besteht aus einer kreditkartengroßen Plastikkarte, die auf ein Analysegerät gesteckt wird, das kleiner als ein Notebook ist. Das System soll Ergebnisse in weniger als einer Stunde liefern und so eine lebensrettende Therapie ermöglichen. Es basiert auf magnetischen Partikeln, die an den zu untersuchenden Zellen in einer Blutprobe andocken und das System vollautomatisch per Magnetkraft durchlaufen. Am Ende des Prozesses erfolgt

die Diagnose per Magnetsensorik. Entwickelt wird MinoLab derzeit im gleichnamigen BMBF-Projekt vom Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie IZI in Leipzig in Kooperation mit der Fraunhofer-Ausgründung Magna Diagnostics. Weitere Projektpartner sind das Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM in Berlin, Siemens, Dice, microfluidic ChipShop und das Austrian Institute of Technology.

Das Prinzip des Sepsis-Sensors: Nach der Blutentnahme binden magnetische Nanopartikel über spezifische Fängermoleküle an die Zielzellen in der Blutprobe. Über einen Magneten werden die Partikel samt Krankheitserreger auf die Plastikkarte überführt und durch verschiedene miniaturisierte Reaktionskammern bewegt. Dort erfolgt die Polymerase-Kettenreaktion, eine Methode, um selbst geringste DNA-Sequenzen von Pathogenen millionenfach zu kopieren.

Nach erfolgter Vervielfältigung transportieren die Nanopartikel die Pathogen-DNA weiter in die Detektionskammer, in der ein neuartiger magneto-resistiver Biochip Krankheitserreger sowie Antibiotikaresistenzen erkennen kann. Sämtliche Reaktionen – von der Probenaufbereitung über die Zielmolekülisolation bis zum Nachweis – erfolgen dabei berührungsfrei und vollautomatisch. Der Routinebetrieb für den Laboranten wird damit deutlich vereinfacht. Zudem sinkt das Risiko einer Kontamination durch Bakterien, die über die Umwelt eingeschleust werden und einen Fehlalarm auslösen. Durch die Kombination von magnetischen Nanopartikeln und neuartiger Mikrofluidik man nicht nur Zeit. Durch die Miniaturisierung entfällt zusätzlich ein umfangreicher apparativer Aufwand.

Den Experten ist es bereits gelungen, die Sepsiserreger mit Hilfe magnetischer Nanopartikel zu isolieren und nachzuweisen. Bis die Diagnoseplattform als Prototyp einsatzbereit ist dürften aber nach Einschätzung der Wissenschaftler noch rund zwei Jahre vergehen. RK



Noch viel Entwicklungsarbeit nötig

Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen differenziert betrachten

Nachwachsende Rohstoffe können einen Beitrag als Grundlage der Konsumgüterproduktion leisten. Die Einsatzmöglichkeiten sind bislang aber sehr begrenzt. Nicht immer sind machbare Lösungen dieser Art auch ökonomisch und auch ökologisch sinnvoll. Ausschließende Faktoren zum Einsatz nachwachsender Rohstoffe sind zum Beispiel die für ihre Herstellung erforderliche Energie bzw. Überlegungen, welchem anderen sinnvollen Einsatz sie dafür entzogen werden.

So in etwa lässt sich das Fazit aus dem Vortrag formulieren, den Prof. Stefan Mecking Anfang März am Institut Dr. Flad im Rahmen der 15. Stuttgarter Chemietage hielt. Der Wissenschaftler, der seit 2004 den Lehrstuhl für chemische Materialwissenschaft der Universität Konstanz innehat, gab zunächst einen Überblick über nicht-regenerative und regenerative Ressourcen. Interessant: Je weiter die Zeitskala voranschritt, desto größer wurden

die Ressourcen von Erdöl in der Vergangenheit (Abbildung 1). Das ist jedoch keine Zauberei. Darin kommt einmal zum Ausdruck, dass moderne Technologien die Ausbeute von Erdölfeldern erlaubt, an die man früher nicht im Traum gedacht hat. Zudem verteuerte sich das Erdöl im Laufe der Zeit erheblich, sodass Abbaumöglichkeiten rentabel sind, die früher als nicht abbauwürdig erachtet wurden.

Die Dimensionen des Erdölverbrauchs sind gigantisch. Seit 2005 liegt die jährliche Förderung bei knapp unter vier Milliarden Tonnen! Der weitaus größte Teil davon geht in den Verkehr bzw. wird verheizt; nur sieben Prozent landen als Rohstoff in der chemischen Industrie.

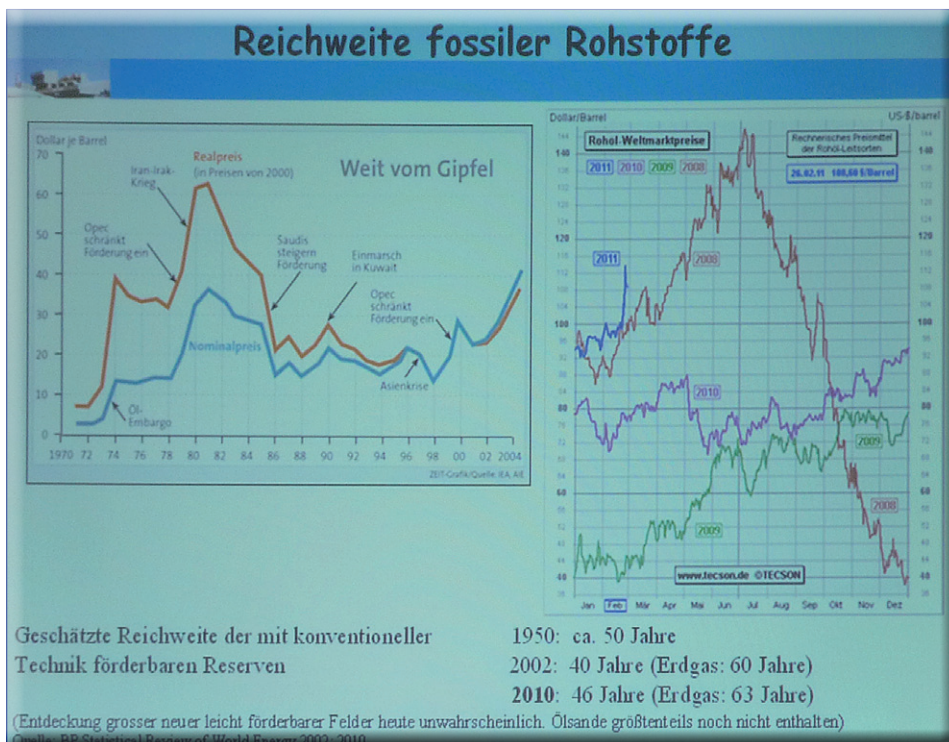
Diese benötigt in Deutschland zur Zeit jährlich rund 20 Millionen Tonnen an kohlenstoffhaltigen Rohstoffen. Auf Öl entfallen dabei 76 Prozent, auf Kohle zwei Prozent, und auf nachwachsende Rohstoffe genausoviel wie auf Erdgas, nämlich jeweils elf Prozent.

Grundsätzlich liegt genügend Biomasse für Rohstoffe vor: Weltweit produziert die Natur jährlich etwa 170 Milliarden Tonnen! Einiges davon findet auch den Weg in die Produktion, insbesondere für die Herstellung von Papier. Diesen Stoff von vorn herein als umweltschonend – da ressourcenschonend – zu benennen ist jedoch vorschnell. So stellte Mecking klar: Polyethylen-Tragetaschen benötigen bei der Herstellung weniger Energie als Papiertragetaschen, verursachen dabei zudem weniger umweltbelastende Emissionen. Mit ein Grund ist der energieaufwändige Weg der Papierherstellung, der meist über das Sulfatverfahren (auch Kraft-Aufschluss genannt) zur Gewinnung der Cellulose erfolgt. Polysaccharide – zu denen auch Cellulose gehört – lassen sich auch zu Kunststoffen verarbeiten. Immer noch hätte man jedoch mit Kosten- wie auch ökologischen Problemen im direkten Vergleich zu Erdölprodukten zu kämpfen.

Grundsätzlich ließen sich auch Kunststoffe über Polyhydroxybutyrat (PHB) erzeugen. PHB gehört zur Stoffgruppe der thermoplastischen Polyester; es wird in einer Vielzahl von Mikroorganismen als Speicherstoff angereichert. PHB kann nach der Isolierung aus den Bakterienzellen thermoplastisch verarbeitet werden. Es ist ein aus erneuerbaren Rohstoffen fermentativ herstellbarer Polyester, mit Eigenschaften ähnlich denen des petrochemisch erzeugten Kunststoffes Polypropylen. Schon in den 80er Jahren hätte ICI solchermassen hergestellte Kunststoffe kommerzialisiert; in Deutschland hätte es eine Shampooflasche daraus gegeben. 1998 – nach einer Übernahme durch Monsanto – sei die Produktion eingestellt worden.

Problematisch sind zur Zeit noch die relativ hohen Produktionskosten, die immer noch über denen der petrochemisch synthetisierten

Abbildung 1: Die Reichweite fossiler Rohstoffe wurde immer wieder korrigiert (Fotos: RK).



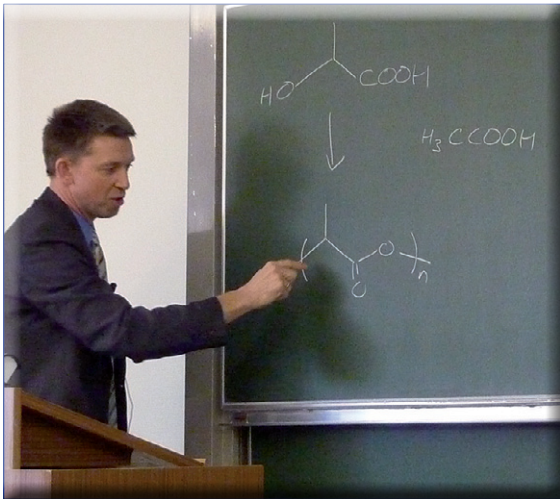


Abbildung 2: Essigsäure wirkt als Stopper bei der Milchsäure-Polymerisation, erklärt Prof. Dr. Stefan Mecking.

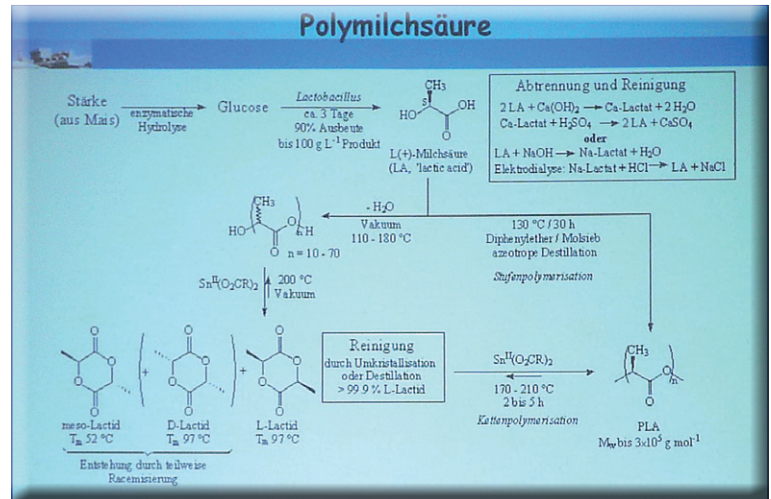


Abbildung 3: Der Weg von der Stärke zur Polymilchsäure.

Kunststoffe liegen und mangelhafte Materialeigenschaften von Produkten aus PHB. Dennoch gibt es wieder neue Produktionen, etwa von der Firma Biomer in München, die daraus biologisch abbaubare Feuerwerkskörper herstellt. Eine größere Anlage mit einer Kapazität von 50 000 Jahrestonnen betreibt seit 2010 die Metabolix Inc. in den USA.

Auch Polyester-Kunststoffe lassen sich aus nachwachsenden Rohstoffen erzeugen. Der Weg dazu führt über die Polymilchsäure (kurz PLA, vom englischen Wort polylactic acid). Wie Mecking in Tafelskizzen deutlich machte (Abbildung 2), erfolgt bei der Synthese von PLA eine „Veresterung mit sich selbst“. Das setze eine Reinheit des Monomeren von 99,99 Prozent voraus, da Essigsäurereste als Stopper wirkten und die Veresterung verhinderten. Immerhin gebe es seit 2002 eine großtechnische Produktion von PLA aus Mais (Abbildung 3) bei dem Unternehmen Chargill. Die Anlage hätte eine Leistung von 140 000 Jahrestonnen und stünde in Nebraska. Preislich komme die Polymilchsäure so langsam an Massenkunststoffe heran: Pro Kilogramm PLA seien etwa 2,40 Euro zu zahlen; PET koste etwa einen Euro pro Kilogramm. Zu diesem Preisnachteil gegenüber petrochemisch hergestellten Produkten gesellen sich auch ökologische Nachteile. So sei die Energiebilanz der petrochemischen Produkte besser. Bei den nach-

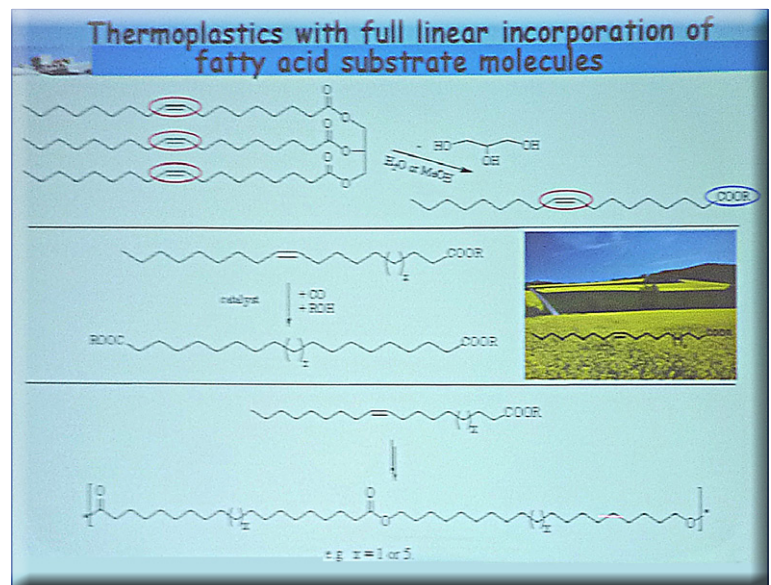
wachsenden Rohstoffen müssten ja auch eingesetzte Ressourcen für Düngung etc. betrachtet werden. Zudem würde aus Polyethylen weniger Kohlendioxid freigesetzt als aus Polymilchsäure.

Die eigene Forschung von Mecking zu nachwachsenden Rohstoffen betreffe u.a. Öle, speziell Rapsöl. Dieser Rohstoff ist nicht billig, kostet er doch rund 500 Euro pro Tonne. Zum Vergleich: Kohle kostet etwa 30, Lignin weniger als 50 Euro pro Tonne. Daher kommt es darauf an, den Rohstoff so gut wie möglich zu nutzen, und hier hat die Arbeitsgruppe von Stefan Mecking – der bislang übrigens schon etwa 20 Patente anmeldete – einen Erfolg zu verbuchen: Man kann die gesamte Länge der eingesetzten Fettsäuremoleküle nutzen. Das war bislang nicht der Fall, da diese Moleküle in der Mitte eine Doppelbindung besitzen. Solche reaktionsfreudigen Bindungsteile sind zwar nötig, wenn man Einzelbausteine zur Polymerisation bringen will – nur in der Mitte einer langen Kette sitzt die

Doppelbindung unpassend. Bisherige Methoden haben nur das halbe Molekül bis zur Doppelbindung umgesetzt.

Mit Hilfe eines phosphorhaltigen Palladium-Katalysators, der eine „völlig verrückte Reaktion“ unterstütze, sei es nun in Konstanz gelungen, die Doppelbindung an das Ende des Moleküls unter Umsetzung zu einer Estergruppe zu verlegen (Abbildung 4). Man habe festgestellt, der Katalysator laufe die Kette „rasend schnell rauf und runter“. So ließen sich die Moleküle von Molekülende zu Molekülende zu sehr guten Kunststoff-Strukturen umsetzen. Allerdings befänden sich die Arbeiten noch im Bereich der Grundlagenforschung. Rolf Kickuth

Abbildung 4: Ein Katalysator hilft, Rapsöl komplett in Polymerprodukte umzusetzen.



Fahrzeugsteuerung mit Brain Computer-Interface

**Zu CLB 11-12/2007, 427-439:
Maschinenbedienung: Vom
Hebel zum Gedankenimpuls**

Informatiker der FU Berlin um Raul Rojas haben ein System entwickelt, das Autofahren mit Gedankensteuerung ermöglicht. Mit neuen handelsüblichen Sensoren zur Messung von Gehirnströmen haben die Wissenschaftler bei

einer Testperson gemessen, welche bioelektrischen Wellenmuster für Steuerbefehle wie „links“, „rechts“, „beschleunigen“ oder „bremsen“ unterschieden werden können. Mit diesen Kenntnissen ließ sich eine Computerschnittstelle (BCI, Brain Computer Interface) programmieren. So kann über die Sensoren ein Fahrzeug gesteuert werden, das sonst übrigens dafür ausgelegt ist, vollständig automatisch zu fahren.

Die Wissenschaftler haben die Sensoren zur Messung der Gehirnströme zunächst so genutzt, dass ein Mensch mit der Kraft seiner Gedanken einen virtuellen Würfel in verschiedene Richtungen bewegen kann. Die Testperson denkt dabei an vier Situationen, die klar mit einer Fahraktion assoziiert sind, zum Beispiel „nach links fahren“ oder „beschleunigen“. Auf diese Weise trainiert der Mensch den Computer, die von seinem Gehirn ausgesandten bioelektrische Wellenmuster zu interpretieren und mit einem Befehl zu verbinden, mit dem später das Auto gesteuert werden kann. Das Messgerät haben die Informatiker mit der Lenkung, dem Gaspedal und der Bremse eines computergesteuerten Fahrzeugs gekoppelt.

Bei den Testfahrten konnte ein mit BCI-Steuerung ausgestatteter Fahrer das Auto problemlos kontrollieren. Bei einer zweiten Testvariante fuhr das Auto weitgehend automatisch; der Fahrer konnte jedoch über die EEG-Sensoren an Kreuzungen die gewünschte Abbiegerichtung vorgeben. An einen Einsatz in Serienprodukten ist derzeit jedoch nicht zu denken. Die Entwickler wollen sich zuvor einer Quote von richtiger Funktion zu fehlerhafter von mindestens eins zu hundert Millionen sicher sein, um in Serie gehen zu können.



Die Gedanken-Steuerung wurde vom Projekt „Autonomos Labs“ an der FU Berlin entwickelt, wo man an unbemannt fahrenden Roboter-Autos arbeitet. Das Testfahrzeug orientiert sich die meiste Zeit über mit Laser, Radar und GPS (siehe Dachaufbauten). An Verzweigungen und Kreuzungen kann dann der Mensch über das ca. 300 Euro teure Hirnstrom-Lesegerät die Richtung vorgeben (Abb.: FU Berlin).

Avogadro-Konstante mit angereichertem Silicium-28 bestimmt

**Zu CLB 04/2008, 150-152:
Neudefinition des Kilo-
gramms: Kugel aus Reinst-
silicium oder Watt-Waage?**

Mithilfe eines Einkristalls aus hochangereichertem ^{28}Si ist jetzt die Avogadro-Konstante mit einer relativen Gesamtmessunsicherheit von $3 \cdot 10^{-8}$ so genau wie nie zuvor gemessen worden. Im Rahmen der Kilogramm-Neudefinition ermöglicht der Wert $N_A = 6,02214078(18) \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ die zurzeit genaueste Realisierung dieser Einheit. Das Ergebnis ist ein Meilenstein auf dem Weg zu einer erfolgreichen Darstellung der neuen Kilogrammdefinition auf der Basis einer in ihrem Wert festgelegten Fundamentalkonstanten. Zurzeit ist aber die Übereinstimmung dieses Wertes mit anderen Darstellungen des Kilogramm nicht gut genug, um die bestehende Definition der Masseinheit zu ändern. Der gegenwärtige Status des Avogadro-Projekts ist aber so vielversprechend, dass auf der Basis neuer Messungen mit verbesserten Kugelinterferometern an kontaminationsfreien Kugeln

in naher Zukunft die vom Beratenden Komitee für die Masse (CCM) verlangte Messunsicherheit von $2 \cdot 10^{-8}$ erreicht und voraussichtlich sogar unterschritten wird. Die beim Polierprozess entstandene unerwartet hohe metallische Kontamination der Kugeloberflächen mit Kupfer und Nicksiliciden wurde gemessen und ihr Einfluss auf die Ergebnisse von Kugelvolumen und -masse abgeschätzt, was zu einer höheren Messunsicherheit führte.



In der Silicium-Kugel des Avogadro-Experiments spiegelt sich eine Kopie des Kilogramm-Prototyps (Abb.: PTB).

Instrumentelle Analytik – Theorie und Praxis

Heinz Hug: *Instrumentelle Analytik – Theorie und Praxis*; 512 Seiten; Verlag Europa-Lehrmittel, Haan-Gruiten; 1. Auflage 2010; ISBN 978-3-8085-7211-5; 40, Euro.

Instrumente für die Analytik gab es schon zu der Zeit, als in den analytischen Laboratorien vorwiegend Maßanalysen und Gewichtsanalyse ausgeführt wurden. Erinnerung sei an gravimetrische Analysen mit Hilfe der Elektrolyse oder an kolorimetrische Analysen, die aufgrund der Erfindung der Selen-Fotozelle durch den Deutschen Bruno Lange (1931) möglich wurden. Als dann in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts in der Analytik vermehrt verschiedene Instrumente zum Einsatz kamen, bildete sich der Begriff instrumentelle Analytik heraus. Die instrumentelle Analytik gewann gegenüber der klassischen Analytik immer mehr an Bedeutung, und so blieb es nicht aus, dass im Laufe der Jahrzehnte in den in Englisch und Deutsch verfassten Lehrbüchern der analytischen Chemie die instrumentellen gegenüber den klassischen Methoden einen breiteren Raum einnahmen, mehr noch, es kamen Lehrbücher heraus, die sich nur der instrumentellen Analytik widmeten. Diese Büchergruppe hat nun durch die vorliegende Neuerscheinung einen beachtenswerten Zuwachs bekommen.

Es fällt sofort auf, dass das vorliegende Werk in der gleichen Art aufgemacht ist wie bereits im selben Verlag erschienene Fachbücher für Chemieberufe, z. B. *Chemietechnik* (9. Auflage) oder *Physikalische Chemie* (2. Auflage, ebenfalls von Heinz Hug): Nicht Hardcover (Festeinband), sondern Broschur (Softcover), dafür aber sehr viele farbige Abbildungen (über 500) sowie mit Farbflächen unterlegte Tabellen (75) und Textabschnitte. Sieht man beim Durchblättern des Buches etwas genauer hin, so bemerkt man die Übungsaufgaben am Ende von jedem der neun Kapitel. Die Lösungen zu den Aufgaben stehen auf 34 Seiten vor dem acht Seiten umfassenden Sachwortverzeichnis. Sogar die beiden inneren Umschlagseiten des Buches wurden genutzt, hauptsächlich für Tabellen mit Formelzeichen und Größen.

Der Untertitel des Buches lautet „Theorie und Praxis“. Das erste Kapitel behandelt vorwiegend Grundlagen für weitere Kapitel, nämlich Emission und Absorption elektromagnetischer Strahlung und ist für Leser bestimmt, die noch keine Kenntnisse über z. B. Frequenz, Wellenlänge usw., das Bouguer-Lambert-Beersche Gesetz sowie die Spektrenarten haben. Spätestens hier fällt auf, dass die Formelzeichen für Größen (z. B. c für Lichtgeschwindigkeit) der Vorschrift entsprechend kursiv gesetzt sind. Es fällt aber auch auf, dass es Aufgaben mit durchgerechneten Musterlösungen gibt – in diesem Kapitel sind es 13.

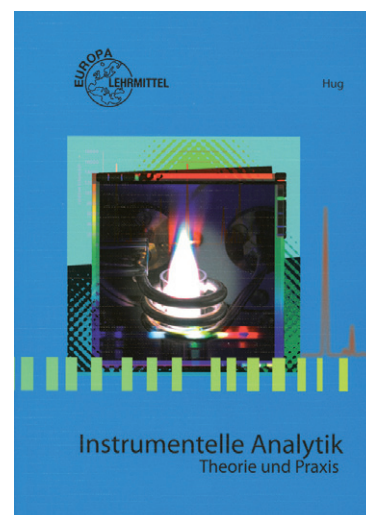
Nach dem einführenden Kapitel folgen die spektroskopischen bzw. spektrometrischen Methoden: UV/Vis-, Infrarot und Kernresonanz-Spektroskopie sowie Massenspektrometrie. Wer mit dem Durcharbeiten dieser Kapitel fertig ist, hat – wenn er auf die Seitenzahl schaut – rund die Hälfte des Buches geschafft.

Es folgt das Kapitel über Elektroanalytik. Wie bei allen Methoden-Kapiteln beschreibt der Autor auch hier zunächst die speziellen Grundlagen, z. B. Spannungsreihe, Nernstsche Gleichung und Verhalten von Ionen, dann die Methoden, hauptsächlich Elektrogravimetrie, Potentiometrie, Konduktometrie, Polarographie und Coulometrie. Das 8. Kapitel mit den Trennmethoden der instrumentellen Analytik ist mit nahezu 100 Seiten das umfangreichste Kapitel des Buches. Der Leser kann hier wieder die Grundlagen (z. B. den Nernstschen Verteilungssatz) lernen oder wiederholen und dann alle Methoden kennen lernen, in denen das Wort Chromatographie vorkommt. Auch die klassische Elektrophorese und die Kapillarelektrophorese werden hier behandelt.

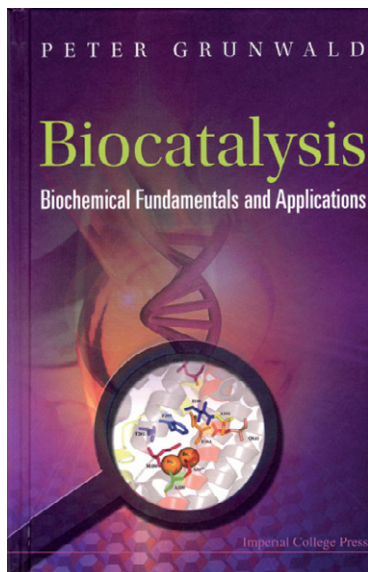
Im letzten, dem 9. Kapitel werden Themen behandelt, die vor und nach der Ausführung von instrumentellen Analysen wichtig sind, nämlich Probenahme, Probenvorbereitung, Qualitätsmanagement, Qualitätssicherung/Statistik und schließlich Methodvalidierung. Es kommen viele wichtige Themen vor, z. B. Präzision, Richtigkeit, Nachweisgrenze, Bestimmungsgrenze, Robustheit, Spezifität und Selektivität. Sogar an Regelkarten hat der Autor gedacht. Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass im Anhang auf 21 Seiten marktgängige Geräte vorgestellt werden. Die Fotos stammen natürlich von den Geräteherstellern, aber es handelt sich nicht um Anzeigen, denn die Beschreibungen hat der Autor angefertigt. So bekommt ein Neuling einen kleinen Eindruck von dem, was ihn in der Praxis erwartet.

Aus den vorstehenden Abschnitten geht hervor, dass das Buch einen umfangreichen Inhalt hat und gut ausgestattet ist. Sowohl die Grundlagen als auch die Anwendungen in der Praxis sind verständlich erklärt. Man merkt, dass der Autor vieljährige Erfahrung im Vermitteln von Wissen hat. Das Buch ist nicht nur für Anfänger geeignet, auch spezialisierte Praktiker können bei der Einarbeitung in ein anderes Gebiet Nutzen daraus ziehen. Man erhält sehr viel Gegenwert beim Kauf des Buches.

Reinhold Ellmer



Biokatalyse – Ein interdisziplinäres Gebiet mit weit reichenden Anwendungen



Peter Grunwald: *Biocatalysis: Biochemical Fundamentals and Applications*; 1052 Seiten; Imperial College Press, London 2009; ISBN 978-1-86094-744-5 ; 112 GBP (Hardcover; auch als Paperback erhältlich).

In 17 Kapiteln sehr unterschiedlicher Länge beschreibt die vorliegende Neuerscheinung sowohl die chemischen und biochemischen Grundlagen als auch die vielfältigen Anwendungen und Entwicklungen auf dem Gebiet der Biokatalyse.

Dem einführenden Kapitel mit einer Darstellung zu den interdisziplinären Grundlagen der Biotechnologie und zu Vorarbeiten biokatalytischer Verfahren folgen Angaben zur Geschichte der Biokatalyse (Kap. 2) sowie zur Klassifizierung von Enzymen (Kap.3). Kapitel 4 erläutert die Bedeutung von „Nicht-Protein Gruppen“ (Coenzymen; Metall-Ionen) bei der Biokatalyse. Ausführlich werden die Grundlagen der Kinetik und die Enzym-Kinetik (Kap. 5 und 6 auf 88 Seiten) sowie Mechanismen der enzymatischen Katalyse und Enzym-Modelle (7) beschrieben. Einem Kapitel über die nicht-ribosomale Synthese von Peptid-Antibiotika (8) folgen umfassende Ausführungen über die Herstellung und Verwendung von immobilisierten Biokatalysatoren, vor Allem von immobilisierten Enzymen (Kap. 9).

Kapitel 10 trägt die Überschrift „Struktur, Funktion und Anwendung von Enzymen“ und erstreckt sich als „Kern des Buches“ (laut Vorwort) über 442

Seiten; mit Unterkapiteln über Hydrolasen, über Glycosidasen, Glycosyl-Transferasen und die Verwendung von Glycokonjugaten. ferner über Biokatalysatoren für Redox-Reaktionen, dann über Lyasen (insbes. Aldolasen) und schließlich über Epimerasen und Racemasen sowie Transaminasen.

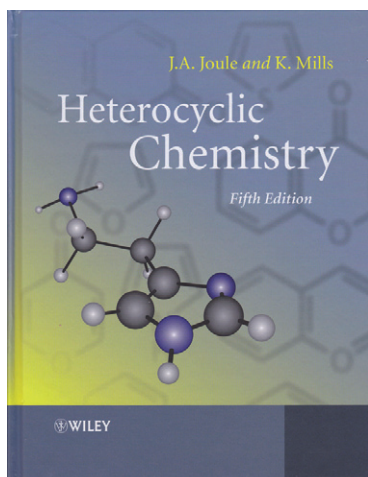
Von besonderem Interesse ist auch Kapitel 11 „Enzyme in nicht-konventionellen Medien“, wie organischen Lösungsmitteln und ionischen Flüssigkeiten. Verfahren zur Verbesserung bestimmter Eigenschaften von Biokatalysatoren (Protein-Design durch Anwendung gentechnologischer Methoden) und das „Engineering“ von Stoffwechsel-Wegen (Kap. 12 und 13) werden ebenfalls ausführlich besprochen.

Hervorzuheben ist, dass das vorliegende Werk auch ein Kapitel über „Katalytische Antikörper“ (14) und über Nucleinsäuren als Katalysatoren (15) enthält. Kapitel 16 (mit mehreren Tabellen) informiert über die Verwendung von Enzymen in wichtigen Industriezweigen, wie bei der Herstellung von Nahrungsmitteln, Getränken, Detergenzien, Textilien und Papier, während Kapitel 17 die zunehmende Bedeutung der „Weißen Biotechnologie“ darlegt.

Mit 1421 Literaturhinweisen, 42 Tabellen und 505 Figuren (in der Regel zur Wiedergabe von Strukturformeln und des Ablaufs von Reaktionen, mitunter mit Hervorhebungen in rot; ergänzt durch einige mehrfarbige Abbildungen) ist dieses Buch für die angesprochenen Zielgruppen (Studenten und graduierte Biochemiker, Chemiker und Biologen) in erster Linie ein Nachschlagewerk mit einer Vielzahl an wertvollen Informationen .

Dr. Dieter Holzner

Chemie heterocyclischer Verbindungen: große Bedeutung in vielen Bereichen



John A. Joule, Keith Mills: *Heterocyclic Chemistry*; 718 Seiten; Verlag John Wiley & Sons, 5. Auflage 2010; ISBN 978-1-4051-9365-8; 155,00 Euro (Hardcover), ISBN 978-1-4051-3300-5; 51,90 Euro (Softcover; 640 Seiten).

Die auf über 700 Seiten erweiterte, mehr als 4000 Hinweise auf Originalliteratur, Übersichts-Serien und Handbücher enthaltende Neuauflage beschreibt nach einer Einführung zur Nomenklatur überwiegend die

Chemie von 6-gliedrigen und von 5-gliedrigen Heterocyclen mit aromatischen Ringsystemen, beginnend mit den „Strukturen und Spektroskopischen Eigenschaften von Aromatischen Heterocyclen (Kap. 2). Es schließen sich die Kapitel an: Substitutionen von Aromatischen Heterocyclen (3), Organometallische Heterocyclische Chemie (4), Methoden in der Heterocyclischen Chemie (5) sowie Ring-Synthese von Aromatischen Heterocyclen (6).

Von den folgenden 20 Kapiteln gehören stets mehrere Kapitel blockweise zusammen, wobei jeder Block aus einer Einführung mit der Überschrift „Typische Reaktivität von....“ und ausführlichen Kapiteln über „Reaktionen und Synthese“

der jeweiligen Gruppe von Verbindungen besteht, wie z.B. Typische Reaktivität von Pyridinen, Chinolinen und Isochinolinen (7), gefolgt von Pyridine:Reaktionen und Synthese (8) sowie Chinoline und Isochinoline: Reaktionen und Synthese (9). Der Block über 6-gliedrige Heterocyclen mit einem Sauerstoff-Atom umfaßt die Kap. 10 mit 12, an die sich Kapitel über Diazine (13 und 14), Pyrrole, Furane und Thiophene (15 mit 18), Indole und entsprechende S- und O- Heterocyclen (19 mit 22) und Imidazole, Thiazole und Oxazole (23 mit 26) anschließen. Purine bilden ein eigenes Kapitel (27), ebenso wie Gesättigte und Partiiell Ungesättigte Heterocyclische Verbindungen (30). Zu den „Special Topics“ von Kap.31 gehören die Synthese von am Ringsystem fluorierten Heterocyclen, Isotopen-markierte Heterocyclen und die technische Verwendung heterocyclischer Verbindungen. Naturstoffe mit heterocyclischen Systemen, wie Vitamine, Porphyrine, Nuclein-

säure-Bausteine sowie einige Alkaloide, makrocyclische Verbindungen und Flavonoide, werden in Kap.32 besprochen. Kapitel 33 beschreibt die Bedeutung von Heterocyclen für die Wirkstoff-Forschung und die Anwendung heterocyclischer Verbindungen in der Arzneimittel-Therapie.

Hervorzuheben sind die gute Übersichtlichkeit der chemischen Formeln und des Verlaufs chemischer Reaktionen (schwarz, rot und blau), ferner Kontrollfragen (117) sowie 130 anspruchsvolle, in der Regel mehrteilige Aufgaben, deren Lösungen im Internet unter www.wiley.com/go/joule angegeben sind. Außerdem wurden sämtliche im Buch enthaltenen Formeln und Reaktions-Gleichungen mit dem „Power Point Viewer“ hervorragend zugänglich gemacht. Dieses empfehlenswerte Lehrbuch vermittelt jedem, der sich im Studium oder im beruflichen Bereich mit Heterocyclen-Chemie befassen will, umfassende Kenntnisse auf diesem Gebiet. *Dr. Dieter Holzner*

Ein umfassendes Lehrbuch der Biochemie, gut strukturiert und sehr anschaulich

Donald J. Voet, Judith G. Voet, Charlotte W. Pratt : *Lehrbuch der Biochemie*; 1281 Seiten; Wiley-VCH Verlag Weinheim, 2. Auflage 2010; ISBN 978-3-527-32667-9; 75,00 Euro.

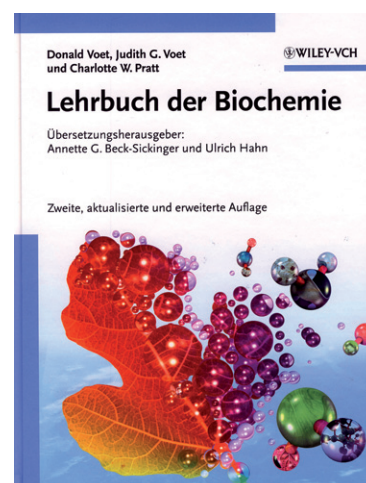
Die zweite deutschsprachige Auflage des bewährten Lehrbuchs der Biochemie ist gegenüber der 2002 erschienenen Erstauflage nicht nur aktualisiert sondern auch wesentlich erweitert worden. Das Werk ist in 5 Teile gegliedert: I Einführung mit den beiden Kapiteln „Leben“ und „Wasser“. II Biomoleküle mit den Kapiteln Nucleotide und Nucleinsäuren (3), Aminosäuren (4), Proteine (5 bis 7), Kohlenhydrate (8), Lipide und biologische Membranen (9) sowie Transport durch Membranen (10). III Enzyme mit je einem Kapitel über Enzymatische Katalyse (11) und Enzymkinetik (12) sowie dem neuen Kapitel „Biochemische Signale“ (13; auf 45 Seiten), das die Struktur und Wirkung von Hormonen, Rezeptoren, G-Proteinen und sekundären Botenstoffen für die zelluläre Kommunikation beschreibt. IV Metabolismus, die Kapitel 14 mit 22 umfassend, einschließlich Photosynthese (19) sowie Vernetzung und Regulation im Energiestoffwechsel der Säuger (22). Die Einführung in den Stoffwechsel in Kap. 14 beinhaltet auch Ausführungen zur Systembiologie und zu Aufbau und Anwendung von DNA-Microarrays. V Genexpression und Replikation, beginnend mit dem Nucleotid-Stoffwechsel (23) und der Struktur von Nucleinsäuren (24) bis zum abschließenden Kapitel über die Regulation der Genexpression (28).

Zum Aufbau der Kapitel gehören „Verständnisfragen“ (bereits am Ende von Kapitel-Abschnitten)

und Exkurse zur Vertiefung von Lehrinhalten wie auch über Biochemiker, deren wissenschaftliche Arbeiten maßgebend zu den Erkenntnissen in der Biochemie beigetragen haben. Hinzu kommen am Kapitelende Aufzählungen wichtiger Begriffe, Zusammenfassungen, Aufgaben und Literatur-Angaben.. Der Anhang umfasst ein Glossar sowie 448 ausführlich dargestellte Lösungen der Aufgaben. In der vorliegenden Übersetzung wird die Übersichtlichkeit nicht selten durch (ohne erkennbare Notwendigkeit vorgenommene) Zusammenziehungen eigenständiger Fachbegriffe beeinträchtigt, wie „Phosphorsäureanhydridhydrolyse“ und „Erythrocytenmembranskelett“.

Weiteres Studienmaterial aus amerikanischen Voet-Lehrbüchern, wie „Principles of Biochemistry“ (CLB Heft 09/2008), ist als „Student Companion Site“ auf www.wiley.com/college/voet kostenlos zugänglich.

Angesichts der hervorzuhebenden Ausstattung dieses Lehrbuchs mit 900 durchwegs farbigen Abbildungen und der mehrfarbigen Wiedergabe vieler Formeln und der Stoffwechselwege ist diese Neuauflage Studierenden aus den Fachrichtungen Biochemie, Chemie, Biologie und Lebenswissenschaften, wie auch allen an einer aktuellen und ansprechenden Darstellung der Biochemie Interessierten, zu empfehlen. *Dr. Dieter Holzner*



ERREICHEN HALTEN

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

März 2011

Nie mehr Teeflecken und Kalkränder Neue umweltfreundliche Komponenten für Geschirrspülmittel

Spülhände kannte Josephine Cochrane nur vom Hörensagen. Denn für solche Aufgaben hatte die Amerikanerin aus gutem Hause ihre Bediensteten. Doch denen gingen immer wieder Stücke ihres geliebten Porzellans zu Bruch. Also machte sich Cochrane ans Werk und erfand eine Geschirrspülmaschine, in der das wertvolle Service in Drahtkörben gehalten und mit heißem Seifenwasser abgeduscht wurde. Ihr Gerät wurde 1886 patentiert und gilt als erste funktionsfähige Spülmaschine der Welt. Nicht nur die Maschinenteknik hat sich seither verändert; auch die Seifenlauge wurde durch eine im wahrsten Sinne des Wortes komplexe Wirkstoffsystematik abgelöst.

Einzug in den Privathaushalt hielten die zunächst noch klobigen Geräte erst in den 1960er Jahren mit der Entwicklung von Vollautomaten, die auch das Klarspülen erledigten. Heute steht in den Industrienationen in über 50 Prozent aller Haushalte eine Spülmaschine; in Deutschland sind es sogar 70 Prozent. Eine Verbraucherstudie in Österreich erklärte sie gar zum beliebtesten Haushaltsgerät überhaupt.

Anstelle von Seifenwasser wie zu Cochranes Zeiten sorgt heute eine Vielzahl von Reinigungskomponenten für Sauberkeit und Glanz auf Tellern und Gläsern: Tenside, Proteasen, Bleichmittel und Komplexbildner. BASF liefert weltweit fast alle dieser Komponenten für Reinigertabs an die großen Reinigungsmittelhersteller (siehe Kasten rechts). So auch den Komplexbildner Trilon M, der Phosphate in Geschirrspültabs ersetzt.

Geschirrspültab ohne Phosphat

Herkömmliche Mehrfachtabs bestehen etwa zur Hälfte aus Phosphaten. Diese verhindern unschöne Kalkränder, indem sie Calcium- und Magnesiumionen binden. Das auch als Lebensmittelzusatz zugelassene Phosphat erledigt diese Aufgabe hervorragend, doch ökologisch hat es einen schlechten Ruf. Denn Phosphat ist auch ein wichtiger Pflanzennährstoff. In den 1960er- und 1970er-Jahren kam es vor allem durch die großen Phosphatmengen in Ab-

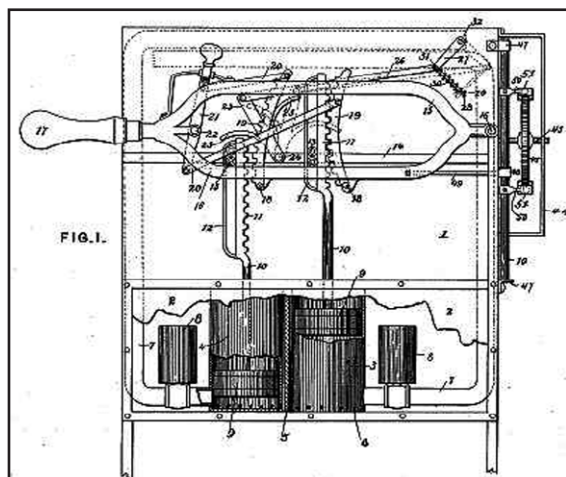


Josephine Cochrane aus Shelbyville (Illinois) reichte das Patent für einen mit Wasserdruck arbeitenden Geschirrspüler ein. Bei der Firma Miele wurden 1929 die ersten elektrischen Geschirrspülmaschinen Europas gebaut (Abb.: Shelby County Historical Society).

wässern von Waschmaschinen in vielen Gewässern zu extremen Algenblüten: Diese verbrauchten oft sämtlichen Sauerstoff im Wasser und ganze Seen und Flüsse kippten um. Erst mit immer strengeren Phosphatgrenzwerten für Wasch- und Reinigungsmittel brachte man dieses als Eutrophierung der Gewässer bekannte Phänomen in den 1980er-Jahren unter Kontrolle.

Die Hersteller suchen seitdem kontinuierlich nach alternativen Komplexbildnern. Diese müssen ebenso wirksam und sicher wie Natriumtripolyphosphat, dabei aber auch leicht biologisch abbaubar sein. „Nach ersten Vorstudien wurden in unserem 2004 gegründeten

Grafik aus der Patentschrift von Josephine Cochrane zur Erfindung der Geschirrspülmaschine, gewährt am 28. Dezember 1886 (Abb.: US Patent Office).



ADW-Labor zahlreiche Kandidaten getestet, bis schließlich das alle Vorgaben ideal erfüllende System ermittelt war“, erzählt Heike Weber, Leiterin des Automatic-Dish-Wash-Labors (ADW) der BASF in Ludwigshafen. Wichtiger Bestandteil ist Methylglycindiessigsäure, Handelsname Trilon M. Ökoeffizienzanalysen ergaben: Die Substanz schon die Gewässer und erledigt seine Aufgabe – das Abfangen von störenden Kalkbildnern – ähnlich gut wie sein Vorgänger.

In diesem Jahr hat der organische Komplexbildner aus der Gruppe der Aminocarboxylate den BASF Innovation Award gewonnen. Mit dieser internen Auszeichnung würdigt das Unternehmen jedes Jahr herausragende Ideen. Ursprünglich in den 1990er Jahren als Waschmaschinen-Wirkstoff entwickelt, hat es sich seit seiner Markteinführung 2008 als Geschirrspülmittel-Komponente einen festen Platz unter den Komplexbildnern erkämpft.

Anfang 2010 nahm die BASF in Ludwigshafen die Erweiterung ihrer World-Scale-Anlage zur Herstellung von Trilon M in Betrieb. Für das gesamte Komplexbildner-Sortiment verfügt das Unternehmen damit über eine Produktionskapazität von 120 000 Tonnen jährlich. BASF rechnet für Trilon M in den nächsten Jahren mit Wachstumsraten im zweistelligen Prozentbereich – auch bedingt durch die 2015 erwartete Verschärfung der Phosphatgrenzwerte in der EU.

Wirkungsweise von Tensiden und Komplexbildnern in Geschirrspültabs

Für das perfekte Spülergebnis enthalten moderne Geschirreinigungs Tabs eine ganze Reihe chemischer Komponenten, deren Wirkung fein aufeinander abgestimmt ist:

Tenside wie Plurafac der BASF sind wie die klassischen Seifen chemische Zwitter: Das eine Ende dieser langen Moleküle lagert sich bevorzugt an fettigen Schmutz an, während das andere Ende Wasser anzieht. So machen sie das Fett im Wasser löslich. Weil Tenside die Oberflächenspannung des Wassers herabsetzen, sorgen sie außerdem für einen besseren Wasserablauf vom Geschirr.

Amylasen und **Proteasen** sind natürliche Verdauungsenzyme. Amylasen spalten das Kettenmolekül Stärke, zum Beispiel aus Mehlspeisen, in seine Bestandteile auf und lösen es so vom Untergrund ab. Proteasen machen das Gleiche mit Eiweißen (Proteinen), die beispielsweise eingetrocknetem Eigelb oder Fleischresten die Klebkraft verleihen.

Bleichmittel wie Wasserstoffperoxid beseitigen farbige Flecken, wie sie Tee oder Kaffee hinterlassen.

Im Buildersystem eines Reinigers sind außerdem **Komplexbildner** enthalten. Sie binden die Wasserhärteionen (Ca^{2+} und Mg^{2+}), die sonst Kalkbeläge auf dem Spülgut hinterlassen. Dabei nehmen sie das Ion regelrecht in die Zange, was ihnen den griechischen Fachausdruck Chelatoren (von Chele = Krebschere) einbrachte.

Zwar erfüllt Natriumtripolyphosphat alle Anforderungen an einen Komplexbildner, doch aus ökologischen Gründen wird das Phosphat mehr und mehr durch andere Substanzen ersetzt. Trilon M übernimmt in Spülmaschinentabs als Komplexbildner die Rolle des Härteionenfängers. Dabei wird es durch Verbindungen wie Polycarboxylat, das beispielsweise im BASF-Produkt Sokalan enthalten ist, Citrat, Silicat, Carbonat und Phosphonat unterstützt. Sie sorgen unter anderem für den richtigen pH-Wert und dispergieren Salze und Schmutz. Das bedeutet: Sie verpacken unlösliche Verbindungen so, dass sie trotzdem durch Wasser abtransportiert werden können (Abbildung: BASF).

Das Diagramm illustriert die Wirkungsweise von Tensiden und Komplexbildnern in Geschirrspültabs. Es zeigt die chemische Struktur von Tensiden, die Bindung von Fett an Tensidmoleküle, die Bildung von Kalkbelägen durch Metallionen in kalkhaltigem Wasser und die Bindung von Metallionen durch den Komplexbildner Trilon M.

- Tenside ermöglichen durch ihre chemische Struktur das Lösen fetthaltiger Verschmutzungen in Wasser.
- Die in kalkhaltigem Wasser enthaltenen Metallionen bilden unlösliche Salze, die zu Belägen auf dem Geschirr führen.
- Der Komplexbildner Trilon M, ein hochwirksames, biologisch abbaubares Molekül, das sich an die Metallionen bindet, verhindert – zusammen mit anderen Verbindungen – die Bildung dieser Beläge.

Organische Chemie: Reaktionen sauber und schnell

Durch Experimente mit Labor-Mikrowellengeräten

Ausgewählt: Nucleophile aromatische Substitution

S_NAr -Reaktionen nutzt man industriell zur Herstellung von Pharmazeutika.

Unter dem Titel „Clean, Fast Organic Chemistry“ haben Nicholas Leadbeater, Ph.D. und Cynthia McGowan, Ph.D. ein englisch-sprachiges Buch zu Grundlagen und Experimente über den Einsatz der Mikrowellentechnik in der Organischen Chemie geschrieben. Es ist im Rahmen von Praktikumpaketen zusammen mit „Mars-“ bzw. „Discover“-Mikrowellen-Synthesegeräten über die Firma CEM in Kamp-Lintfort (www.cem.de) erhältlich. Die CLB veröffentlicht hier die deutsche Übersetzung des ersten Versuches, Thema: die nucleophile aromatische Substitution.

Die nucleophile aromatische Substitution bietet etliche Möglichkeiten, um einen aromatischen Ring zu funktionalisieren. Die hohe π -Elektronendichte eines aromatischen Rings hat vorrangig eine entsprechende Reaktivität mit Elektrophilen zufolge. Aktiviert man allerdings den aromatischen Ring durch elektronenziehende Gruppen (Elektron withdrawing groups; EWG) in ortho oder para-Stellung zu guten elektronenliefernden Substituenten (Abgangsgruppen), dann ist eine nucleophile Substitutionsreaktion möglich.

Abbildung 1: Reaktionsprinzip einer nucleophilen aromatischen Substitution mit Halogenen als Elektronenlieferanten (X = Halogen (Elektronenlieferant; Abgangsgruppe); EWG: electron withdrawing group = elektronenziehende Gruppe; nuc = Nucleophil).

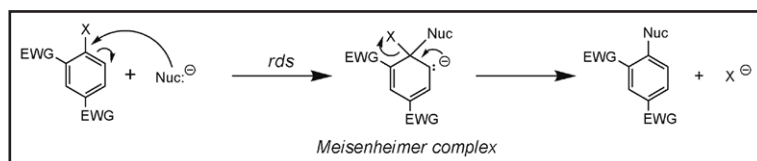
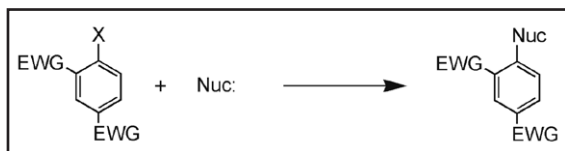
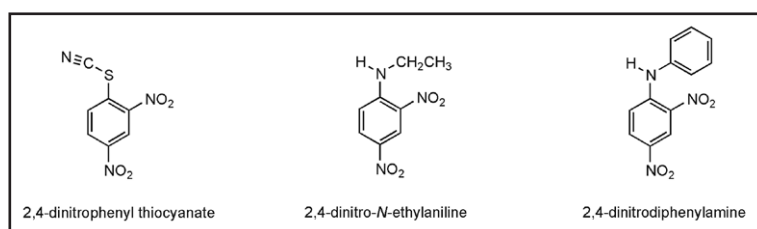


Abbildung 2: Die Reaktion läuft über die Bildung eines Meisenheimer-Komplexes.

Abbildung 3: Drei mögliche Produkte der S_NAr -Reaktion mit 1-Brom-2,4-Dinitrobenzol



Normalerweise kommen Halogene als elektronenliefernde Gruppen für S_NAr -Reaktionen zum Einsatz. Elektronenziehende funktionale Gruppen sind typischerweise $-NO_2$, $-SO_2R$, $-NR_3$, $-CF_3$ und $-CN$; sie machen den aromatischen Ring durch ihre elektronenanziehende Wirkung reaktionsfähig, um dann mit einem elektronenreichen Nucleophil wie etwa einem Amin eine Reaktion einzugehen (Abbildung 1).

Die Reaktion erfolgt nach einem zweistufigen Additions-Eliminations-Mechanismus. Allgemein nimmt man an, dass der erste Schritt, bei dem ein tetraedrales Cyclohexadienyl-Anion gebildet wird – man nennt es einen Meisenheimer-Komplex – der geschwindigkeitsbestimmende Schritt ist (rate-determining step; rds). Das erfolgt durch die Addition eines Nucleophilen an das Kohlenstoffatom, das die Abgangsgruppe trägt. Die folgende Eliminierung des Halogensubstituenten (Abgangsgruppe) stellt die Aromatizität des Rings wieder her (Abbildung 2). Die Annahme eines zweistufigen Mechanismus wird unterstützt durch die Isolierung einer Vielzahl von Meisenheimer-Sal-

zen. Dass dabei der erste Schritt geschwindigkeitsbestimmend ist folgt aus der Beobachtung, dass Fluor-Aromaten einer deutlich schnelleren nucleophilen Substitution unterliegen als ihre Iod-Pendants. Und das, obwohl Iod eine viel bessere Abgangsgruppe als Fluor ist.

In diesem Experiment wird eines der drei Nucleophilen (Kaliumthiocyanat, Ethylamin oder Anilin) verwendet, um das Brom des 1-Brom-2,4-Dinitrobenzols zu ersetzen.

Thiocyanate sind Salze und Ester von Thiocyan Säure $HSC \equiv N$. Das sind einige der Verbindungen die verantwortlich sind für den würzigen Geschmack in Radieschen und Senf.

* Bei den Experimenten 1a bis 1c kommt das Mikrowellengerät „Mars“ von CEM zum Einsatz.



Die drei möglichen Produkte aus der S_NAr -Reaktion mit 1-Bromo-2,4-Dinitrobenzol sind alle hoch gefärbte, kristalline Festkörper (siehe Abbildung 3).

Experimente*

1a: Herstellung von 2,4-Dinitrophenyl-Thiocyanat (Abbildung 4)

Sicherheitshinweise:

1-Bromo-2,4-Dinitrobenzol ist als reizend eingestuft. Kaliumthiocyanat ist giftig. Diese Reaktion sollte nicht in einem verschlossenen Reaktionsgefäß ohne Temperaturregelung erfolgen.

1-Bromo-2,4-Dinitrobenzol (0,296 mg, 1,20 mmol), Kaliumthiocyanat (0,467 mg, 4,80 mmol), Ethanol (4,0 ml) und Wasser (1,0 ml) werden in ein HP-500 Teflon-Mikrowellen-Reaktionsgefäß mit einem magnetischen Rührstab eingesetzt. Hinweis: Das verbleibende Volumen muss mindestens 5 ml betragen. Das Reaktionsgefäß wird in das Schutzmantel eingesetzt, mit dem Gefäßverschluss verbunden und dann in den Gefäßhalter eingesetzt. Das voreingestellte Drehmoment wird verwendet, um die Mutter auf der Oberkante des Halterrahmens anzuziehen, bevor er auf dem Drehteller des Mikrowellenofens befestigt wird. Beachten Sie die Position des Reaktionsgefäßes. Die Reaktionskontrolle des Gefäßes (Position 1) ist mit dem Thermoelement verbunden und ggf. mit dem Drucksensor. Der Mikrowellenofen wird nach der stufenweisen Temperatur-Methode so programmiert, dass er auf 125 °C über einen 2-Minuten-Zeitraum erhitzt und bei dieser Temperatur für 20 Minuten gehalten wird. Die Lösung kann danach 5 Minuten lang abkühlen – bzw. so lange bis sie unter 50 °C gefallen ist, bevor man sie aus der Mikrowelle herausnimmt.

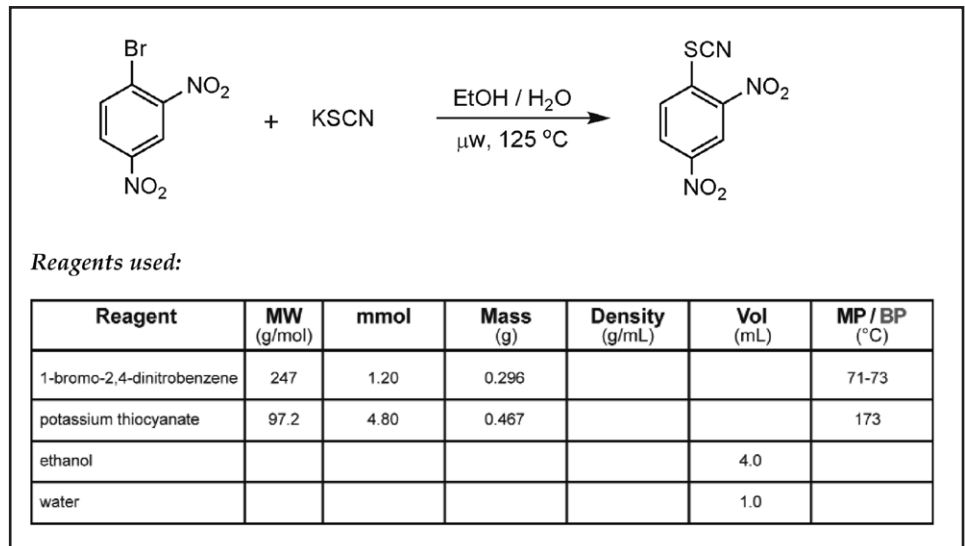


Abbildung 4: Herstellung von 2,4-Dinitrophenyl-Thiocyanat.

Vorsicht: Das Reaktionsgefäß kann immer noch heiß sein!

Das Reaktionsgefäß wird durch Lösen der blauen Mutter entlüftet. Es wird dann aus dem Rahmen und seiner schützenden Hülle herausgenommen. Das Reaktionsgemisch wird im Eisbad gekühlt, um die Kristallisation zu starten. Nachdem die Kristallisation abgeschlossen ist, kann das Produkt durch Vakuumfiltration und Waschen mit kaltem Lösungsmittel erhalten werden. Die leuchtend farbige, kristalline Produkt kann dann auf einem Tonteller getrocknet werden. Wenn das Produkt trocken ist lässt sich der Schmelzpunkt zum Vergleich mit der Literatur bestimmen. Das Roh-

produkt kann aus 95%igem Ethanol rekristallisiert werden. Es lässt sich durch IR, 1H -NMR sowie ^{13}C -NMR-Spektroskopie charakterisieren. Die Reinheit kann durch Dünnschichtchromatographie bestimmt werden, indem man 40%iges Ethylacetat / Hexan als Elutionsmittel verwendet.

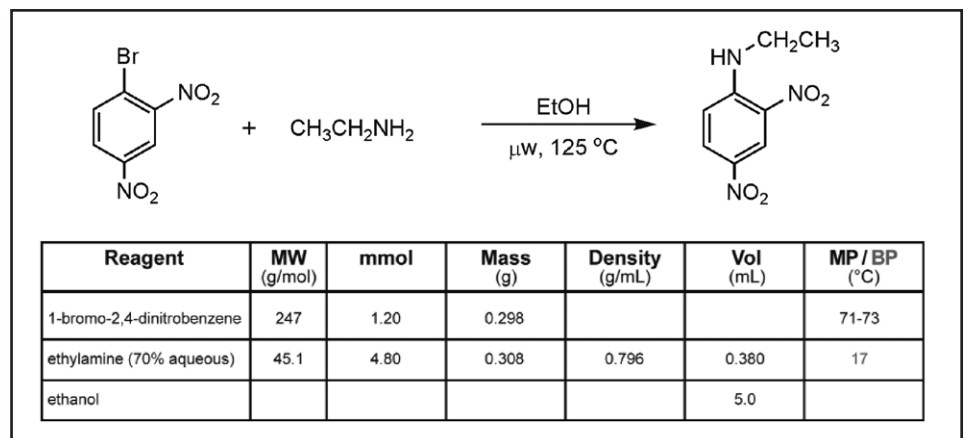
1b: Herstellung von 2,4-Dinitro-N-Ethylanilin (Abbildung 5)

Sicherheitshinweise:

1-Bromo-2,4-Dinitrobenzol ist als reizend eingestuft. Ethylamin (70%ige wässrige Lösung) ist leicht entzündlich und wirkt korrodierend. Diese Reaktion sollte nicht in einem verschlossenen Reakti-

Die Reaktionen laufen mit Hilfe von Ethanol oder einem Wasser-Ethanol-Gemisch als Lösungsmittel. Dies führt zu sauberen Abläufen, und die Produkte sind einfach zu isolieren.

Abbildung 5: Herstellung von 2,4-Dinitro-N-Ethylanilin.



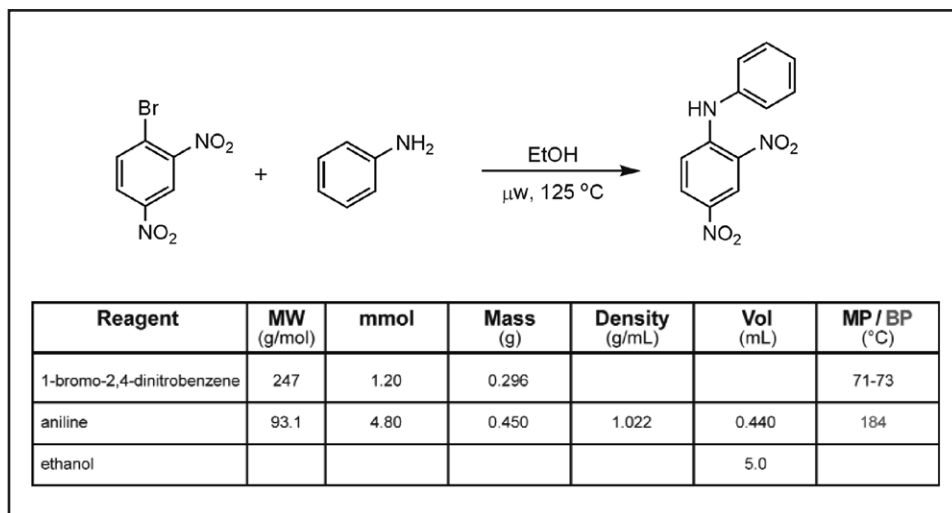


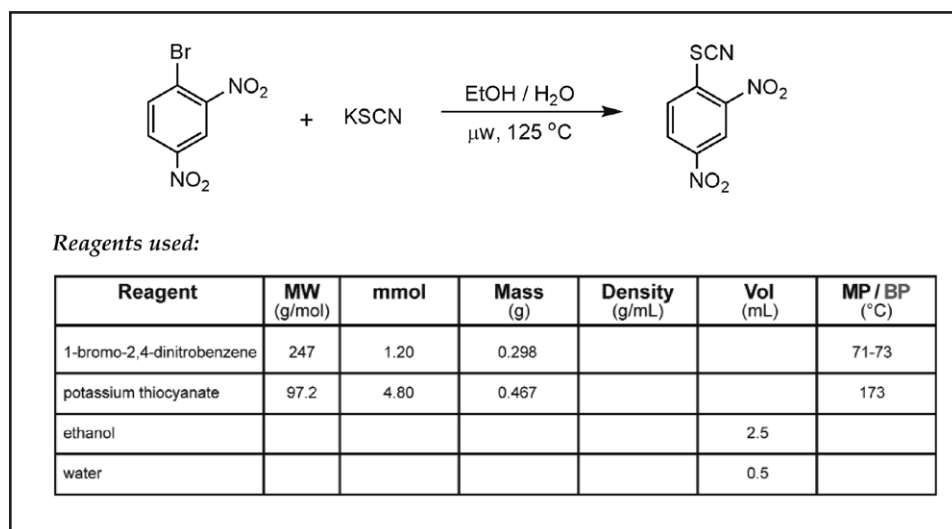
Abbildung 6: Herstellung von 2,4-Dinitrodiphenylamin.

Reaktionsgefäß ohne Temperaturregelung erfolgen.

1-Bromo-2,4-Dinitrobenzol (0,298 mg, 1,20 mmol, 1 eq.) Ethylamin (0,380 ml, 4,80 mmol), Ethanol (4,0 ml) und Wasser (1,0 ml) werden in ein HP-500 Teflon-Mikrowellen-Reaktionsgefäß mit einem magnetischen Rührstab eingesetzt. Hinweis: Das verbleibende Volumen muss mindestens 5 ml betragen. Das Reaktionsgefäß wird in das Schutzmanschette eingesetzt, mit dem Gefäßverschluss verbunden und dann in den Gefäßhalter eingesetzt. Das voreingestellte Drehmoment wird verwendet, um die Mutter auf der Oberkante des Halterrahmens anzuziehen, be-

vor er auf dem Drehteller des Mikrowellenofens befestigt wird. Beachten Sie die Position des Reaktionsgefäßes. Die Reaktionskontrolle des Gefäßes (Position 1) ist mit dem Thermoelement verbunden und ggf. mit dem Drucksensor. Der Mikrowellenofen wird nach der stufenweisen Temperaturmethode so programmiert, dass er auf 125 °C über einen 2-Minuten-Zeitraum erhitzt und bei dieser Temperatur für 20 Minuten gehalten wird. Die Lösung kann danach 5 Minuten lang abkühlen – bzw. so lange bis sie unter 50° C gefallen ist, bevor man sie aus der Mikrowelle herausnimmt.

Abbildung 7: Herstellung von 2,4-Dinitrophenyl-Thiocyanat.



Vorsicht: Das Reaktionsgefäß kann immer noch heiß sein!

Die Aufreinigung und Charakterisierung des Produktes entspricht der des vorangegangenen Versuchs.

1c: Herstellung von 2,4-Dinitrodiphenylamin (Abbildung 6)
Sicherheitshinweise:

1-Bromo-2,4-Dinitrobenzol ist als reizend eingestuft. Anilin ist giftig. Diese Reaktion sollte nicht in einem verschlossenen Reaktionsgefäß ohne Temperaturregelung erfolgen.

1-Bromo-2,4-Dinitrobenzol (0,296 mg, 1,20 mmol) Anilin (0,440 ml, 4,80 mmol) und Ethanol (5,0 ml) werden in ein HP-500 Teflon-Mikrowellen-Reaktionsgefäß mit einem magnetischen Rührstab eingesetzt. Die weitere Vorgehensweise einschließlich der Aufreinigung und Charakterisierung entspricht dem vorangegangenen Experiment

1d: Herstellung von 2,4-Dinitrophenyl-Thiocyanat (Abbildung 7)
Sicherheitshinweise:

1-Bromo-2,4-Dinitrobenzol ist als reizend eingestuft. Kaliumthiocyanat ist giftig. Diese Reaktion sollte nicht in einem verschlossenen Reaktionsgefäß ohne Temperaturregelung erfolgen.

1-Bromo-2,4-Dinitrobenzol (0,298 g, 1,20 mmol), Kaliumthiocyanat (0,467 g, 4,80 mmol), Ethanol (2,5 ml) und Wasser (0,5 ml) werden in ein 10-mL Glas-Mikrowellen-Reaktionsgefäß mit einem magnetischen Rührstab gefüllt. Das Reaktionsgefäß wird mit einer Kappe verschlossen und dann in den Mikrowellenofen eingesetzt. Aus Sicherheitsgründen wird das Reaktionsgefäß mit einer Überdruckentlastung versehen. Das Gerät wird so programmiert, dass das Reakti-

ongemisch auf 125 °C erhitzt und die Temperatur dann für 5 Minuten gehalten wird. Wenn die Reaktion beendet ist und das Reaktionsgefäß sich auf weniger als 50 °C abgekühlt hat, kann das Überdruckventil entfernt und das Reaktionsgefäß aus der Mikrowellenhalterung herausgenommen werden.

Vorsicht: Das Reagenzglas kann immer noch heiß sein!

Das versiegelte Reaktionsgefäß wird mit seinem Inhalt in einem Eisbad gekühlt, um das Produkt zu kristallisieren. Danach kann das Produkt durch Vakuumfiltration und Waschen mit kaltem Lösungsmittel erhalten werden. Die leuchtend farbige, kristalline Produkt kann dann auf einem Tonteller getrocknet werden. Wenn das Produkt trocken ist lässt sich der Schmelzpunkt zum Vergleich mit der Literatur bestimmen. Das Rohprodukt kann aus 95%igem Ethanol rekristallisiert werden. Es lässt sich durch IR, ¹H-NMR sowie ¹³C-NMR-Spektroskopie charakterisieren. Die Reinheit kann durch Dünnschichtchromatographie bestimmt werden, indem man 40%iges Ethylacetat / Hexan als Elutionsmittel verwendet.

1e: Herstellung von 2,4-Dinitro-N-ethylanilin (Abbildung 8)

Sicherheitshinweise:

1-Bromo-2,4-Dinitrobenzol ist als reizend eingestuft.

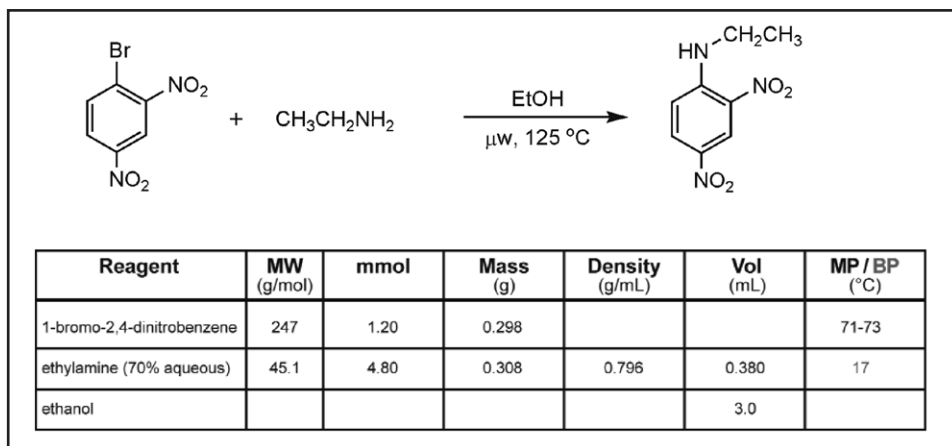


Abbildung 8: Herstellung von 2,4-Dinitro-N-ethylanilin.

Ethylamin (70%ige wässrige Lösung) ist leicht entzündlich und wirkt korrodierend. Diese Reaktion sollte nicht in einem verschlossenen Reaktionsgefäß ohne Temperaturregelung erfolgen.

1-Bromo-2,4-Dinitrobenzol (0,298 g, 1,20 mmol), Ethylamin (0,380 ml, 4,80 mmol) und Ethanol (3,0 ml) werden in ein 10-mL Glas-Mikrowellen-Reaktionsgefäß mit einem magnetischen Rührstab gefüllt. Die weitere Vorgehensweise einschließlich der Aufreinigung und Charakterisierung entspricht dem vorangegangenen Experiment

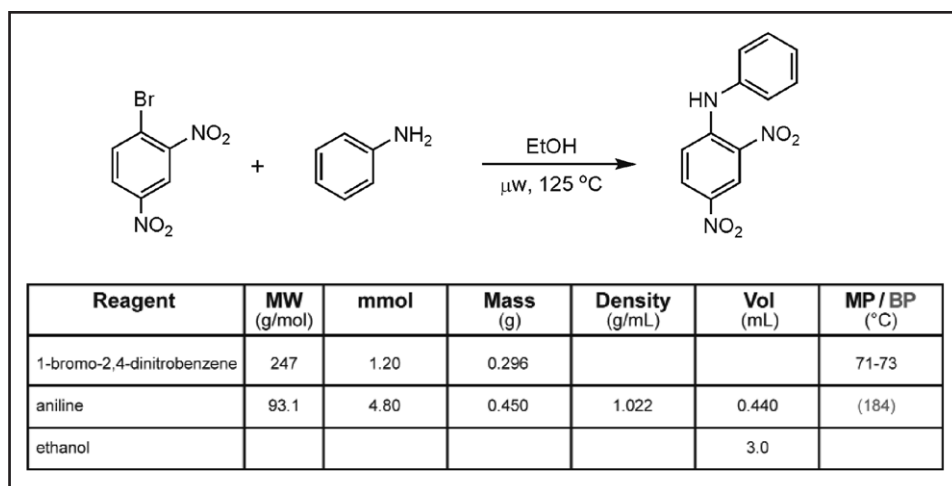
1f: Herstellung von 2,4-Dinitrodiphenylamin (Abbildung 9)

Sicherheitshinweise:

1-Bromo-2,4-Dinitrobenzol ist als reizend eingestuft. Anilin ist giftig. Diese Reaktion sollte nicht in einem verschlossenen Reaktionsgefäß ohne Temperaturregelung erfolgen.

1-Bromo-2,4-Dinitrobenzol (0,298 g, 1,20 mmol) Anilin (0,440 ml, 4,80 mmol) und Ethanol (3,0 ml) werden in ein 10-mL Glas-Mikrowellen-Reaktionsgefäß mit einem magnetischen Rührstab gefüllt. Die weitere Vorgehensweise einschließlich der Aufreinigung und Charakterisierung entspricht dem vorangegangenen Experiment.

Abbildung 9: Herstellung von 2,4-Dinitrodiphenylamin.



* Bei den Experimenten 1d bis 1f kommt das Mikrowellengerät „Discover“ von CEM zum Einsatz.



Frauen: Gute Assistentkraft statt Führungsnachwuchs

Langzeitstudie der Uni Bochum mit Hochschulabsolventen

Frauen sind zuverlässiger im Beruf als Männer, aber weniger durchsetzungsstark. Die „typische“ Hochschulabsolventin von heute legt mehr Wert auf „Spaß im Job“ und ethische Aspekte des Berufs als auf Geld oder Macht – und sie eignet sich tendenziell eher als „gute Assistentkraft“ denn als potenzieller Führungsnachwuchs.

Das sind die zentralen Ergebnisse einer Langzeitstudie unter Leitung von Prof. Heinrich Wottawa (Fakultät für Psychologie der Uni Bochum / eligo GmbH). Damit mehr Frauen in Führungspositionen gelangen, müssen Unternehmen reagieren, zum Beispiel mit regelmäßigen, objektiven Potenzialanalyseverfahren gerade in den ersten Berufsjahren, lautet das Fazit der Studie. Es werde unverzichtbar sein, noch stärker als bisher auf die Besonderheiten der Frauen Rücksicht zu nehmen.

Befragt haben die Bochumer Forscher insgesamt knapp 21 000 Hochschulabsolventen, davon über 8200 Männer und 12 700 Frauen, in den Jahren 2003 bis 2010. Erhoben wurden acht beruflich relevante „Lebensziele“ bzw. Werte (Image, ethische Werte, Macht, Geld, Spaß im Beruf, Familie, Freundschaften und Hobbys) sowie 15 Leistungsdimensionen – von der Problemlösungsbereitschaft und Leistungsmotivation bis zur Stressresistenz und Teamorientierung. Dafür haben die Befragten psychologische Testverfahren aus der Internetplattform „Perls“ (eligo GmbH) absolviert, die viele Unternehmen in ähnlicher Form auch für die Auswahl von Bewerbern einsetzen.

Frauen ist Image und Ethik wichtig, Männern Geld und Macht

Bei allen Befragten steht der „Spaß im Beruf“ mit weitem Abstand an erster Stelle, gefolgt von „Familie“, „Kontakt zu Freunden“ und „ethischen Werten“. Die größten Unterschiede zwischen Frauen und Männern zeigen sich bei der deutlich höheren

Bedeutung von „Geld“ und „Macht“ bei den Männern sowie „Image“, „ethische Werte“ und „Kontakt zu Freunden“ bei Frauen. Im zeitlichen Verlauf seit 2003 veränderten sich einige Werte. So nahm die Wichtigkeit des beruflichen Images bei Frauen von 58 auf 67 Prozent deutlich zu und liegt heute weit über dem entsprechenden Stellenwert für die Männer (33%). Beim Aspekt „ethische Werte“ ist es ähnlich: Hier stieg die Zahl von 60 auf 69 Prozent, bei den männlichen Befragten zeigt sich der umgekehrte Trend von 40 auf nur noch 31 Prozent.

Frauen sind zuverlässig

Auch die Untersuchung von Leistungsdimensionen ergibt einige „bemerkenswerte Unterscheide zwischen den Geschlechtern“, so die Studie. Höher als bei Männern ist bei den Frauen die Tendenz ausgeprägt, Misserfolge zu vermeiden (59 zu 45%); Frauen streben eher nach sozialer Akzeptanz (51 zu 42), sind zuverlässiger (54 zu 45) und legen mehr Wert auf das Selbstmanagement (53 zu 46). Niedrigere Werte erreichen die Frauen hingegen in den Bereichen Gelassenheit (44 gegenüber 58% bei den Männern), Durchsetzungsvermögen (46 zu 56), Stressresistenz (48 zu 53) und Teamorientierung (48 zu 53).

Führungsnachwuchs sinkt

Aus den Daten der Langzeitbefragung haben die Forscher eine Clusteranalyse der Personen erstellt und die Ergebnisse in vier unterschiedliche „Typen“ eingeteilt: potenzieller Führungsnachwuchs, leistungsstarke Assistentkraft, „Spezialist/Sachbearbeiter“ sowie „weniger belastbare Sachbearbeiter“. Und die Forscher schlagen Alarm: Der Anteil der Befragten, Männer wie Frauen, die als potenzieller Führungsnachwuchs in Frage kommen, ist inzwischen deutlich gesunken: von 32 auf nur noch 23 Prozent bei den Männern, von 23 auf 18 Prozent bei den Frauen. Besonders auffallend ist der über-

wiegende Anteil der Frauen beim Typ „gute Assistentkraft“, der im Erhebungszeitraum von 28 auf 30 Prozent stieg (bei den Männern: von 17 auf 18 Prozent).

Starke Frauen meiden Wirtschaftswissenschaften

Ein weiterer bedenklicher Trend laut Studie: Frauen mit Führungspotenzial wandern ab. Immer weniger Frauen vom Typ potenzieller Führungsnachwuchs studieren Wirtschaftswissenschaften, die für eine Führungslaufbahn in der Wirtschaft besonders wichtig sind. Stattdessen steigt der prozentuale Anteil dieser Frauen in Naturwissenschaften, Jura und im Lehramt. Tendenzuell führt ihr Weg damit in andere Berufsfelder, vor allem in den Öffentlichen Dienst. Der Anteil der Männer vom Potenzial-Typ „Führungsnachwuchs“ ist in den Wirtschaftswissenschaften deutlich höher, er liegt bei 32 Prozent im Vergleich zu 22 bei den Frauen.

Anhand der Ergebnisse und angesichts der aktuellen Debatte um den Frauenanteil in Führungspositionen und um Fachkräftemangel warnen die Autoren der Studie vor der „selbsterfüllenden Prophezeiung“: Frauen könnten von vornherein auf den Typ „Assistentkraft“ festgelegt und abgestempelt werden, ohne vorhandenes oder schlummerndes Potenzial richtig zu fördern. „Die bei Frauen deutlich andere Schwerpunktsetzung in ihren beruflichen Befriedigungspotenzialen – Ethik und Image statt Macht – kann leicht dazu führen, dass Frauen von Führungskräften nicht der Kategorie ‚Aufstiegskandidaten für spätere Führungsaufgaben‘ zugeordnet werden“, so Wottawa. „Die dann einsetzenden Mechanismen können den Aufstieg so eingeordneter Personen behindern, obwohl sich deren berufliche Motivation und Kompetenz inzwischen völlig geändert haben könnte.“

Als Lösung für die Personalentwicklung schlagen die Forscher vor, geeignete Verfahren zur Potenzialanalyse wiederholt, zum Beispiel jährlich einzusetzen.

Chemie schon im Kindergarten Bildungs-Positionen von Chemieorganisationen

Schon die Kleinsten sollten im Kindergarten durch spielerische Experimente an Phänomene aus Natur und Alltag herangeführt werden. Zur bisherigen Erziehung sollte die frühkindliche Bildung in den Naturwissenschaften als zweites Standbein hinzukommen. Das fordern der Bundesarbeitgeberverband Chemie (BAVC), die Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie (IG BCE), die Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) und der Verband der Chemischen Industrie (VCI) in ihren aktuellen „Bildungspolitischen Positionen und Forderungen“.

Der Innovationsstandort Deutschland sei auch in Zukunft auf eine leistungsfähige Chemie angewiesen, um im weltweiten Wettbewerb weiterhin eine führende Rolle zu spielen. Deshalb brauche die Chemie in der Wissenschaft und in der Industrie hervorragend ausgebildete Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen mit fundierten naturwissenschaftlich-technischen Kenntnissen und Fähigkeiten (MINT-Qualifikationen). „Die Grundlagen werden hierfür bereits im frühen Kindesalter gelegt“, betonen die vier Chemieorganisationen.

Sie fordern weiter, dass naturwissenschaftlich-technisch orientierter Sachunterricht bereits an Grundschulen verbindlich eingeführt wird. Nach Auffassung von BAVC, IG BCE, GDCh und VCI sollte in den weiterführenden Schulen ein Drittel des Unterrichts auf Mathematik und Naturwissenschaften entfallen. Schulabschlüsse sollten über verbindliche Bildungsstandards vergleichbar sein.

Darüber hinaus müsse die duale Berufsausbildung gestärkt werden, um den Bedarf an Fachkräftenachwuchs zu sichern. Ein besonderes Augenmerk gilt der mittel- und langfristigen Versorgung mit qualifizierten Berufsschullehrern, insbesondere in naturwissenschaftlichen und technischen Fächern. Auch die Qualität der Hochschulbildung und -abschlüsse müsse gefestigt werden. „Unsere Bachelor- und Masterstudiengänge in den MINT-Fächern müssen international attraktiv sein“, machten die vier Chemieorganisationen in ihrem Positionspapier deutlich.

Die „Bildungspolitischen Positionen und Forderungen“ der Chemieorganisationen können unter www.gdch.de/positionen heruntergeladen werden.

Köln: Jeder zweite Ruf in NatWiss an Frauen

Die Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät der Universität zu Köln ist besonders erfolgreich in der Frauenförderung. In den letzten 2 Jahren lag der Anteil der neu berufenen Professorinnen bei 50 Prozent. Insgesamt nahmen 7 Wissenschaftlerinnen in Bereichen wie Bophysik, Mathematik oder Chemie ihre Arbeit auf. 14 Professuren wurden in diesem Zeitraum besetzt. Auch der Ende des vergangenen Jahres veröffentlichte Gender-Report des Netzwerk Frauen- und Geschlechterforschung belegt, dass die Fakultät den Frauenanteil beim vollzeitbeschäftigten wissenschaftlichen Personal steigern konnte und zwar von 14,8 Prozent auf über 25 Prozent innerhalb von 10 Jahren.

Wie das Bundesministerium für Bildung und Forschung mitteilte waren in Deutschland 2009 insgesamt 18 Prozent aller Professuren mit Frauen besetzt (2009). Das sind rund vier Prozentpunkte mehr als 2005 und eine Steigerung um 10 Prozentpunkte gegenüber 1995.

Aus der Bildungslandschaft

- Die Arbeit mit Mikroorganismen und nachwachsenden Rohstoffen wird in vielen Wirtschaftszweigen immer wichtiger. Diese Kenntnisse vermittelt der neue Bachelor-Studiengang **„Bioverfahrenstechnik in der Agrar- und Lebensmittelwirtschaft“** der Hochschule Osnabrück. Interessierte können sich bis zum **15. Juli** um einen Studienplatz bewerben. Vor Studienbeginn ist ein vierwöchiges Praktikum nachzuweisen.

- An der TU Kaiserslautern laufen derzeit die Vorbereitungen für den interdisziplinären Studiengang **Bio- und Chemie-Ingenieurwissenschaften** zwischen den Fachbereichen Chemie und Maschinenbau/Verfahrenstechnik auf Hochtouren. Der konsekutive Bachelor- und Masterstudiengang soll zum nächsten Wintersemester starten. Der dreisemestrige Masterstudiengang baut auf einem siebensemestrigen Bachelorstudiengang auf.

- Die Technischen Universität Ilmenau hat das **„Institut für Chemie und Biotechnik“** gegründet. Mit dem Beschluss des Senates und der Hochschulleitung wird an der einzigen technischen Universität Thüringens eine Lücke im naturwissenschaftlichen Bereich geschlossen. Künftig wird neben dem bestehenden Institut für Physik die Chemie gemeinsam mit der Biotechnik in einem eigenständigen Institut etabliert.

- Die Universität Leipzig startet im Herbst den fünften Jahrgang des **Masterstudiengangs Journalistik**. Bachelor-, Diplom- und Magisterabsolventen sämtlicher Fachrichtungen können sich noch bis zum **15. Mai** bewerben.

- Vor allem als Ratgeber für Chemiestudierende und Doktoranden der Chemie versteht sich die **Broschüre „Informationen zum Berufseinstieg für Chemikerinnen und Chemiker“** der GDCh. Die Broschüre stellt verschiedene Berufsfelder in der chemischen Industrie, den Quereinstieg in den Lehrberuf sowie freiberufliche Tätigkeiten vor. Hilfreiche Internet-Adressen, Informationen zum Bewerbungsprozess, zum Einsatz sozialer Netzwerke im Berufsleben und die Unterstützung stellensuchender Chemiker durch die GDCh geben nützliche Hinweise auch für Chemikerinnen und Chemiker, die sich neu orientieren möchten.

- Physiker mit Diplom- oder Master-Abschluss sind auf dem Arbeitsmarkt begehrte Fachkräfte. Doch **der Abschluss Bachelor stößt bei der deutschen Wirtschaft auf wenig Interesse**. Das ist das Ergebnis einer aktuellen Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Die Umfrage unter 28 großen und mittelständischen Unternehmen zeigt, dass es für Absolventen mit dem Abschluss Physik-Bachelor derzeit praktisch keine Nachfrage gibt. Die mit diesem Abschluss verbundene Qualifikation wird von den Unternehmen als nicht ausreichend angesehen.

IR-Spektroskopie

Mehrere richtige Antworten pro Frage sind möglich.

1 Was ist eine typische Anwendung der Atomabsorptionsspektroskopie (AAS)?

- A** Zink in einem metallischen Feststoff qualitativ bestimmen.
- B** Kupfer in einer flüssigen Probe quantitativ bestimmen.
- C** Kohlenstoff in einem Feststoff qualitativ bestimmen.
- D** Oxidationszustand von Eisen in einer Probe bestimmen.
- E** Metallspurenanalytik.

2 Die AAS ermittelt?

- A** Die von einem Atom im elektronischen Grundzustand emittierte Energiemenge.
- B** Die von einem Molekül im elektronischen Grundzustand absorbierte Energiemenge.
- C** Die von einem Atom im elektronischen Grundzustand absorbierte Energiemenge.
- D** Die von einem Atom im elektronisch angeregten Zustand absorbierte Energiemenge.
- E** Die von einem Atom nach elektronischer Anregung emittierte Energiemenge.

3 Welche Primärstrahlungsquelle nutzt die AAS?

- A** Hohlkathodenlampe.
- B** Nernstlampe.
- C** Deuteriumbogenlampe.
- D** Elektrodenlose Lampe.
- E** Starklichtlampe.

4 Was gilt für eine Hohlkathodenlampe (HKL)?

- A** Eine HKL enthält als Anode das zu bestimmende Metall.
- B** Die Anode einer HKL besteht meistens aus Wolfram.
- C** Eine HKL enthält als Kathode das zu bestimmende Metall.
- D** Eine HKL ist mit Neon oder Argon gefüllt.
- E** Der Druck in einer HKL ist höher als der Luftdruck.

5 Welche Atomisierung nutzt die AAS?

- A** Graphitrohrtechnik.
- B** Hydridtechnik.
- C** Kaltdampftechnik.
- D** Plasmatechnik.
- E** Flammtechnik.

6 Welchen Vorteil hat die Flammen- gegenüber der Graphitrohrtechnik? Die Flammtechnik ...

- A** ... erfordert einen geringeren Zeitaufwand.
- B** ... ist besser reproduzierbar.
- C** ... ist weniger störungsanfällig.
- D** ... vermeidet Verdünnung durch das Brenngas.
- E** ... liefert bessere Nachweisgrenzen.

7 Für welches Element dient die Hydridtechnik zur Atomisierung?

- A** Antimon.
- B** Blei.
- C** Eisen.
- D** Selen.
- E** Zinn.

8 Welche Temperatur ist mit der Kaltdampftechnik üblich?

- A** 400 – 500 °C.
- B** 850 – 1000 °C.
- C** 1700 – 1900 °C.
- D** 2000 – 2050 °C.
- E** 2600 – 2800 °C.

9 Was ist eine chemische Störung bei AAS-Messungen?

- A** Oxidbildung.
- B** Bildung von Molekülen.
- C** Probenanteile, die nicht in der Standardlösung enthalten sind.
- D** Bildung angeregter Moleküle.
- E** Bildung von Ionen.

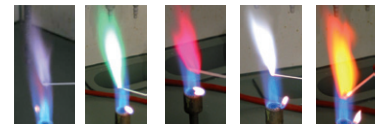
10 Wie erfolgt die Anregung der Atome bei der Atomemissionsspektroskopie (AES)?

- A** Durch eine Flamme.
- B** In einem Ofen.
- C** Mit einem Funken.
- D** Durch einen Lichtbogen.
- E** Mit einem induktiv gekoppelten Plasma.

11 Beim Linienspektrum des Wasserstoffs entstehen Emissionslinien im sichtbaren Bereich dadurch, dass Elektronen aus den verschiedenen angeregten Zuständen ...

- A** ... auf das dritte Energieniveau zurückfallen.
- B** ... wieder auf das Grundniveau zurückfallen.
- C** ... auf das zweite Energieniveau zurückfallen.
- D** ... um ein weiteres Niveau aufsteigen.
- E** Wasserstoff emittiert nur im UV-Bereich.

12 Welche Flammenfärbung deutet auf Antimon?



A B C D E

13 Welches Bauteil spaltet die Strahlung in verschiedene Wellenlängen auf?

- A** Die Anregungsquelle.
- B** Der Spalt.
- C** Der Monochromator.
- D** Der Detektor.
- E** Die Recheneinheit.

14 Was existiert im Plasma?

- A** Temperaturen von etwa 700 K.
- B** Ionen.
- C** Freie Elektronen.
- D** Atome.
- E** Temperaturen von etwa 7000 K.

Lösungen zu Seite 86 (CLB 01–02/2011):

1 B, D; 2 A, B, C, D; 3 A;
4 B, C, E; 5 A, C, D, E;
6 A, D, E; 7 C, D, E; 8 D;
9 C; 10 D; 11 B, C; 12 A; 13 E;
14 C; 15 A, C.

(Lösungen zu den Fragen hier finden Sie in CLB 04/2011 sowie auf www.clb.de)

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!

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>

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

Schon frühzeitig war Größe bei Atomkraftwerken ein für die Wirtschaftlichkeit entscheidendes Kriterium. Unten zeigt die CLB vom Dezember 1965 den Bau des ersten deutschen Kern-Großkraftwerks. Nur wenige Jahre später wurde Biblis angegangen, wie CLB November 1669 meldet (ganz unten links). Deutschland war damals bei der atomaren Energieerzeugung noch ein Zwerg (CLB Dezember 1969, ganz unten rechts).

520

Betrieb

Über die in der Mineralölindustrie verwendeten Extraktionsverfahren berichtet D. Klamann. Das Edlecanu-Verfahren der Extraktion von aromatische, olefinische und Heteroatome enthaltenden Anteilen mit Hilfe von flüssigem Schwefeldioxid ist das älteste Extraktionsverfahren der Mineralölindustrie, bei dem die Flüchtigkeit sowie die geringe Viscosität des SO₂ von Vorteil ist, während der hohe Dampfdruck und die geringe Lösekraft für höhermolekulare Aromaten nachteilig sind. Dies Verfahren eignet sich z. B. zur Raffination von Schmierölfractionen.

Das Phenol-Verfahren für Schmieröle benutzt z. T. wasserfreies, z. T. wasserhaltiges (konstant siedende Gemische!) Phenol als Extraktionsmittel.

Das Furfurol-Verfahren für die Verbesserung des Viscositätsindex und der Oxydationsstabilität von Schmierölen arbeitet bei wesentlich höheren Temperaturen als das Phenolverfahren, aber ebenso wie dieses unter Einsatz von Destillaten oder aber zumindest entasphaltierten Ölen, um Emulsionsbildung zu verhüten.

Wesentlich geringere Bedeutung haben das Nitrobenzol-Verfahren sowie das Chlorex-Verfahren; letzteres verwendet β,β'-Dichloräthyläther als Extraktionsmittel. Das Duosol-Verfahren unterscheidet sich von den vorgenannten durch den Einsatz von zwei Lösungsmitteln, die im Gegenstrom geführt werden: einerseits Propan, das das Raffinat aufnimmt, und andererseits ein „Selektio“ genanntes Gemisch aus Phenol und Kresolen, das neben Aromaten und Asphaltstoffen Harze, ungesättigte sowie auch gefärbte Bestandteile aufnimmt.

Das Udex-Verfahren dient zur Extraktion und Gewinnung aromatischer Fraktionen im Vergaserkraftstoff-Siedebereich oder auch reiner Aromaten, z. B. aus Reformat-Fractionen. Es verwendet als Extraktionsmittel Diäthylenglycol

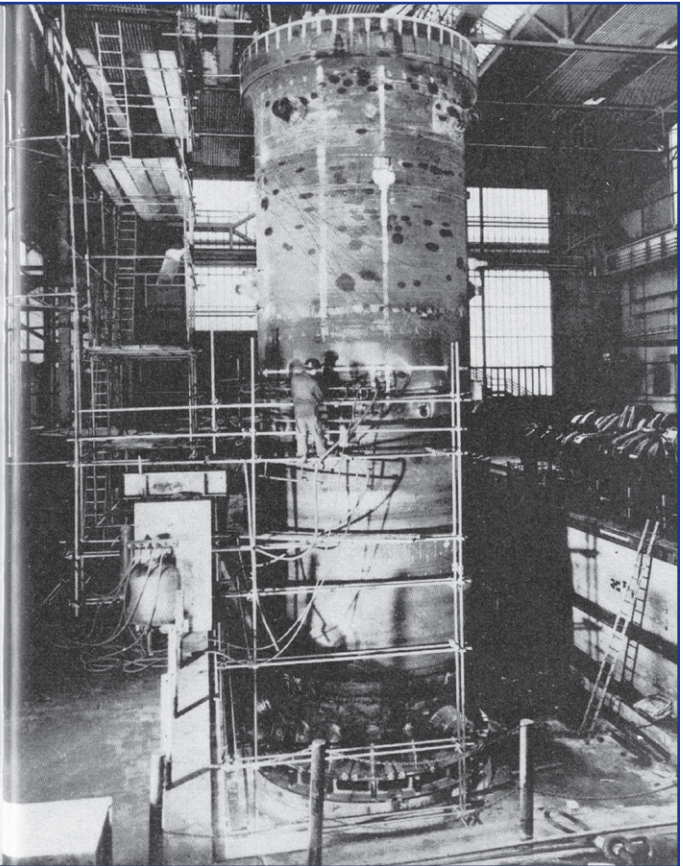
usw., die bei drucklosem Arbeiten und relativ hohem Temperaturbereich nicht korrosiv sind. Bei der Propan-Entasphaltierung dient flüssiges Propan als Lösungsmittel für die Ölanteile, während es zugleich als Fällungsmittel für Asphaltteile fungiert. (Erdöl Kohle-Erdgas-Petrochem. 78, 80 [1965].)

Das erste deutsche Kern-Großkraftwerk der RWE-Bayernwerke GmbH in Gundremmingen an der Donau geht seiner Vollendung entgegen. Das Herzstück dieses Kraftwerkes ist ein Zweikreis-Siedewasser-Reaktor-Druckbehälter, der von der International General Electric Operations S. A. in Frankfurt der Rhein Stahl Hüttenwerke AG, einer Tochtergesellschaft der Rheinischen Stahlwerke, Essen, in Auftrag gegeben wurde. Dieser Druckbehälter, ausgelegt für einen Betriebsdruck von 88 atü und eine Temperatur von 320 °C, ist mit seinem Gewicht von etwa 300 t — ohne Einbauten —, seinem lichten Durchmesser von etwa 3,7 m und seiner Höhe von ca. 17 m der größte zur Zeit fertiggestellte Reaktor-Druckbehälter, (s. das nebenstehende Bild, das die Montage der Druckbehälter zeigt!).

Der Deckel- und Behälterflansch sowie die insgesamt sechs zylindrischen Schüsse sind sämtlich nahtlos hohlgeschmiedet. Sie sind untereinander und mit den Kugelböden durch Rundschweißnähte zu den zwei Hauptteilen Behälter und Deckel zusammengefügt. Grundwerkstoff dieses Druckbehälters ist ein vakuum-entgast, niedrig legierter NiMoCr-Feinkorn-Sonderstahl. Die gesamte Innenoberfläche ist durch Schweißplattierung geschützt.

Zum Behälter gehört eine besondere Vorrichtung, die es ermöglicht, sämtliche 52 Schrauben der Flanschverbindung gleichzeitig und gleichmäßig anzuspinnen.

1) Werkfoto: Rhein Stahl Hüttenwerke AG, Werk Ruhrstahl Heinrichshütte, Hattingen (Ruhr).



Kreuz und Quer

Das neue Kohlekraftwerk der Chemischen Werke Hüls in Marl, das Ende 1970 angefangen werden soll, wird im Jahr rund 250000 t Kohle (SKE) verbrauchen und eine Leistung von 120 MW haben. Es werden 65 MW Strom erzeugt und rund 275 t Dampf pro Stunde an die Fabrikation geliefert. Damit wird Hüls über eine installierte Energieleistung von 550 MW verfügen. Durch den Neubau wird der Absatz eines großen Teils der Förderung der Rhein Stahl-Zeche Brassert in Marl gesichert. Somit wird ein weiterer Beitrag zur Erhaltung lebenswichtiger Arbeitsplätze im Bergbau geleistet. Der Gesamtkohleverbrauch der Kraftwerke der Chemische Werke Hüls AG wird dann rund 1,5 Mill. t (SKE) im Jahr betragen.

Voraussetzung für einen guten Ertrag in der Landwirtschaft ist die einwandfreie Bodenbeschaffenheit. Beim Anbau gleicher Kulturen in ununterbrochener Reihenfolge besteht die Gefahr der Bodenverschöpfung, weil Schädlinge im Laufe der Zeit gegen chemische Mittel immun werden. Als sehr wirkungsvoll hat sich das Keimfrei machen von Kulturböden durch Flächendämpfung erwiesen.

Die Mipoplast®-Folienplane der Dynamit Nobel AG, Troisdorf, bietet die Möglichkeit, Erdämpfungen großflächig und rationell vorzunehmen. Vom Dampfkessel werden Rohr- bzw. Schlauchleitungen unter die zuvor beschwerten Ränder der Folienbahnen gelegt und Dampf wird zugeführt. Der gesamte Flächenbereich wird von Wasserdampf bestrichen und durchdrungen, wobei das stehende Dampfpolster die im Boden befindlichen Schädlinge vernichtet.

Kraftwerk Union baut Europas größtes Kernkraftwerk. Das 1150-MW-Kernkraftwerk Biblis der Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk AG, das am rechten Rheinufer nordöstlich von Worms bei Biblis, Kreis Bergstraße, errichtet wird und 1974 den Betrieb aufnehmen soll, ist die bei weitem größte bisher in Europa in Auftrag gegebene Anlage. Typ und Konzeption entsprechen den 300- bzw. 600-MW-Kernkraftwerken Obrigheim und Stade. Die Reaktoren dieser Anlagen, die mit angereichertem Uran als Brennstoff und Leichtwasser als Moderator und Kühlmittel arbeiten, haben ein sich geschlossenes Kühlsystem. Der Reaktor Kern enthält 193 Brennelemente mit 3,9 m aktiver Länge. Die im Kern erzeugte Wärme wird mit vollentsalztem Wasser als Wärmeträger an die Dampferzeuger abgeführt. Vier parallele Kühlkreisläufe übernehmen den Wärmetransport.

Methylbromid über Luftbrücke von Holland nach dem Sudan. Ein groß angelegter Lufttransport nach dem Sudan von Methylbromid — einem Begasungsmittel zur Bekämpfung einer ganzen Reihe von Boden- und Vorratsschädlingen — ist erfolgreich beendet worden. Das Frachtgut, insgesamt 45000 kg in 500 Gasflaschen, soll Sudans Baumwoll- und Getreidesaatgut vor gefährlichen Vorratsschädlingen retten. Die gesamte Menge wurde mit 6 Maschinen vom Flughafen Schiphol in Amsterdam nach Port Sudan geflogen. Das Begasungsmittel wurde vom Zentrallager der Dow Chemical in Botlek bei Rotterdam geliefert.

Lufttransporte von Methylbromid sind wegen des großen Gewichts der Stahlflaschen und außerdem wegen der zur Verhütung von Leckagen erforderlichen strengen Sicherheitsmaßnahmen äußerst ungewöhnlich. Sicherheitsingenieure der Dow überwachten das Verladen und untersuchten jede einzelne Flasche mit elektronischen Geräten auf Undichtigkeiten.

522

Forschung und Technik

Eine neue, brennfeste Faser wird von der US-Firma Carborundum Co unter dem Namen „Kynol“ in den Handel gebracht. Es handelt sich chemisch um ein hochvernetztes Phenol-polymer, dessen einzige Bestandteile Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff sind. Auf Grund ihrer starken Vernetzung ist die Faser amorph.

Auffällig ist die Beständigkeit der Kynolfasern; sie widerstehen allen organischen Lösungsmitteln und nicht oxydierenden Säuren, gegen oxydierende Säure und gegen starkes Alkali ist das Material einigermaßen widerstandsfähig.

Oberhalb 150 °C zerfällt die Faser in oxydierender Atmosphäre, bei über 250 °C verkohlt Kynol ohne zu brennen unter Entwicklung von CO₂ und Wasserdampf. Ihre technischen Eigenschaften machen sie durchaus geeignet für eine Verwendung in Geweben. Der Preis ist noch recht hoch, kann aber mit zunehmender Produktion auf die Basis der üblichen Fasern gesenkt werden. (Chem. Engng. News 47 H. 17, 16 [1969].)

Kernkraftwerke in der Welt. Ende 1968 waren in der Welt 64 Kernkraftwerke mit einer Netto-Kapazität von 12807 MWe in Betrieb. Weitere 138 Kernkraftwerke, mit deren Inbetriebnahme bis Ende 1975 zu rechnen ist, befinden sich im Bau bzw. sind geplant. Damit werden Ende 1975 in der Welt voraussichtlich mehr als 200 Kernkraftwerke mit einer gesamten Nettoleistung von über 105000 MWe in Betrieb sein. Davon

- 164 Kernkraftwerke mit 89995 MWe in den Ostblockstaaten
 - 18 Kernkraftwerke mit 6690 MWe in Asien (ohne Ostblock)
 - 20 Kernkraftwerke mit 8579 MWe
 - 202 Kernkraftwerke mit 105204 MWe
- Die Vereinigten Staaten werden Ende 1975 mit 88 Anlagen von zusammen

60149 MWe die größte nuklear installierte elektrische Leistung aufweisen, gefolgt von Großbritannien mit 10643 MWe bei 19 Anlagen. Diese beiden Länder allein verfügen dann über 69% der gesamten nuklear installierten Nettoleistung. Während bis 1968 der Gas-Graphit-Reaktor der meistgebaute Typ war, wird es 1975 der Druckwassertyp sein.

Der Anteil der Bundesrepublik Deutschland an der gesamten Stromerzeugung aus Kernenergie betrug 3% im Jahre 1967 und 4% im Jahre 1968; der Anteil der Kernenergie an der gesamten Stromerzeugung in der Bundesrepublik betrug 1967 0,7% und 1968 1,0%. (Bundesministerium f. Bildung u. Wissenschaft.)

Pflanzenzucht in Nährlösung. Grundsätzlich enthält jede beliebige Körperzelle, sowohl bei Tieren als auch bei Pflanzen, alle Informationen, die zum Aufbau des Gesamtindividuum notwendig sind. Trotzdem macht es sehr große Schwierigkeiten, aus einzelnen Körperzellen vollständige Individuen zu züchten. Neuerdings ist es gelungen, aus einer Zellkultur des Espenbaumes wieder einen vollständigen Baum mit Wurzeln und Stamm zu erzielen. Das Geheimnis des Erfolges liegt offenbar in dem richtigen Einsatz und der ausgewogenen Konzentration von Pflanzenwachstumshormonen. Man begann mit einem kleinen Stück vom Kambium einer Espe, das in Wolters Nährlösung, einer Mischung von Nährstoffen und Vitaminen, kultiviert wurde. Als wichtigen Zusatz enthält das Kulturmedium 0,05 mg/l 2,4-Dichlorphenoxyessigsäure. Dieser Stoff, der sonst wegen seiner hohen Wirksamkeit als Herbizid verwendet wird, soll hier als Auxin wachstumsregulierend eingreifen. Daneben muß man ein Cytokinin zusetzen, ein Pflanzenhormon, das die Teilung der Chromosomen beeinflusst. Unter diesen Bedingungen wächst sich das Kambium-

Das Online-Magazin für Labor und Analytik

Kontakt Newsletter Anzeigen schalten Über uns FAQ Shop

Labor Magazin ANALYTIK NEWS

++ 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.

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

© 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

www.analytik-news.de

Besuchen Sie uns am 19. April auf der Life-Science Jobmesse „CONTACT2011“ im DKFZ in Heidelberg.