

CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

Analytik

Biotechnik

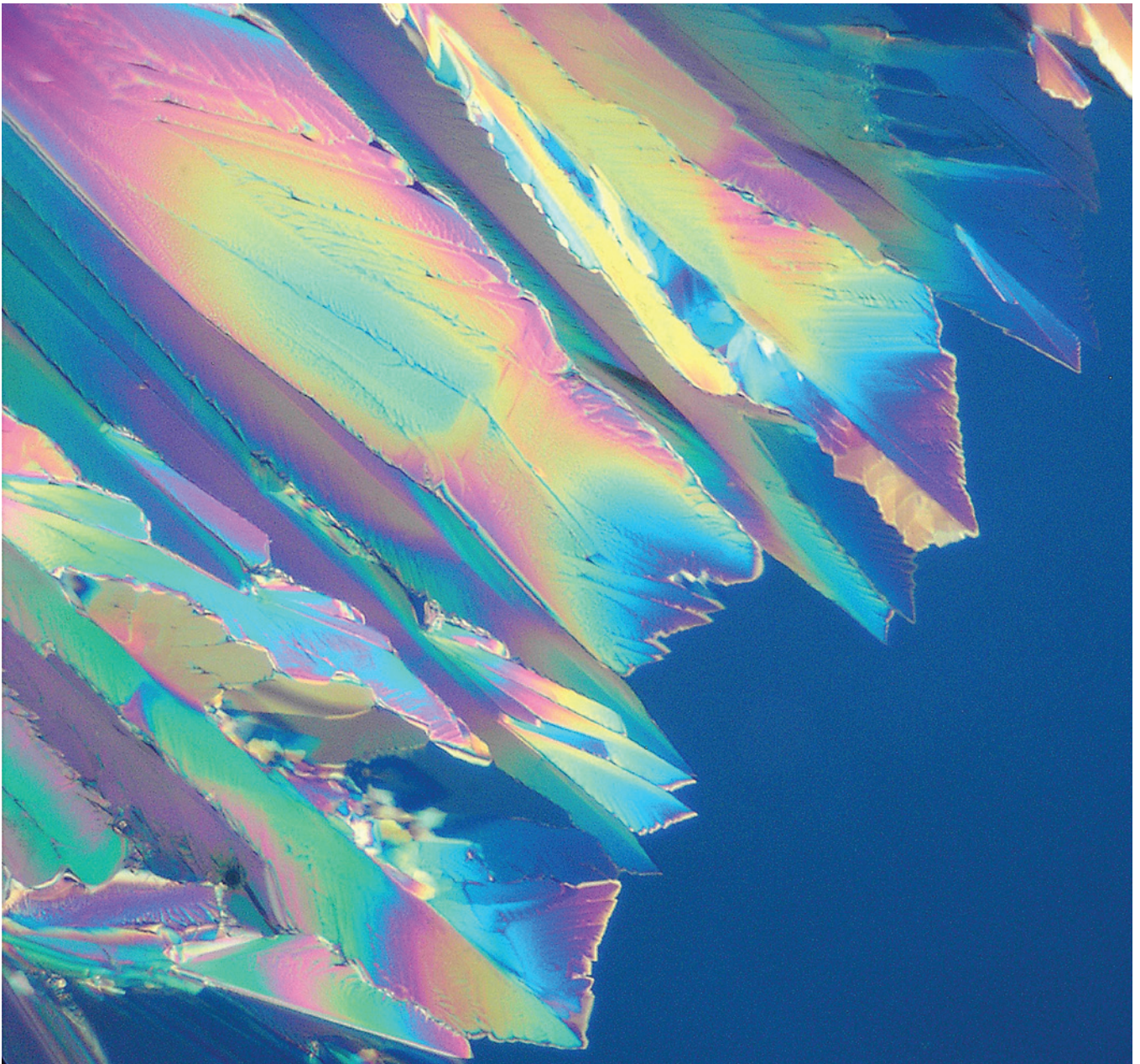
Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung



- Acylierung
- Spezialanalytik

- Chemie-Museum Merseburg
- Kalibrierung

Ligninverwertung: Vor fast 50 Jahren (der Artikel stammt aus der CLB 04/1958) ein ungelöstes chemisches Rohstoffproblem – und heute? „Gut Ding will Weile haben“, so auch die Isolierung und Nutzung des so reichlich aus dem Holz anfallenden Lignins, jährlich weltweit an die 50 Millionen Tonnen aus der Zellstoffindustrie. Neben den damals schon beschriebenen Sulfit- und Sulfatzellstoffverfahren zur Lignin-Herauslösung haben sich noch andere Methoden etabliert: Beim Organosolv-Verfahren wird Lignin durch organische Lösemittel gelöst. Die Verwendung ionischer Flüssigkeiten als Lösemittel ist umweltfreundlich, da diese vollständig recyclebar sind.

Große Mengen des Lignins werden immer noch verfeuert. Es gibt noch nicht **das** Ligninprodukt, aber vielversprechende Ideen: Mitte der 1990er Jahre haben zwei findige Maschinenbauer am Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie in Pfinztal eine Art Biokunststoff daraus entwickelt. Sie mischten Lignin mit Flachs oder Hanf und gewannen einen Werkstoff, der bei Erwärmung wie herkömmlicher Kunststoff formbar ist. Ihr flüssiges Holz namens Arboform (lat. arbor = Baum) ist biologisch abbaubar und so stabil wie Kunststoff. Vor allem aber kann das Bioplastik in den herkömmlichen Kunststoffproduktionsanlagen verarbeitet werden. Teure Investitionen in neue Maschinen fallen also weg. 1998 haben sich die Erfinder mit ihrer Firma selbstständig gemacht. Die Nachfrage ist beachtlich. Konzerne wie Porsche, Sony und Birkenstock sind bereits Kunden und fertigen aus Flüssigholz Lautsprecherboxen, Uhrengehäuse, Autoarmaturen, Spielwaren und Knöpfe. Noch ist Arboform teurer als Markenkunststoff, in absehbarer Zukunft aber wird der Werkstoff billiger als Kunststoff sein, sobald die Fördermenge des Erdöls ihren Zenith überschritten hat und es zur Verknappung von Kunststoffen kommt. Dies könnte bereits 2010 der Fall sein...

lichkeiten vorhanden sind, und verunreinigen überdies unsere Flüsse und Seen mit organischer Substanz³⁾. Neben der Cellulose ist Lignin der mengenmäßig bedeutendste organische Rohstoff; in Anbetracht der ständig sich verknappenden Rohstoffquellen erwächst also hier den Chemikern eine große volkswirtschaftliche Aufgabe.

Jahrzehntelange Forschungsarbeit zahlreicher Chemiker hat bis heute zu einem nur in groben Umrissen erkennbaren Bild vom Bau des Lignins geführt, und diese Tatsache legt in Anbetracht des hohen Entwicklungsstandes der Chemie schon Zeugnis dafür ab, daß diese Substanz einen äußerst verwickelten Bau besitzen muß⁴⁾. Einige Ergebnisse der Ligninforschung sollen hier nun in knapper Form berichtet werden, ohne daß auch nur annähernd auf Vollständigkeit Anspruch erhoben werden kann, denn zahlreiche Wege wurden beschritten, um den Bau des Lignins zu enträtseln. Diese Forschungsarbeiten befriedigen nicht nur den menschlichen Ehrgeiz, der Natur ständig neue Geheimnisse zu entreißen, sondern sie berechtigen darüber hinaus zu der Hoffnung, bei besserer Kenntnis vom Bau des Lignins einige Probleme der Zellstoffindustrie zu lösen und ferner die Riesensummen von alljährlich anfallendem Lignin einer nutzbringenden Verwendung zuführen zu können, die trotz zahlreicher Vorschläge und Patente bis heute noch immer aussteht. Allein in den USA gehen jährlich 1000000000 pounds (etwa 1/2 Million t) von Ligninsulfonaten mit den Abwässern der Sulfitzellstoff-Fabriken ins Meer⁵⁾.

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf Lignin aus Nadelhölzern, über das wir am besten orientiert sind.

Der Bau des Lignins

Vor mehr als 80 Jahren wurde bereits von *F. Tiemann* und *B. Mendelsohn* die Vermutung ausgesprochen, daß Lignin in irgendeiner Beziehung zum Coniferylalkohol (I) stehen müsse. Phenolische OH-Gruppen sowie Methoxygruppen ließen sich nachweisen. Die aromatische Natur des Lignins wurde später insbesondere durch *K. Freudenberg* bewiesen, der nach Behandlung mit starken Alkalien und anschließender Methylierung⁶⁾ und Oxydation aus Coniferen-Lignin⁷⁾ einige Prozente Isohemipinsäure (II) erhalten konnte. Im Jahre

¹⁾ Es sei nur am Rande vermerkt, daß mit den Abwässern der Sulfitzellstoff-Fabriken allein in Deutschland ca. 50000 t Schwefel verlorengehen, die in Form von Sulfosäuren an Lignin gebunden sind.

²⁾ Lange Zeit wurde heftig darüber diskutiert, ob Lignin im Holz als Substanz vorliegt oder erst ein Abbauprodukt sei, das bei chemischer Behandlung entsteht. Die neuere Forschung, insbesondere auch die Arbeiten von *Freudenberg*, haben den Beweis erbracht, daß Lignin tatsächlich in der Holzsubstanz vorliegt.

³⁾ Welche Sorge die Abwässer der Sulfitzellstoff-Fabriken den Chemikern und Technikern bereiten, beweist die Tatsache, daß z. B. noch immer Verfahren entwickelt werden, um die organischen Substanzen in der Sulfitlauge zu verbrennen und so weitestgehend für die Energie-Lieferung nutzbar zu machen (s. Umschau 67, 374 [1957]).

⁴⁾ c1ccc(O)c(O)c1 + NaOH -> c1ccc(O[Na])c(O)c1 + CH3I -> c1ccc(O)cc1OC; Phenole bilden mit Alkalilauge wasserlösliche Phenolate, die sich z. B. mit Methyljodid leicht methylieren lassen.

⁵⁾ Coniferen = Nadelhölzer.

Lignin

Ein ungelöstes chemisches Rohstoffproblem

Von Dipl.-Chem. Dieter Osteroth, Mülheim/Ruhr

Lignin — ein Bestandteil des Holzes

Die Wälder der Erde bilden die größte organische Rohstoffquelle, die sich ständig erneuert und Jahr für Jahr ungeheure Mengen Holz liefert¹⁾. Holz ist ein wichtiger Rohstoff, der nicht nur als Bau-, Brenn- und Grubenholz unentbehrlich, sondern darüber hinaus ein äußerst wichtiger chemischer Rohstoff ist.

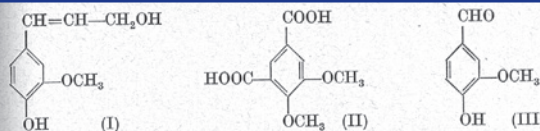
Die Zusammensetzung des Holzes schwankt je nach der Baumart und ist selbst im einzelnen Baum nicht an allen Stellen gleich. Der Hauptbestandteil ist die Cellulose, die in lufttrockenem Kiefern- und Buchenholz etwa 40% ausmacht. Als mengenmäßig wichtigster Bestandteil im lufttrockenen Holz ist neben der Cellulose das Lignin zu nennen, das im Buchenholz zu etwa 20% enthalten ist, während sich im Kiefernholz ca. 30% vorfinden. Ein weiterer wichtiger Bestandteil sind die Hemicellulosen²⁾, daneben noch Harze, Wachse und Aschebestandteile.

Wir können Lignin, dessen Name sich vom lateinischen Wort lignum = Holz ableitet, als die Kittsubstanz betrachten, welche die einzelnen Cellulosefibrillen miteinander verfestigt und vor allem gegen seitlichen Druck verstärkt. *K. Freudenberg* hat einmal den Vergleich mit Eisenbeton angestellt: Die Cellulosefasern sind dann mit den zugfesten Eisenstangen zu vergleichen, während das Lignin der druckfesten Betonmasse entspricht. Der Ligningehalt bedingt also die Druckfestigkeit des Holzes, so daß Kiefernstämmen infolge ihres größeren Ligningehaltes seitlichem Umknicken größeren Widerstand entgegenzusetzen als etwa Buchenstämmen.

Als chemischer Rohstoff besitzt lediglich die Cellulose wirklich ausgedehnte Bedeutung. Um sie aus Holz zu isolieren, wird dieses im größten Maßstab nach verschiedenen Verfahren aufgeschlossen, wobei die störende Kittsubstanz Lignin in wasserlösliche Formen umgewandelt wird, während die wasserunlösliche Cellulose als mehr oder weniger verunreinigter „Zellstoff“ zurückbleibt. Das gesamte Lignin geht bei diesen Aufschlußverfahren in die Abwässer der Zellstoff-Fabriken, und Jahr für Jahr entziehen sich so gewaltige Mengen eines Rohstoffes, für den heute noch keine ausgedehnten Verwendungsmög-

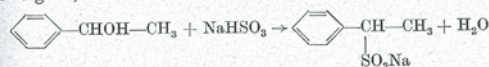
¹⁾ Der Gesamtholzeinschlag der Welt betrug 1954 nahezu 1 1/2 Milliarden Festmeter.

²⁾ Hemicellulosen sind Polysaccharide mittlerer Kettenlänge. Sie unterscheiden sich sowohl in ihrer chemischen Zusammensetzung als auch im Polymerisationsgrad beträchtlich von der Cellulose. Während Cellulose nur aus Glucosemolekülen aufgebaut ist, sind Hemicellulosen aus den verschiedensten Zuckern gebildet, nämlich sowohl Pentosen (= Zucker mit 5 C-Atomen im Molekül, z. B. Xylose, Arabinose) als auch Hexosen (= Zucker mit 6 C-Atomen im Molekül, z. B. Glucose, Mannose, Galactose.)

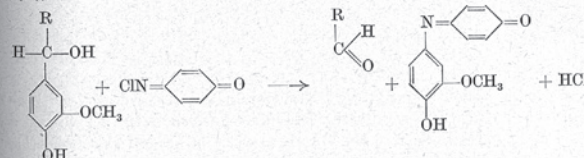


1904 war bereits der Nachweis von Vanillin (III) in den Abläugen der Sulfitzellstoff-Fabriken gelungen. *K. Freudenberg* gelang es, aus Lignin in ca. 27%iger Ausbeute Vanillin durch Oxydation mit Nitrobenzol zu erhalten. Die phenolischen OH-Gruppen im Lignin lassen sich übrigens leicht methylieren; hierzu eignet sich u. a. Diazomethan.

Beim Aufschluß von Holz nach dem Sulfitverfahren macht man schon jahrzehntlang von der Tatsache technischen Gebrauch, daß Lignin mit schwefeliger Säure leicht unter Bildung von Ligninsulfonsäuren reagiert, deren Calciumsalze in Wasser leicht löslich sind. Den Schlüssel zum Verständnis dieser Reaktion fand *B. Holmberg*, der die Reaktion mit derjenigen von Benzylalkoholderivaten verglich, die sich mit Bisulfit leicht zu Sulfonsäuren umsetzen:



Einen endgültigen Beweis hierfür lieferte jedoch erst die von *J. Gierer* gefundene Reaktion des Lignins, das sich mit Chinonmonochlorimin⁸⁾ unter gleichzeitiger Bildung von Guajacylindophenol⁹⁾ (= Indophenol des Guajacols (V)) und Aldehyden umsetzt:



Weiter sei erwähnt, daß bei der Alkalischmelze von Fichtenlignin Protocatechusäure (IV) nachgewiesen wurde, während die Zinkstaubdestillation Guajacol (V) liefert.

Elementaranalysen gaben den fundamentalen Hinweis, daß der Grundbaustein im Lignin das Gerüst des Phenylpropan (VI) besitzen müsse.

⁸⁾ p-Chinonmonochlorimin kann z. B. durch Oxydation von p-Aminophenol erhalten werden: Nc1ccc(O)cc1 -> N=C1C=CC(=O)N1 (= NH ist die Iminogruppe).

⁹⁾ Die Klasse der Indophenole besitzt Bedeutung als Zwischenprodukte bei der Farbstoffherstellung.

Fortsetzung auf Umschlagseite 3

Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,

in dem Editorial der Juli-CLB habe ich – illustriert mit bemerkenswerten Irrtümern der Vergangenheit – die Problematik von Prognosen aufgezeigt. Bedeutender ist meines Erachtens die Fehleinschätzung bzw. falsche Schwerpunktsetzung für die Steuerung aktueller Entwicklungen. Ein großes Beispiel dafür ist die Klimathematik. Im April hätte jeder in Deutschland zugestimmt: Ja, es gibt „global warming“.



Der feucht-kühle Sommer lässt uns in Mitteleuropa das schon wieder weniger enthusiastisch sehen. Dennoch: Der Anteil der Gase in der Atmosphäre, die zur Aufheizung beitragen, wächst, nur: Wie soll man sie einschränken? Tempo 100, den Individualverkehr als solchen beschränken, Flugreisen immens verteuern?

Global gedacht helfen wohl viel eher Produktionsstandards in der östlichen Welt, die der westlichen angeglichen werden. Pekings Fabriken nur für ein paar Tage abschalten, damit die Olympioniken eine bessere

Luft atmen können, ist Augenwischerei.

Noch schlimmer: Jahr für Jahr gehen nach neuesten Schätzungen, gegründet auf die Datenauswertung von Infrarot-Satelliten, Erdgas für 40 Milliarden Dollar, 170 Milliarden Kubikmeter, ungenutzt in Flammen – und folglich in CO₂ – auf. Dessen Menge entspricht fast der Hälfte des in Deutschland anfallenden Kohlendioxids! Die Begründung für das Abfackeln ist einfach. Es fällt zusammen mit Erdöl bei entlegenen Erdölbohrungen an; eine Infrastruktur für die Nutzung ist teuer. Jedoch: Machen die Erdölproduzenten nicht Rekordgewinne?

Ein zweites Thema, das zu Fehleinschätzungen führt, weil sehr emotional geurteilt wird, ist die Forschung mit Stammzellen. In diesen Tagen kam dazu noch die „Horrormeldung“: „Britische Behörde erlaubt Mensch-Tier-Embryos.“ Etliche

sehen da wohl schon die Chimären von Nôtre Dame lebendig werden – und das ist falsch. Die britischen Forscher, über deren Antrag jetzt entschieden worden ist, wollen vielmehr tierische Eizellen entkernen, menschliche DNA einsetzen und so Möglichkeiten schaffen, Stammzellenforschung ohne „Wegwerf-Embryonen“ zu betreiben. Und Stammzellenforschung, die in Deutschland sehr strengen Begrenzungen unterliegt, eröffnet sicherlich große Chancen für die Medizin. Erfreulicherweise scheint sich eine sachbezogenere Beurteilung der Stammzellenforschung auch hierzulande durchzusetzen: DFG und MPG befürworten Lockerungen, und selbst der Nationale Ethikrat ist uneins; Tendenz zu erweiterten Forschungsmöglichkeiten. Zunächst empfiehlt er der deutschen Bundesregierung eine Aufhebung der Stichtagsregelung zugunsten einer Einzelfallprüfung. Die Stichtagsregelung verbietet Forschung an menschlichen embryonalen Stammzellen, die nach dem 1. Januar 2002 gewonnen worden sind.

Noch ein Beispiel für aktuelle Fehleinschätzungen: Hohe Rüstungsausgaben können militärische Konflikte verkürzen, oder? 900 Milliarden Euro wurden 2006 weltweit für militärische Zwecke ausgegeben. Die USA liegen an der Spitze: 396,2 Milliarden Euro, 42 Prozent der globalen Rüstungsausgaben, entfallen auf die Vereinigten Staaten, so das schwedische Friedensforschungsinstitut Sipri. Und wie sieht es trotzdem mit der Entwicklung im Irak aus? Ich bin sicher: Investierte man zehn Prozent dieser Summe in Bildung, würde man mehr für den Frieden erreichen. Über 100 Millionen Kinder weltweit gehen nicht zur Schule...

Ihr

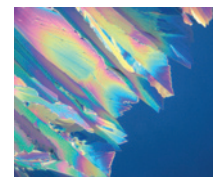
INHALT

Aufsätze

Acylierung: Von der Natur zum chemischen Prozess _____	288
Im Mitteldeutschen Chemie-Dreieck Das Chemie-Museum von Merseburg _____	294
Kalibrierung von Viskosimetern Wie viel Kalibrieraufwand ist sinnvoll? _____	298

Rubriken

Editorial _____	281
Impressum _____	283
F & E im Bild _____	283
Unternehmen _____	284
Personalia _____	286
Förderungen / Preise _____	287
Umschau	
Unikale Prüfeinrichtungen für Chemie- und Materialtechnik an der BAM _____	302
Umschau	
BCE auf dem Weg zum Versuch im Grundstudium _____	310
Forschung und Technik _____	314
Umfeld Wissenschaft _____	317
Neue Produkte _____	318
Bezugsquellenverzeichnis _____	319



Zum Titelbild:
Ein entscheidender Schritt
im Zitronensäure-Zyklus
ist die Acylierung aus dem
Nahrungsabbau. Das Bild zeigt
Zitronensäure-Kristalle unter
dem Mikroskop bei 200facher
Vergrößerung mit Polfilter.
Ausschnitt ca: 700µm x 700µm.
(Zum Artikel „Acylierung“ ab
Seite 286 (Abb.: Jan Homann,
München).

CLB-Memory

Ausländische Studierende schätzen deutsche Unis Anzahl wächst 2006 – studentische Mobilität steigt _____	M57
Probenahme Mögliche Quelle großer Fehler _____	M58
Neuer Klima-Rechner des Umweltbundesamtes gibt Antwort Wie ist meine persönliche Kohlendioxid-Bilanz? _____	M63
Organische Chemie Additionen an unpolare CC-Doppelbindungen _____	M64

Wissenschaftlern des Berliner Hahn-Meitner-Instituts (HMI) und des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) in Ulm gelingt ein einzigartiger Blick in Brennstoffzellen. Obwohl eine Brennstoffzelle aus vielen Schichten undurchsichtiger Materialien besteht und von einem dichten Metallgehäuse umgeben ist, können die Forscher mit ihren neu entwickelten Methoden unmittelbar verfolgen, wie Wasser im Inneren der Brennstoffzelle entsteht und abfließt. Die Bilder helfen, das „Wassermanagement“ von Brennstoffzellen zu verstehen und dadurch die Zellen zu optimieren. Zwei Verfahren ermöglichen den Forschern die Einblicke: Mit Synchrotronradiographie sehen sie Tausendstel Millimeter große Details. Mit dieser Methode konnten Ingo Manke (HMI) und Christoph Hartnig (ZSW) als erste beobachten, wie einzelne Wassertröpfchen in einer Brennstoffzelle entstehen. Die Neutronentomographie macht es möglich, die Wasserverteilung in einer kompletten Brennstoffzelle dreidimensional darzustellen.

Damit die Zelle möglichst optimal arbeitet, muss sie im Inneren genau die richtige Menge Wasser enthalten - zu viel Wasser verstopft die Kanäle, durch die Wasserstoff und Sauerstoff fließen; zu wenig Wasser lässt die Zelle austrocknen. Bisher waren Entwickler von Brennstoffzellen, die den Wassertransport verfolgen wollten, auf theoretische Rechnungen oder Experimente an Zellen mit transparenten Bauteilen angewiesen. Die Vorgänge in einer Brennstoffzelle sind aber so komplex, dass man damit nur unvollständige Informationen

Wasserfluss in Brennstoffzellen



bekommt. Erzeugt werden die Synchrotronstrahlen an der Berliner Synchrotronstrahlungsquelle BESSY in Berlin-Adlershof. Bei den Neutronenexperimenten nutzen die Forscher aus, dass Metalle für Neutronen praktisch durchsichtig sind; wasserstoffhaltige Substanzen schwächen den Neutronenstrahl jedoch stark ab (Bild: HMI).

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, Düsseldorf
Prof. Dr. K. Kleinermanns, Düsseldorf
Prof. Dr. Heinz-Martin Kuß, Duisburg,
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. Maren Bulmahn (MB, CLB-Memory,
E-Mail: redaktion@clb.de),
Dr. Christiane Soiné-Stark
(CS, E-Mail: stark@clb.de).

Ständige Mitarbeiter:
Ans de Bruin (Grafik), Heidelberg; Prof.
Dr. Wolfgang Hasenpusch, Hanau;
Dr. Mechthild Kässer, Diekholzen; PD Dr.
Röbbe 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.

Bezugspreise:
CLB Chemie in Labor und Biotechnik mit
der Beilage „CLB-MEMORY“. Einzelheft
– außerhalb des Abonnements – 8,60
Euro, im persönlichen Abonnement jäh-
rlich 87 Euro zuzüglich Versandkosten;
ermäßigter Preis für Schüler, Studen-
ten und Auszubildende (nur gegen Vor-
lage der Bescheinigung) jährlich 67,10
Euro zuzüglich Versandkosten, inkl. 7%
MWSt. Ausland sowie Firmenabonne-
ments (Staffelpreisliste nach Anzahl) auf
Anfrage. Bezug durch den Buchhandel
und den Verlag. Das Abonnement ver-
längert sich jeweils um ein weiteres Jahr,
falls nicht 8 Wochen vor Ende des Be-
zugsjahres Kündigung erfolgt.

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

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

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

ISSN 0943-6677



NACHRICHTEN & NOTIZEN

Analytik News, das deutschsprachige Online-Labor-magazin, wird 2007 erstmals sowohl auf der Industriefachmesse ILMAC (25. - 28. September in Basel) als auch auf der regionalen Fachmesse LAB-SUPPLY (21. November im Chemiapark Marl) vertreten sein.

Leica Microsystems hat jetzt eine Biosystems Division. Sie ist aus den Probenvorbereitungssparten der beiden Unternehmen Vision Systems Ltd. (Melbourne, Australien) und Danaher Corporation (Washington D.C.) hervorgegangen. Leica Microsystems bietet damit als einziges Unternehmen Geräte für den kompletten histopathologischen Prozess an. Die Fertigungsstandorte in Melbourne (Australien) und Newcastle (Großbritannien) sowie im deutschen Nussloch werden weiterhin für die Division produzieren.

Die L.U.M. GmbH, Marktführer auf dem Gebiet analytischer Dispersionsmesstechnik, verlegt den Firmensitz ihrer US-Tochterfirma LUM Corp. nach Volente, einem Vorort von Austin in Texas. Die Verlegung des Firmensitzes ermöglicht eine schnellere Betreuung aller Kunden und reagiert auf den Trend der Hightech-Unternehmen sich in den südlichen USA und an der Westküste anzusiedeln.

CEM bietet eine CD an, mit der Säureaufschlüsse am PC bequem durchgeführt werden können. Der Benutzer kann Mikrowellenaufschlüsse interaktiv erleben.

Die Invitek Gesellschaft für Biotechnik & Biodesign mbH führt eine neue Generation von superparamagnetischen Nanopartikeln für die Nukleinsäureisolation ein. Auf der Biotechnica 2007 vom 9.–11. Oktober in Hannover wird Invitek das Produkt InviMag nano zusammen mit der chinesischen Firma Allrun Nano Science & Technology CO., Ltd. vorstellen. Die Nanobeads besitzen eine spezielle Oberfläche, die verschiedene Funktionalitäten beinhaltet, und sie ermöglichen eine effiziente Isolation von hochqualitativer DNA und RNA aus den unterschiedlichsten Ausgangsmaterialien.

Die Bayer MaterialScience AG, weltweit führender Hersteller von Carbon Nanotubes (CNT), ist mit der FutureCarbon GmbH eine Kooperation eingegangen. Das in Bayreuth ansässige Hightech-Unternehmen wird aus Baytubes und Graphitmaterialien wässrige Nano-Dispersionen mit Hilfe eines neuen, zum Patent angemeldeten Dispergiervorgangs herstellen.

BASF Corporation und CogniTek Management Systems Inc. wollen in einer Kooperation gemeinsam prüfen, ob die kombinierte Anwendung von überkritischem Kohlendioxid und ionischen Flüssigkeiten effiziente Verfahren zur Verwendung von Niedertemperatur-Wärmequellen für die Stromerzeugung hervorbringt. Dieser Prozess könnte minderwertige Wärme in hochwertigen Strom umwandeln. Das Stromerzeugungssystem mit integrierten Heizungs- und Kühlungsnebenprodukten könnte erhebliche Energieeinsparungen erzielen.

Dow und Solvay gründen Joint-Venture Engagement in Thailand

The Dow Chemical Company und Solvay S.A. haben ein Joint-Venture zum Bau einer Wasserstoffperoxid-Anlage (HP) in Thailand vereinbart.

Die neue HP-Anlage soll 2010 in Betrieb gehen und das Ausgangsmaterial für die Herstellung von Propylenoxid (PO) liefern. Die weltweit größte HP-Anlage mit einer Kapazität von mehr als 330 000 Jahrestonnen 100-prozentigem Wasserstoffperoxid arbeitet nach einem von Solvay entwickeltem Verfahren.

Darüber hinaus setzen Dow und die BASF Aktiengesellschaft ihre Verhandlungen über den Bau einer zweiten World-Scale-Anlage zur Herstellung von Propylenoxid (PO) mit einer Kapazität von 390 000 Jahrestonnen in Map Ta Phut/Thailand fort. In dieser Anla-

ge soll die gemeinsam entwickelte HPPO-Technik (Wasserstoffperoxid zu Propylenoxid) zum Einsatz kommen. Die erste Anlage dieser Art steht in Antwerpen/Belgien und geht Anfang 2008 in Produktion. Die HP-Versorgung wird auch hier durch eine Anlage nach dem Verfahren von Solvay sicher gestellt.

Das Propylen für die geplante HPPO-Anlage in Thailand würde von einem Liquid-Cracker stammen, dessen Bau Dow im Oktober 2006 zusammen mit The Siam Cement Group (SCG) in Thailand angekündigt hatte. Der Liquid-Cracker nimmt 2010 seinen Betrieb auf. Solvay ist seit 1988 über seine thailändische Tochtergesellschaft Peroxythai auf dem Wasserstoffperoxid-Markt in Asien aktiv. Peroxythai ist ein führender Hersteller von Peroxy-Chemikalien in Asien.

BPI: Deutscher Pharmamarkt fällt zurück

2006 um 2,2 Prozent gewachsen

Im europäischen Vergleich rutscht Deutschlands Pharmamarkt ins hintere Feld.

Dies belegen die Zahlen der jetzt erschienenen „Pharma-Daten 2007“ des Bundesverbandes der Pharmazeutischen Industrie (BPI). Das Wachstum der gesamten deutschen Pharmabranche betrug 2006 lediglich 2,2 Prozent. Europäischer Spitzenreiter ist Irland mit einer Wachstumsrate von 12 Prozent, gefolgt von Griechenland (11,3 %), Dänemark (9,6 %), Spanien (7,6 %), Portugal (6,7 %) und Österreich (6,0 %). Italien und Frankreich konnten ihre Umsätze um 4,1 Prozent gegenüber dem Vorjahr steigern. Die gedämpfte Entwicklung des Marktes der gesetzlichen Krankenversicherung (GKV) sei Konsequenz der jüngsten Gesetzeseingriffe, so der BPI. Angesichts des andauernden Konsolidierungsprozesses der phar-

mazeutischen Industrie und der weiterhin restriktiv ausgerichteten gesundheitspolitischen Markteingriffe erwartet die Branche auch langfristig keine positiven Beschäftigungseffekte in Deutschland. Die Beschäftigtenzahl in der Pharmaindustrie stagnierte 2006 nahezu bei einem Anstieg von 0,2 Prozent.

Der durch das Arzneimittel-spargesetz (AVWG) angeheizte Preiswettbewerb zwischen den Generikaherstellern wirkte sich für viele standortorientierte Pharmaunternehmen im Jahr 2006 negativ aus. „Vor allem in Verbindung mit den aktuellen Rabattverträgen über Vollsortimente werden künftig kleine und mittlere Hersteller vom Markt verdrängt, die mit ihren Arzneimitteln die Therapievelfalt in Deutschland bislang noch sicherstellen“, sagte BPI-Hauptgeschäftsführer Henning Fahrenkamp.

Fusionen und Übernahmen in der globalen Chemieindustrie Seit Jahresbeginn deutlich angestiegen

In der globalen Chemieindustrie ist der Gesamtwert der Fusionen und Übernahmen (Mergers and Acquisitions, M&A) seit Jahresbeginn deutlich angestiegen: Im ersten Halbjahr 2007 erreichte das M&A-Volumen gut 50 Milliarden US-Dollar. Damit lag das Transaktionsvolumen über dem der ersten sechs Monate 2006 (33,6 Milliarden US-Dollar) und erreichte annähernd den Gesamtwert des Vorjahres von rund 53 Milliarden US-Dollar. Dies zeigt die Wirtschaftsprüfungs- und Beratungsgesellschaft PricewaterhouseCoopers (PwC) in der neuen, vierteljährlich erscheinenden Marktanalyse „Chemical Compounds“.

„Die Chemieunternehmen nutzen das derzeit gute wirtschaftliche Umfeld und ihre deutlich verbesserte Finanzkraft, um größere Veränderungen im Portfolio vorzunehmen. Zudem beteiligten sich Finanzinvestoren immer häufiger an Mega-Deals im Volumen von einer Milliarde US-Dollar und mehr“, erläutert Dr. Volker Fitzner, Global Chemicals Advisory Leader bei PwC.

Resultat dieser Entwicklung ist ein deutlicher Anstieg des durchschnittlichen Transaktionswertes von gut 240 Millionen US-Dollar im ersten Halbjahr 2006 auf 340 Millionen US-Dollar in den ersten sechs Monaten 2007.

Private-Equity-Gesellschaften und andere Finanzinvestoren, die bereits seit vielen Jahren in Unternehmen der chemischen Industrie investiert haben, gaben für Übernahmen in der Chemiebranche im ersten Halbjahr 2007 rund 13 Milliarden US-Dollar aus und damit nur rund eine Milliarde weniger als im gesamten Vorjahr. Damit hielten sie ihren Anteil am M&A-Volumen konstant bei 26 Prozent. „Finan-

zinvestoren dürften im weiteren Jahresverlauf nicht nur als Käufer, sondern verstärkt auch als Verkäufer eine gewichtige Rolle spielen. Allerdings bleibt abzuwarten, wie sich die jüngsten Turbulenzen an den Finanzmärkten auf die Exit-Strategien der Fonds auswirken“, so Dr. Volker Fitzner. „Die Unternehmen der Chemiebranche werden weiterhin aktives Portfolio-Management betreiben, die Branche bleibt weiterhin in Bewegung“.

Im Fokus der Investoren standen von Januar 2006 bis Ende Juni 2007 Unternehmen in Nordamerika und Westeuropa. Während auf Übernahmen in Westeuropa der relativ größte Teil des Transaktionsvolumens entfiel (44 Prozent gegenüber 33 Prozent in Nordamerika), liegt Nordamerika gemessen an der absoluten Zahl der M&A-Fälle vorn (36 Prozent gegenüber 28 Prozent in Westeuropa).

In der Region Asien-Pazifik verlangsamt sich das Transaktionstempo in 2007 voraussichtlich leicht: So gab es in China 46 Übernahmen im ersten Halbjahr 2007 nach rund 100 Transaktionen im Jahr 2006. In Indien stehen den 62 Übernahmen und Fusionen des Jahres 2006 bislang lediglich 25 Transaktionen gegenüber.

Deutsche Unternehmen

haben sich bislang nicht so prominent am Konsolidierungsprozess beteiligt wie im vergangenen Jahr. Führten im Vorjahr die Übernahmen von BOC durch Linde sowie von Engelhard durch BASF die Rangliste der größten Transaktionen an, fanden die Mega-Deals in den ersten sechs Monaten 2007 ohne deutsche Beteiligung statt.

Investoren engagierten sich im ersten Halbjahr 2007 insbesondere bei der Spezialchemie. Auf diesen Bereich entfielen knapp über 80 Prozent der M&As, im Jahr 2006 lag der Vergleichswert bei rund 53 Prozent. Das veröffentlichte Transaktionsvolumen kletterte von 28 Milliarden US-Dollar im Gesamtjahr 2006 auf über 40 Milliarden US-Dollar in den ersten sechs Monaten 2007.

Saatgut-Extraktion in großem Stil

Die Harburg-Freudenberger Maschinenbau GmbH in Hamburg übergab den größten jemals von dem Unternehmen gebauten Desolventierer-Toaster an die Bunge-Gruppe. Entwickelt und gebaut wurde diese Ausnahme-Anlage, um große Mengen Extraktionsschrot für die Weiterverarbeitung aufzubereiten. Am Werksstandort Martfü in Ungarn betreibt die Bunge-Gruppe eine der weltweit größten Speiseölfabriken. Täglich werden dort aus Rohstoffen wie Soja-, Raps- und Sonnenblumensaat etwa 1000 Tonnen Speiseöle produziert. Allein für die Produktion von Sonnenblumenöl werden am Tag 2400 Tonnen Saatgut verarbeitet. Nach der Vorpressung verbleiben noch 1350 Tonnen Extraktionsgut, die nach erfolgter Extraktion im neuen Hochleistungs-Desolventierer als Viehfutter-Rohstoff aufbereitet werden.

Mit einem Durchmesser von 5,2 Metern und einer Höhe von 23 Metern ist der neue Desolventierer-Toaster von Harburg-Freudenberger doppelt so groß wie herkömmliche Desolventierer.





ESE (European Society of Endocrinology) **Prof. Dr. Dr. h.c. Eberhard Nieschlag** (66), Direktor des Instituts für Reproduktionsmedizin am Universitätsklinikum Münster (UKM), ist zum Präsidenten der Europäischen Gesellschaft für Endokrinologie gewählt worden. In ihr sind 46 Mitgliedergesellschaften sowie 1000 persönliche Mitglieder zusammengefasst. Die Präsidentschaft dauert vier Jahre.

FORUM MEDTECH PHAR.

Prof. Michael Nerlich wurde zum neuen Vorstand des Forum MedTech Pharma e.V. gewählt. Er löst Prof. Rüdiger J. Siewert ab, der sein Amt nach fast zehn Jahren abgibt. **Peter Brehm** wurde in seinem Amt als stellvertretender Vorsitzender bestätigt. Die Mitgliederversammlung wählte sieben weitere Vorstände, die die verschiedenen Bereiche des Gesundheitswesens repräsentieren.

GSI Neuer Wissenschaftlicher Geschäftsführer der Gesellschaft für Schwerionenforschung in der Helmholtz-Gemeinschaft (GSI) ist **Prof. Dr. Horst Stöcker** (56). Stöcker tritt die Nachfolge von Prof. Dr. Walter F. Henning an, dessen Amtszeit nach acht Jahren zu Ende geht.

WILO AG **Prof. Dr.-Ing. Hans-Jörg Bullinger** (63), Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft in München, ist neues Mitglied im Aufsichtsrat des Dortmunder Pumpenspezialisten WILO AG. Der Wissenschaftler hat sich vor allem auf dem Gebiet des Innovations- und Technologiemanagements einen Namen gemacht.

BAuA **Isabel Rothe** wird neuePräsidentin der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin BAuA). Sie übernimmt am 1. November 2007 die Leitung und tritt die Nachfolge von Hans-Jürgen Bieneck an.



EHRUNGEN

Der mit 250 000 Euro dotierte **Lautenschläger-Forschungspreis 2007** geht an die Mediziner **Prof. Dr. Matthias Hentze** und **Prof. Dr. Andreas Kulozik** für die gemeinsame Forschung an Störungen der Verarbeitung und der Kontrolle der Übermittlung der genetischen Information innerhalb der Zelle, dem RNA-Metabolismus bei häufigen angeborenen Krankheiten der Blutbildung und der Blutgerinnung. Die erfolgreiche Zusammenarbeit von Grundlagenwissenschaft und Klinischer Forschung sowie die enge Kooperation universitärer und außeruniversitärer Forschungseinrichtungen in Heidelberg wurde besonders hervorgehoben.



Armin Dellert (25), Student der Werkstoffwissenschaften der Universität Erlangen-Nürnberg, wurde Sieger im internationalen Wettbewerb **Strength in Glass Contest 2007**. Für seine Idee, höchstfestes Glas in Form von ausrollbaren, dünnen Schichten als Träger für Dünnsolarzellen zu verwenden, wurde Armin Dellert mit dem ersten Preis ausgezeichnet, der mit 20 000 US-Dollar dotiert ist und ihm auf dem International Congress on Glass 2007 in Straßburg verliehen wurde. Derzeit schreibt Armin Dellert am Lehrstuhl für Glas und Keramik an seiner Diplomarbeit.



Graeme M. Clark von der University of Melbourne, Australien, und **John P. Donoghue** von der Brown University in Providence, USA, sind die Träger des mit 50 000 Euro dotierten **Zülchpreises**, den die Gertrud Reemtsma Stiftung für besondere Leistungen in der neurologischen Grundlagenforschung vergibt. Prof. Clark erhält die Auszeichnung in Anerkennung seiner Arbeiten auf dem Gebiet der Cochlea-Implantate zur Versorgung gehörloser Patienten; bei diesen Implantaten handelt es sich um die ersten Neuroprothesen, die beim Menschen zum Einsatz kamen. Prof. Donoghue



wird für seine Forschungen zu der Frage, wie das Gehirn Gedanken in Handlungen umsetzt, ausgezeichnet; die Aufklärung dieses Problems war Voraussetzung für die von ihm betriebene Entwicklung neuronaler Prothesen, die als Interface zwischen Gehirn und Maschine eingesetzt werden und gelähmte Patienten in die Lage versetzen sollen, Maschinen nur mit dem Willen zu steuern.

Auf dem Wissenschaftsforum 2007 in Neu-Ulm vergibt die Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) zwei Preise: **Prof. Dr. Wolfram Sander** von der Ruhruniversität Bochum wird die mit 7500 Euro dotierte **Adolf-von-Baeyer-Denkünze** erhalten. Der Organiker Sander befasst sich mit Methoden, Strukturen und Eigenschaften neuer Produkte chemischer Synthesen und auch den Ablauf dieser Synthesen vorauszusagen. Von besonderer Bedeutung sind dabei die möglichen Zwischenstufen solcher Reaktionen. Der Oldenburger Chemiker **Prof. Dr. Jürgen O. Metzger** erhält wegen seiner zukunftsweisenden und vorbildgebenden Forscherleistungen auf dem Gebiet der nachhaltigen Chemie den „**Wöhlerpreis für Ressourcenschonende Prozesse**“. Metzger ist stellvertretender Vorsitzender der Arbeitsgemeinschaft Nachhaltige Chemie in der GDCh.

Für seine bahnbrechenden Arbeiten auf dem Gebiet der Oberflächenphysik wird **Professor Dr. Alexander M. Bradshaw**, der Wissenschaftliche Direktor des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik in Garching und Greifswald, mit dem **Rudolf Jaeckel-Preis 2007** der Deutschen Vakuum-Gesellschaft (DVG) ausgezeichnet: So gelang es ihm, mit Hilfe von Röntgenstrahlen durch Photoelektronenbeugung die Struktur von Oberflächen sowie anhaftender Moleküle bzw. Molekülbruchstücke quantitativ zu analysieren sowie Reaktionen auf Einkristalloberflächen in-situ zu beobachten.

Pressefreiheit im Osten Kurzes, effizientes Studium wird ausgezeichnet

Auch 2008 wird die Hamburger Zeit-Stiftung den Gerd Bucorius-Förderpreis Freie Presse Osteuropas vergeben. Die Auszeichnung geht an Journalisten und Medien in Osteuropa, die sich durch Qualität, Professionalität und Zivilcourage auszeichnen. Bis zum **15. Oktober 2007** können Zeitungen, Internetmedien und Journalisten aus Russland, Weißrussland, der Ukraine und Georgien sowie dem Südkaukasus nominiert werden. Die Preissumme beträgt 140 000 Euro. Die Preisverleihung findet im Mai 2008 in Hamburg statt. Der Pressepreis soll jene Journalisten ermutigen, die, Repressalien und wirtschaftlichen Schwierigkeiten zum Trotz, die Wahrheit berichten und sich nicht von Zensur abschrecken lassen. Weitere Informationen unter www.zeit-stiftung.de.

Die DECHEMA vergibt für besonders kurze und damit effiziente Studienzeiten mit sehr gutem Abschluss im Wintersemester 2006/2007 oder Sommersemester 2007 je zwei Preise für Studierende der Diplom-Fachrichtungen/ Masterstudiengänge Technische Chemie, Chemische Verfahrenstechnik/Chemieingenieurwesen und Biotechnologie. Der Preis umfasst auch eine Einladung zur kostenfreien Teilnahme am Preisträger-Kolloquium der Max-Buchner-Forschungsstiftung, die Teilnahme innerhalb von zwei Jahren an zwei von der DECHEMA

organisierten Tagungen bei voller Reisekostenübernahme, sowie eine zweijährige kostenlose DECHEMA-Mitgliedschaft. Vorschlagsberechtigt sind alle Hochschullehrer der genannten Fachrichtungen. Interessierte Studenten werden gebeten, sich mit diesen in Verbindung zu setzen. Die Verleihung der Preise erfolgt im Rahmen der ProcessNet-Jahrestagung im Oktober 2008 in Karlsruhe. Vorschläge können bis zum **18. Januar 2008** eingereicht werden bei: DECHEMA e.V., Prof. Gerhard Kreysa, Postfach 15 01 04, 60061 Frankfurt am Main, Tel 069 7564 305, Fax 069 7564 302.

Der Zweck der Erziehung ist, einen leeren Geist durch einen offenen Geist zu ersetzen.

Malcolm S. Forbes (1920-90), amerikanischer Verleger

Initiative an Schulen wird ausgezeichnet

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung, vergibt den mit insgesamt 20 000 Euro dotierten Deutschen Innovationspreis für nachhaltige Bildung 2007. Das Zentrum für empirische pädagogische Forschung (zepf) der Universität Koblenz Landau, Campus Landau, und die Schülerhilfe Gelsenkirchen, zeichnen damit Initiativen und Projekte an allgemein- und berufsbildenden Schulen aus. Lehrer und Schüler sollen angeregt werden, innovative Projekte und Initiativen an Schulen zu entwickeln und umzusetzen. Die Ausschreibung richtet sich an Lehrer, Referendare, Lehramtsstudenten, aber auch an Schulen sowie Kooperationen zwischen Schulen und Universitäten oder außerschulischen Partnern wie Unternehmen und Forschergruppen. Einsendeschluss für die Arbeiten ist der **30.10.2007**. Die Preisübergabe findet am 19. Februar anlässlich der didacta 2008 in Stuttgart statt. Weitere Informationen unter www.deutscher-innovationspreis.de.

Naturstoff-Forschung

Der Arbeitsausschuß „Niedermolekulare Naturstoffe mit biologischer Aktivität“ im Forschungsausschuß Biotechnologie der DECHEMA e.V. schreibt die Vergabe des Nachwuchswissenschaftler-Preises für Naturstoff-Forschung 2008 aus. Die Auszeichnung geht an junge Wissenschaftler mit abgeschlossener Promotion, die mit richtungweisenden Arbeiten auf den verschiedenen Arbeitsfeldern der Naturstoff-Forschung hervorgetreten sind, insbesondere auf Grenzgebieten zwischen Biologie und Chemie. Der Preis, mit dem der Hochschullehrernachwuchs auf dem Gebiet der Naturstoff-Forschung in Deutschland gefördert werden soll, ist mit 3000 Euro dotiert. Er wird während der 20. Irseer Naturstofftage (20.-22. Februar 2008, Kloster Irsee) vergeben. Bewerbungen und Vorschläge sind bis zum **15. November 2007** zu richten an: Dr. Dirk Holtmann, DECHEMA e.V., Postfach 15 01 04, 60061 Frankfurt am Main.

Fünf Jahre freies Forschen in Deutschland

Die Alexander von Humboldt-Stiftung hat das Bewerbungsverfahren für den Sofja Kovalevskaja-Preis 2008 eröffnet. Der Forschungspreis für Nachwuchswissenschaftler aus dem Ausland ist mit bis zu 1,65 Millionen Euro pro Preisträger dotiert. Weiterhin dürfen die Preisträger fünf Jahre lang ein eigenes Forschungsvorhaben an einem Institut ihrer Wahl in Deutschland durchführen und eigene Forschergruppen aufbauen. Bewerben können sich Wissenschaftler aller Disziplinen aus dem Ausland, die ihre Promotion vor nicht mehr als sechs Jahren abgeschlossen haben. Deutsche Wissenschaftler können sich ebenfalls um den Preis bewerben, wenn sie bereits seit mindestens fünf Jahren im Ausland forschen. Die Bewerbungsfrist endet am **4. Januar 2008**. Der Preis wird finanziert aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Weitere Informationen unter www.humboldt-foundation.de/kovalevskaja.

Acylierung:

Von der Natur zum chemischen Prozess

Wolfgang Hasenpusch, Universität Siegen

Im Stoffwechsel spielt der Zitronensäure-Zyklus eine entscheidende Rolle. Er wird durch einen Thioester, einem reaktiven Acetylgruppen-Donor aus dem Abbau von Kohlenhydraten, Eiweißen und Fetten, aufrechterhalten. In Monothioessigsäure-estern ist die Methylgruppe derart aktiviert, dass sie als nukleophiles Reagenz zur Verfügung steht. Die Natur macht in ihren enzymatischen Aufbau-Reaktionen regen Gebrauch von dieser Eigenschaft: nicht nur im Zitronensäure-Zyklus, sondern beispielsweise auch in den Biosynthesen von Terpenen und Steroiden. Industriell genutzte Acylierungen verlaufen dagegen in der Regel über die Carboxylgruppe in der Form des Acetylchlorids ab. Neue stabile Monothio-Essigsäureester könnten der organischen Synthese-Chemie neue Impulse verleihen. Nach dem Zitronensäure-Zyklus seien die Industrie-Acylierungen betrachtet, um schließlich auch eine neue Möglichkeit der „Kopf-Acylierung“ durch naturanaloge Monothioessigsäureester aufzuzeigen.

Der Zitronensäure-Zyklus

Der Zitronensäure-, Citrat-, Tricarbonsäure- oder nach seinem Entdecker auch Krebs-Zyklus genannte Kreisprozess beschreibt das zyklisch verlaufende Stoffwechsel-Schema des oxidativen Endabbaus der Nahrungskette. Dieser Vorgang spielt sich an der Oberfläche der Mitochondrienwände mittels eines Acetylthioesters, dem „Co-Enzym A“, ab. Das Endprodukt dieses Kreisprozesses ist Kohlendioxid.

Die Mitochondrien sind auch die „Kraftwerke der Zellen“. Sie sind bis zu 100 000 im Cytoplasma (= Zellsubstanz außerhalb des Zellkerns) einer Zelle eingeschlossen. Die bis zu $5 \times 1 \mu\text{m}$ großen, formvariablen Mitochondrien besitzen eine durchlässige Außenmembran und eine undurchlässige Innenmembran (Abbildung 1).

Der Autor

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

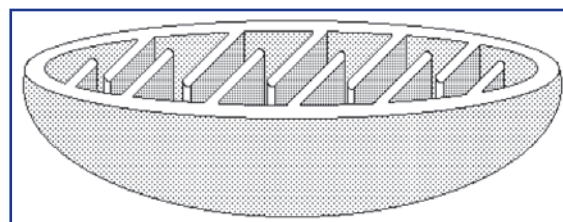


Abbildung 1: Schematischer Aufbau der Mitochondrien.

Wesentliches Merkmal des Zitronensäure-Zyklus ist der Energiegewinn, der mit dem Abbau des Acetylrestes verbunden ist, die abschließend aus dem Kohlenhydrat-, Eiweiß- und Fettabbau stammen.

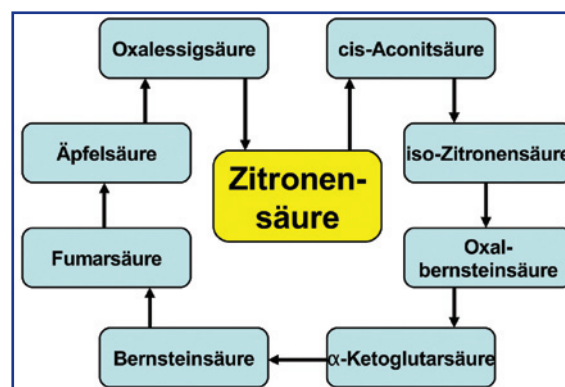
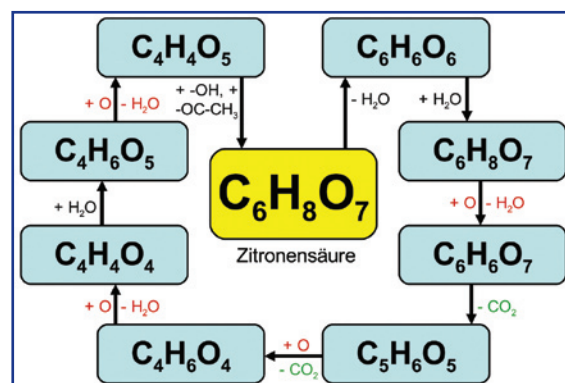


Abbildung 2: Zitronensäure-Zyklus: Namen der beteiligten Säuren.

Abbildung 3: Zitronensäure-Zyklus: Variation der chemischen Formeln.



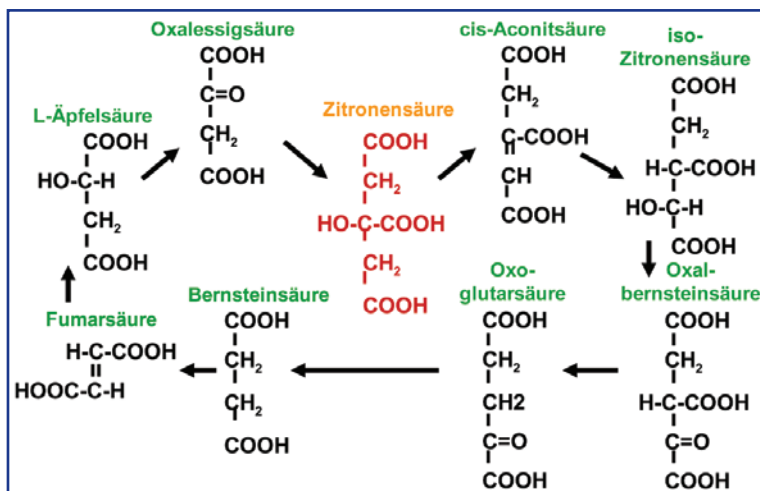


Abbildung 4: Zitronensäure-Zyklus mit den Zwischenprodukten in Strukturformeln.

Diese, zwei Kohlenstoff enthaltenden Acetyl-Bruchstücke werden über das Co-Enzym A, einem Monothiocarbonsäureester, in den Cyclus hineingebracht.

Der Zitronensäure-Zyklus besteht aus neun festen Substanzen mit relativ hohen Schmelzpunkten (Abbildung 2). Sie durchlaufen Oxidations-, Decarboxylierungs-Prozesse sowie Hydratisierungs- und Dehydratisierungsreaktionen, wie es sich an dem Formel-Schema der Abbildung 3 sehr gut aufzeigen lässt.

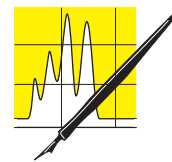
Schließlich zeigt Abbildung 4 in schematischer Form den klassischen Zitronensäure-Zyklus, bei dem die bekannten Zwischenprodukte als Strukturformeln

dargestellt sind. Der Übersichtlichkeit halber sind hier die Enzyme und die anderen Reaktionspartner und Produkte nicht aufgeführt.

Die spezifischen Daten der neun Substanzen als freie Säuren sind, soweit in Tabellenwerken und Internet publiziert, in Tabelle 1 zusammengefasst. Es ist schon interessant, dass es sich bei allen diesen Stoffen um Gefahrstoffe handelt, die zwar in unserem Körper in kleinsten Mengen laufend produziert werden, als Handels-Chemikalien jedoch umfangreichen Handhabungs-, Prüf- und Kennzeichnungsvorschriften unterliegen.

Neben seiner Funktion als abschließender Oxidationsprozess liefert der Zitronensäure-Zyklus auch wichtige Biosynthese-Vorstufen, z. B. für den Aufbau von Aminosäuren. Die auf diese Weise dem Zitronensäure-Zyklus entnommenen Substanzen müssen aus anderen Stoffwechselwegen stöchiometrisch aufgefüllt werden. Beispielsweise den Aufbau der Oxalacetat durch Carboxylierung von Brenztraubensäure: $\text{CH}_3\text{-CO-COOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{HOOC-CH}_2\text{-CO-COOH}$

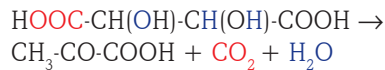
Chemisch geht die Brenztraubensäure durch thermische Zersetzung, was früher auch "Brenzen" genannt wurde, der Wein- oder Traubensäure hervor:



AUFSÄTZE

Tabelle 1: Die Carbonsäuren im Zitronensäure-Zyklus.

Nr	CAS-Nr	Säuren	Formel	M	Smp. [°C]	D	n	Gefahrstoffkennzeichnung	R-Satz	S-Satz	Name der Salze
1	77-92-9	Zitronensäure	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$	192,12	153	1,67		reizend, Xi	36	26	Citrate
2	585-84-2	cis-Aconitinsäure	$\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6$	174,11	127	?		gesundheitsschädlich, Xn	36/38-40	26-36/37	cis-Aconitate
3	1637-73-6	iso-Zitronensäure	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$	192,13	105	?		reizend, Xi	36	26	iso-Citrate
4	1948-82-9	Oxalbernsteinsäure	$\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_7$	190,11	?	?		reizend, Xi			Oxalsuccinate
5	328-50-7	2-Oxoglutarinsäure (α -Ketoglutarinsäure)	$\text{C}_5\text{H}_6\text{O}_5$	146,10	116	?		reizend, Xi	37/38, 41	2, 26, 39	2-Oxoglutarate (α -Ketoglutarate)
6	110-15-6	Bernsteinsäure	$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4$	118,09	183	1,55	1,450	reizend, Xi	36	26	Succinate
7	110-17-8	Fumarsäure	$\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$	116,07	200	1,64		reizend, Xi	36	26	Fumarate
8	6915-15-7	L-Äpfelsäure	$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5$	134,09	100	1,61		reizend, Xi	36/38	22-26	Malate
9	328-42-7	Oxalacetat (Oxobernsteinsäure)	$\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_5$	132,07	176	?		ätzend, C	34	26-36/37/39-45	Oxalacetate (Oxosuccinate)



Brenztraubensäure ist eine stechend nach Essig riechende Flüssigkeit mit einem Schmelzpunkt von 12°C und einem Zersetzungspunkt von 135°C (= Siedepunkt). Wie aus der Literatur bekannt ist, vermag sich jedoch die Brenztraubensäure bereits bei Raumtemperatur unter Selbstkondensation explosionsartig zu zersetzen, weshalb äußerste Vorsicht angebracht ist, wie in „Sichere Chemiarbeit“, 29(1977) 87, nachzulesen ist.

Der Zitronensäure-Zyklus ist auch die Basis der biotechnisch gewonnenen chemischen Grundstoffe in der chemischen Industrie, wie Zitronensäure, Oxalsäure, Itaconsäure, Bernsteinsäure, Fumarsäure sowie L-Äpfelsäure, beispielsweise mit Aspergillus-Pilzkulturen.

Für die Aufklärung des Zitronensäure-Zyklus erhielt der aus Hildesheim stammende, in England forschende Biochemiker Hans Adolf Krebs gemeinsam



Abbildung 5: Nobelpreisträger für Medizin 1953: Aufklärung des intermediären Metabolismus über Co-Enzym A und Zitronensäure-Zyklus

Hans Adolf Krebs
Sheffield University, UK
* 1900 in Hildesheim
† 1981
Medizin-Nobelpreis 1953: Zitronensäure-Zyklus



Fritz Albert Lipmann
Harvard Medical School, Boston, MA, USA
* 1899 in Königsberg
† 1986
Medizin-Nobelpreis 1953: Entdeckung des Co-Enzym A

Abbildung 6: Acylierung über die aktivierte Methylgruppe und hydrolytische Abspaltung des Thiois.

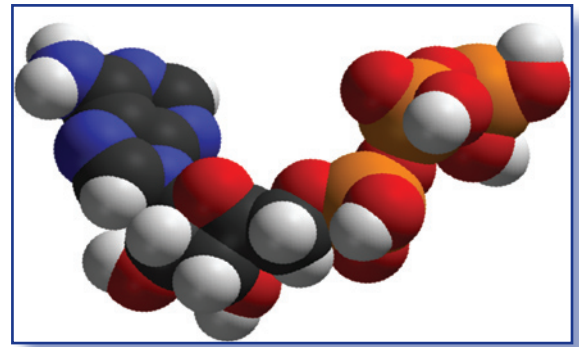
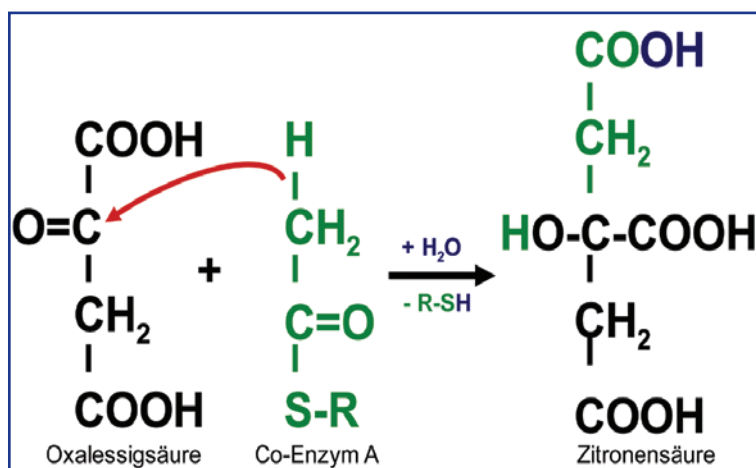
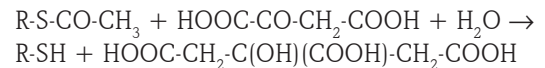


Abbildung 8: Räumliche Kalotten-Struktur des Adenosintriphosphats, ATP (nach: <http://en.wikipedia.org/wiki/Metabolism>).

mit dem in den USA arbeitenden, ebenfalls deutsche Fritz Albert Lipmann 1953 den Nobelpreis für Medizin (Abbildung 5); Lipmann für die Entdeckung des Co-Enzym A.

Der Zitronensäure-Zyklus und das Co-Enzym A.

Ohne dieses Aufbauende Enzym gäbe es keinen Kreislauf. Beim Oxalacetat wäre der Kreisprozess zu Ende. An dieser Stelle sorgt ein Monothioacetylerster für den erneuten Aufbau der Oxalessigsäure zur Zitronensäure (Abbildung 6):



Dabei greift die Methylgruppe des Esters mit der verstärkten negativen Ladung am Kohlenstoff den an elektrischer Ladung verarmten isolierten Carbonyl-Kohlenstoff an. In Kombination mit einer Hydrolyse spaltet sich das Mercaptan (= Thiol) R-SH ab und steht einer erneuten Acylierung aus den Abbau-Bruchstücken der Nahrung zur Verfügung.

Die Struktur dieses Acylierungs-Katalysators, R-SH, analysierte der aus Königsberg stammende Fritz Albert Lipmann an der Harvard Medical School in Boston, Massachusetts, USA.

Der Aufbau und die Funktion des Co-Enzyms A wurden ebenfalls von Feodor Lynen (1911 – 1979) am Max-Planck-Institut in München untersucht. Nach ihm wird der Biosynthese-Zyklus der Fettsäuren benannt („Lynen-Zyklus“). Er erhielt den Nobelpreis für Medizin 1964 gemeinsam mit Konrad Emil Bloch von der Harvard Universität.

Die erste Total-Synthese gelang 1959 Har Gobind Khorana am Massachusetts Institute of Technology (Medizin-Nobelpreis 1968).

Das Co-Enzym A lässt sich zusammengesetzt denken aus einem Adenosintriphosphat, aus der Pantothen-säure und aus β-Aminoethylmercaptan (Abbildung 7). Das räumliche Kalotten-Modell des Adenosintriphosphats gibt die Abbildung 8 wieder.

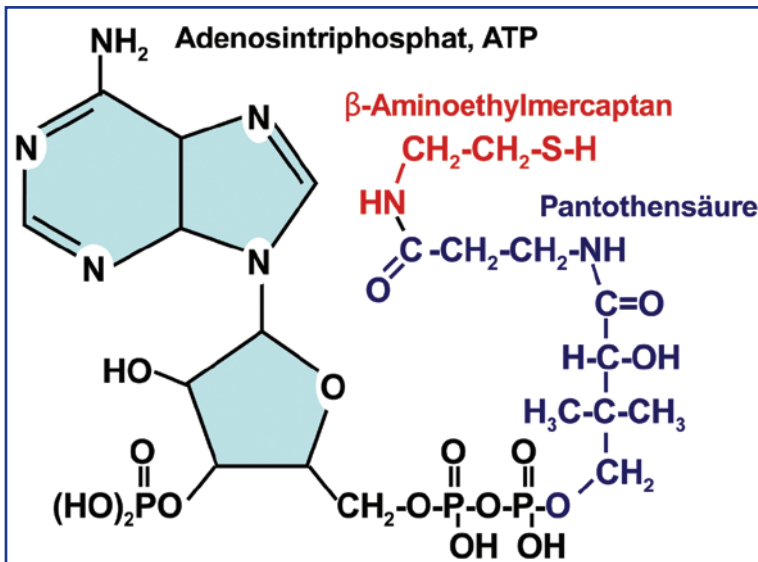


Abbildung 7: Strukturformel des Coenzym A (R-S-H).



Spezielle Reaktionen der Carbonsäuren aus dem Zitronensäure-Zyklus

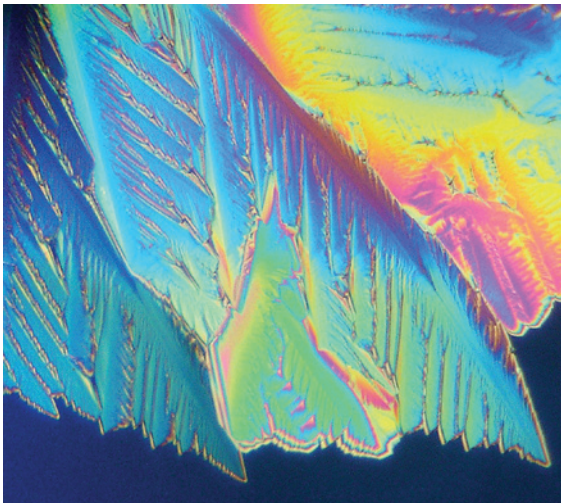
Zunächst sei die Zitronensäure selbst betrachtet: Als Ansäuerungsmittel ist sie uns aus Backpulvern und Limonaden bekannt. Aber auch zum Entrostern, Entkalken und als Fleckenmittel wird sie eingesetzt. Auch die Galvanotechnik und die Textilbranche verwenden Zitronensäure.

Zitronensäure gehört zu den am stärksten verbreiteten Pflanzensäuren. Zitronensaft enthält 5 bis 7 %, und in unserem Körper produzieren die Mitochondrien in ihrem Zitronensäure-Zyklus etwa zwei Kilogramm am Tag.

Industriell werden weltweit etwa eine halbe Mio. Tonnen Zitronensäure hergestellt, 90 % durch Fermentation von Zuckerabfall-Lösungen (Melasse, Sulfit-Ablaugen).

Als Ansäuerungsmittel wird es mehr und mehr von der Äpfelsäure und der Fumarsäure verdrängt.

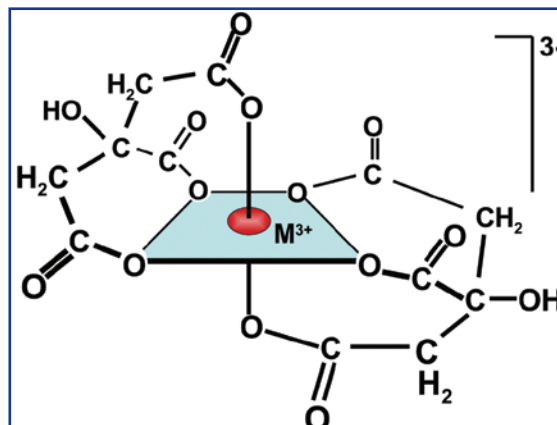
Abbildung 9: Kristalle der Zitronensäure; siehe dazu auch das Titelbild (Abb.: Jan Homann).



Ion	log K (25°C)	Bemerkung
H ⁺	3,2	pK1
	4,5	pK2
	5,7	pK3
	11,6	pK4 aus -OH
Mg ²⁺	3,2	
Ca ²⁺	3,2	
Sr ²⁺	2,9	
Ba ²⁺	3,0	
Ra ²⁺	2,3	
Ce ³⁺	3,2	
Pr ³⁺	3,4	
Y ³⁺	3,6	
Pb ²⁺	5,7	
Cu ²⁺	14,2	
Cd ²⁺	4,2	

Tabelle 2: Stabilitätskonstanten der Zitronensäure und ihrer Komplexe.

Abbildung 10: Oktaedrische Koordination am fac-[M(III)cit₂]³⁻-Komplex.



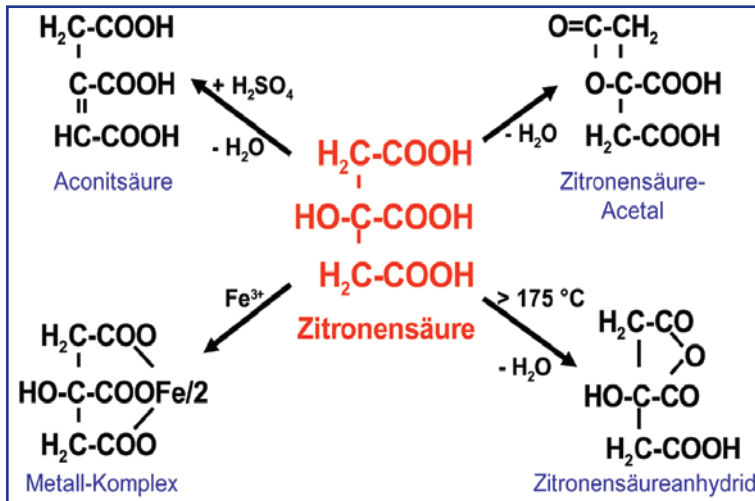


Abbildung 11: Reaktionen der Zitronensäure.

Abbildung 12: cis- und trans-Aconitsäure

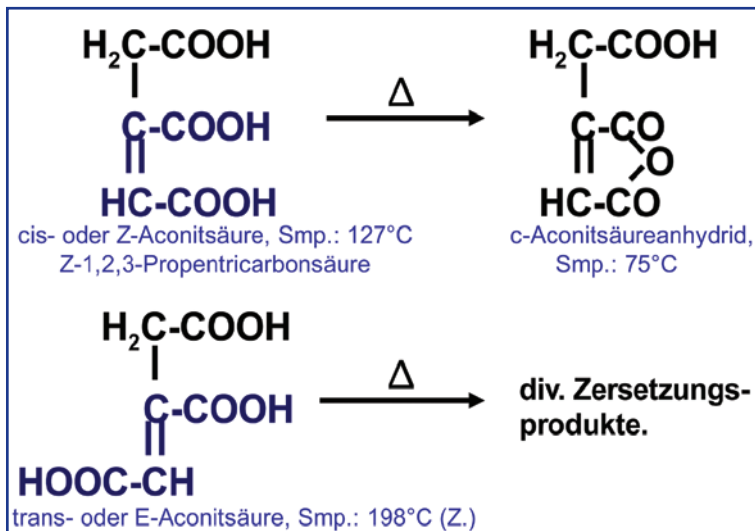
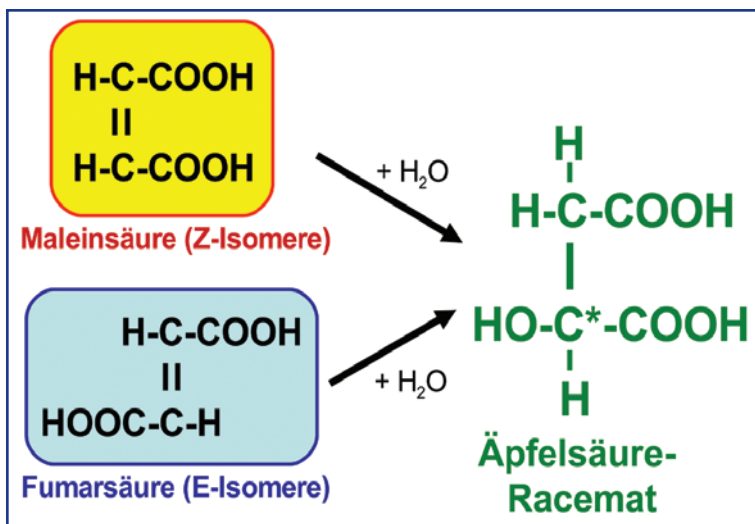


Abbildung 13: Herstellung der Äpfelsäure durch Hydratisierung.



Aus Zitronensaft ist das Kalziumcitrat ausfällbar und die Zitronensäure mit Schwefelsäure wieder freisetztbar.

Abbildung 9 zeigt Zitronensäure-Kristalle unter dem Polarisations-Mikroskop.

Sie bildet farblose Rhomben, ist in Wasser und Alkohol gut löslich und ihre thermische Zersetzung erfolgt bei einem Schmelzpunkt von 100°C erst über 175°C .

Mit einer Vielzahl von Buntmetallen bildet Zitronensäure Koordinationsverbindungen, worauf auch die Entfärbung von Eisenflecken beruht (Abbildung 10).

Beim Titrieren mit Natronlauge bildet sie vier Stufen: die Neutralisation der drei Carboxylgruppen und im stark Alkalischen noch die Neutralisation des Protons an der OH-Gruppe (Tabelle 2).

Neben der Komplexbildung mit Metallen, deren Stärke ebenfalls der Tabelle 2 zu entnehmen ist, und der Zersetzung mit Schwefelsäure unter Wasserabspaltung zur Aconitsäure, sind auch noch die Anhydridbildung über 175°C sowie die intramolekulare Acetalbildung von Bedeutung (Abbildung 11).

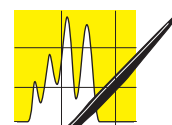
Vom umweltpolitischen Standpunkt ist die Chloroform-Bildung aus zittrahaltigen Abwässern bei der Chlorierung von Interesse wie auch bei der Trinkwasseraufbereitung aus citrathaltigen Oberflächengewässern.

Durch Wasserabspaltung entsteht aus der Zitronensäure die Aconitsäure. Von ihr existieren die cis- und die trans-Form. Im Zitronensäure-Zyklus wird jedoch ausschließlich das cis-Isomere gebildet. Beide Stereoisomeren reagieren beim Erhitzen in unterschiedlicher Weise: während aus der cis-Form ein Anhydrid entsteht, zerfällt die trans-Aconitsäure in diverse Zersetzungsprodukte (Abbildung 12).

Ein weiteres bekanntes Isomerenpaar taucht im Zitronensäure-Zyklus nur mit einer Isomerenform auf: die Fumarsäure oder trans-Butendisäure. Sie bildet farblose monokline, prismatische Nadeln oder Blättchen mit einem Schmelzpunkt von 287°C . Jedoch bereits bei 200°C beginnen sie zu sublimieren. Die Dichte ließ sich mit 1,625 recht genau bestimmen. Als Fruchtsäure kann man die Fumarsäure auch im Isländischen Moos sowie in Pilzen und Flechten finden. Im Zitronensäure-Zyklus entsteht sie durch Wasserabspaltung der Bernsteinsäure. Industriell gewinnt man sie biotechnisch mit bestimmten Pilzen, z. B. *Rhizopus nigricans*, aus Glucose.

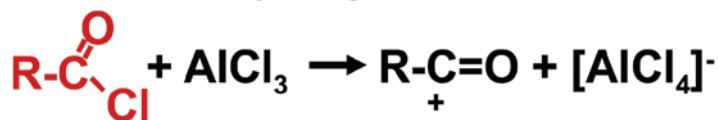
Die isomere cis-Form heißt Maleinsäure oder cis-Butendisäure. Diese gut in Wasser lösliche Isomerenform mit einer Dichte von 1,590 schmilzt bei $138\text{-}139^\circ\text{C}$. In der Natur ist sie nicht zu finden. Eine Umwandlung in die trans-Form findet sowohl beim Erwärmen als auch katalytisch statt.

Durch Wasser-Anlagerung an die Doppelbindungen bildet sich aus beiden Butendisäuren ein Stereoisomerenmischung, ein Racemat, der Äpfelsäure (Abbildung 13).

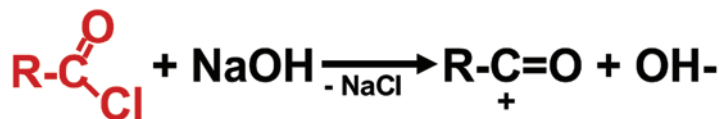


AUFSÄTZE

1. Friedel-Crafts-Acylierung



1. Schotten-Baumann-Acylierung



3. Einhorn-Acylierung



Abbildung 14: Industrielle Acylierungs-Methoden ausgehend vom Carbonsäurechlorid.

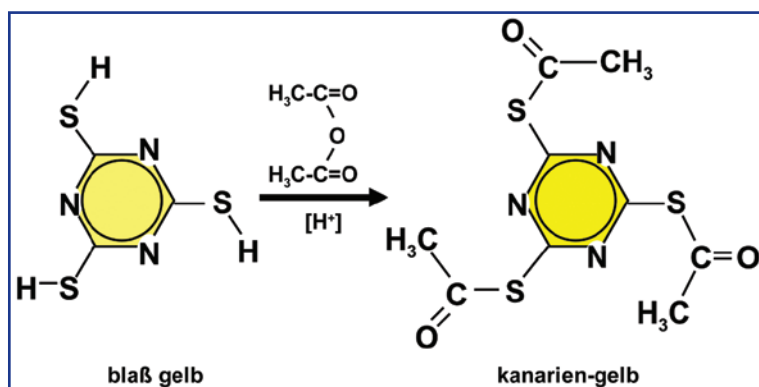


Abbildung 15: Acylierung von 1,3,5-Triazin-2,4,6-trithiol mit Essigsäureanhydrid zu 1,3,5-Triazin-2,4,6-trithioessigsäure-S-ester.

Bio-Acylierung und technische Acylierung

Ein entscheidender Schritt im Zitronensäure-Zyklus ist die Acylierung aus dem Nahrungsabbau: Das Co-Enzym A als Mercaptan der allgemeinen Formel R-SH bindet die $-\text{CO}-\text{CH}_3$ -Gruppe und transportiert sie zur Oxalessigsäure. Nach der Ankopplung des Methyl-Endes an den Kohlenstoff der $\text{C}=\text{O}$ -Gruppe entsteht wieder die Zitronensäure.

Industriell verlaufen die Acylierungen in der Regel über Säurechloride, wobei einige Varianten entwickelt wurden (Abbildung 14):

Die Friedel-Crafts-Acylierung stellt eine reversible elektrophile Substitution unter Einfluss von Lewis-Säuren, wie AlCl_3 , FeCl_3 , SbCl_5 , SnCl_4 , BF_3 oder ZnCl_2 , dar. Mit dem Mechanismus dieser Reaktionen befasste sich besonders George Olah in den USA.

Charles Friedel (1832-1899) lehrte an der Pariser Sorbonne Chemie, James Mason Crafts (1839-1917) arbeitete als Chemie-Professor am MIT in Cambridge, Massachusetts und George A. Olah (1927-) erforschte als Chemie-Professor an der „University of Southern California“ im amerikanischen Los Angeles Reaktionsmechanismen, Onium-Verbindungen und superstarke Säuren.

Eine Variante mit Alkalien ist die Schotten-Baumann-Acylierung, bei der die Kochsalz-Bildung das entsprechende Acylkation entstehen lässt.

Schließlich sei noch die Einhorn-Acylierung erwähnt, bei der das Pyridin als Base und Katalysator fungiert. Besonders leicht lassen sich Benzoylreste in Alkohole und Amine einführen.

Acylierung mit acyliertem Trimercaptotriazin

Eine multifunktionelle Acylierungsverbindung im Vergleich zum Co-Enzym A aus dem Zitronensäure-Zyklus stellt das dreifach acylierte Trimercaptotriazin dar. Es ist aus Essigsäureanhydrid und Trimercaptotriazin, TMT, leicht zugänglich (Abbildung 15). 1,3,5-Triazin-2,4,6-trithiol, wie TMT genauer heißt, dient in der Abwasseraufbereitung zur Fällung von Schwermetallen aus Komplexbildner-haltigen Abwässern sowie zur Herstellung weiterer organischer Verbindungen.

Es wäre interessant, diese dreifach acylierte, Co-Enzym A-analoge Verbindung auf ihr Acylierungs-Potential hin zu testen.

CLB

Das Chemie-Museum Merseburg

Georg Schwedt, Bonn

Plaste und Elaste aus Schkopau war ein bekannter Slogan in der DDR. Um die Städte Halle/Saale, Merseburg und Bitterfeld war ein industrieller Ballungsraum mit vor allem Chemie- und erdölverarbeitender Industrie entstanden. Leuna-Buna-Bitterfeld wurde als mitteldeutsches Chemiedreieck bezeichnet. Die Industriegeschichte seit dem Ersten Weltkrieg wird in Merseburg im Deutschen Chemie-Museum anhand zahlreicher originaler chemisch-technischer Exponate dargestellt.

Leuna, heute Stadt im Landkreis Merseburg-Querfurt, war 1916, als man mit der Errichtung eines Ammoniakwerks begann, ein Dorf. Erst 1930 ging durch einen Zusammenschluss mit vier angrenzenden Gemeinden (1917 als Zweckverband) daraus die Großgemeinde Leuna hervor. Bis 1990 waren die Leuna-Werke (mit bis zu 30 000 Beschäftigten) das größte Chemiekombinat in der DDR. Als Ammoniakwerk Merseburg GmbH von der BASF AG gegründet, seit 1925 im Besitz der IG Farbenindustrie AG, wurden 1944 die vor allem der Produktion von synthetischem Treibstoff dienenden Werke fast völlig zerstört. Ab 1946 wurden die Leuna-Werke zunächst als Sowjetische Aktiengesellschaft weitergeführt. Ab 1954 firmierten die Werke, deren Hauptprodukte Kraft- und Kunststoffe, Leime, technische Gase, Methanol und Düngemittel waren, als VEB Leuna-Werke „Walter Ulbricht“. Nach der politischen Wende wurden die Werke privatisiert und nahmen mit den Geschäftsfeldern Raffinerie, Organika, technische Gase und Kunststoffe einen neuen Aufschwung (Abbildung 1). [1]

Buna ist keine Stadt, sondern der Name (Abkürzung aus Butadien und Natrium) für das zweitgrößte Chemiekombinat der DDR (mit bis zu 18 000 Beschäftigten) mit Sitz in Schkopau, gegründet als Buna I 1936 zur Produktion von Calciumcarbid, Synthetikgummi und Kunststoffen. 1980 wurde Buna II zur Produktion von PVC in Betrieb genommen. Seit der Privatisierung 1995 ist die Dow Chemical Company Hauptaktionär (80 %). [1]

Bitterfeld, heute Kreisstadt in Sachsen-Anhalt, war bis 1990 Zentrum des Braunkohlenbergbaus und der

Braunkohle verarbeitenden Großchemie (seit 1894). Das Chemiekombinat Bitterfeld wurde 1990 zunächst zur Chemie AG Bitterfeld-Wolfen (1993 Chemie GmbH, seit 1994 drei Gesellschaften) und entwickelte sich auf sanierten Flächen zu einem Chemiepark mit zahlreichen Einzelunternehmen mit einer breiten Produktpalette.

Wolfen im Landkreis Bitterfeld in der Leipziger Tieflandbucht, im ehemaligen Bitterfelder Braunkohlenrevier, war vor allem als Zentrum der Filmherstellung bekannt. Bereits 1910 entstand hier eine Farbenfabrik. Heute ist der neu entstandene Industriepark mit mittelständischen Unternehmen ein Teil des Industrieparks Wolfen-Bitterfeld. [1]

Bedeutende Chemiker im Chemiedreieck [2]

Als Verfahrenstechniker war Günther Adolphi (1902-1982) von 1961-1967 Direktor des Instituts für Verfahrenstechnik an der 1954 gegründeten Technischen Hochschule für Chemie Leuna-Merseburg, nachdem er nach 1945 entscheidend am Wiederaufbau der Leuna-Werke mitgewirkt hatte. Die TH (seit 1992 neu als FH), ab 1964 mit dem Zusatz „Carl Schorlemmer“, war nach dem in Darmstadt als Sohn eines Schreinermeisters geborenen Carl Schorlemmer (1834-1892; Professor für Organische Chemie an der Universität Manchester, befreundet mit Engels und Marx) benannt und widmete sich schwerpunktmäßig spezialisierter chemischer Forschung und Lehre sowie Verfahrenstechnik und Ökonomie.

Der Chemiker Friedrich Asinger (1907-1999) begann nach dem Studium der Chemie an der TH Wien 1937 seine Laufbahn in den Leuna-Werken. Durch sei-

Abbildung 1: Das repräsentative Hauptgebäude der Leuna-Werke heute.



Der Autor

Der Buchautor und Mitherausgeber der CLB, Prof. Dr. Georg Schwedt, war von 1987 bis zu seiner Emeritierung 2006 Professor für Anorganische und Analytische Chemie an der Technischen Universität Clausthal. Jetzt lebt er in Bonn und widmet sich in vielfacher Weise der Aufgabe, die Naturwissenschaften den Menschen nahe zu bringen.

ne Arbeiten zur Sulfochlorierung von Paraffinen (zu Mersolaten, Warenzeichen der I.G. Farben, von Leuna-Merseburg abgeleitet, für Alkansulfonylchloride) schuf er den Weg zu Waschrohstoffen. 1940 wurde in den Leuna-Werken die weltweit erste Sulfochlorierungsanlage in Betrieb genommen. Nach dem Zweiten Weltkrieg arbeitete er acht Jahre in der Sowjetunion. Nach Professuren in Halle/Saale und Dresden wechselte er 1958 an die TH Aachen.

Hermann Blume (1928-1974) war nach seiner Tätigkeit als Oberassistent an der TH Leuna-Merseburg ab 1956 bis 1974 Leiter der Abteilung Katalysatoren in den Leuna-Werken. Seine Arbeiten zur Hydroraffination, Reformierung, Isomerisierung und Hydrosplaltung bildeten die Grundlagen für die technische Umsetzung in Großanlagen.

Zu den frühen Pionieren in Wolfen zählt Arnold Erlenbach (1868-1938), der zunächst als Farbstoffchemiker für die Agfa in Berlin, dann als Industriemanager beim Ausbau der Agfa-Farbenfabrik Wolfen ab 1901 tätig war. Er leitete im Ersten Weltkrieg den Ausbau neuer Anlagen zur Ammoniak- und Salpetersäuregewinnung, für Sprengstoffe, Düngemittel und anderes mehr. 1921 wurde er Verbandsmitglied der Agfa und Werkleiter in Wolfen.

Der Chemiker Walter Heyder (1903-1994) leitete ab 1937 den Bau der Chloralkalielektrolyse in Bitter-

feld und war bis 1956 dort tätig, zuletzt als Hauptdirektor des Elektrochemischen Kombinats.

Arndt Iloff (1910-2001) gilt als Begründer der PVC-Produktion in Deutschland. Er begann 1935 nach dem Studium in Leipzig im Chemiewerk Bitterfeld und leitete dort bis 1945 den PVC-Betrieb. Ab 1946 war er in Moskau und Gorki in der VC- und PVC-Prozessforschung tätig. Nach 1952 wirkte er bis 1975 in verschiedenen Positionen in den Chemischen Werken Buna-Schkopau.

Hermann Kaufmann (1901-1987) zählt zu den Pionieren im Bereich der Kraftstoffgewinnung (aus Braunkohle und Teerprodukten) und der Kohlehydrierung. Nach dem Eintritt 1925 in die BASF Ludwigshafen kam er 1927 in das Ammoniakwerk in Merseburg (später Leuna-Werke). Nach dem Zweiten Weltkrieg arbeitete er sieben Jahre in der Sowjetunion und kam 1952 in die Leuna-Werke zurück.

Der Chemiker, Ingenieur und Wissenschaftsorganisator Eberhard Leibnitz (1910-1986), dessen Forschungsschwerpunkte auf Gebieten der Chemie und Technologie der Braunkohle lagen, war von 1955 bis 1957 der erste gewählte Rektor der neu gegründeten TH für Chemie Leuna-Merseburg mit dem Lehrstuhl für Chemische Technologie. Von 1966 bis 1970 war er Leiter des Forschungsbereiches Chemie der Akademie der Wissenschaften der DDR.



Abbildung 2: Übersichtsplan des Deutschen Chemie-Museums in Merseburg, aus [2]: 1 Ammoniak-Synthesekammer, 2 Umlaufpumpe, 3 Kohlebrennpresse, 4 Einsätze für Ammoniaköfen, 5 Laufzeug eines Hochdruckkompressors, 6 Peltonpumpe, 7 Kupferlaugepresspumpe (mit Dampfmaschinenbetrieb), 8 Methanisierungsreaktor, Ofenfragment, 9 Chloralkalielektrolysezelle, 10 Kautschuk-Bandmaschine, 11 Destillationsanlage, 12 Messwarte, 13 Kompressoren- und Pumpenstraße, 14 Kälteanlage, 15 Acetylenkompressor, 16 Lüfterrad.

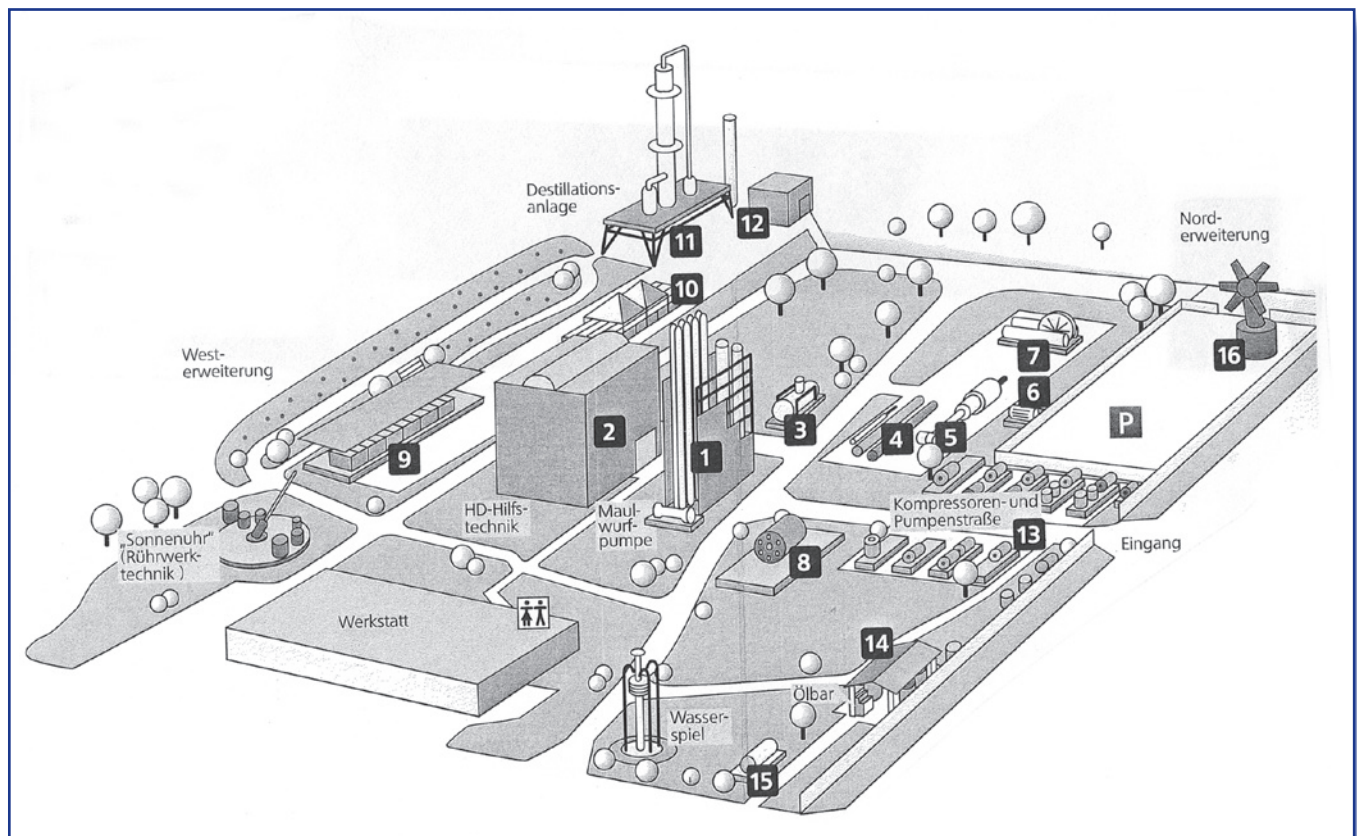


Abbildung 4:
Thementafeln im
Gebäude 2 des
Übersichtsplanes
(siehe Abb. 2).



Unter der Leitung von Kurt Meyer (1904-1978) entstand ab 1954 in der Filmfabrik Wolfen der damals empfindlichste Colorfilm der Welt. Er war bereits 1934 Leiter der Forschungslaboratorien von Zeiss-Ikon in Berlin, arbeitete 1945-1947 im Sowjetischen Farbfilmkopierwerk in Berlin-Köpenick, 1947-1950 in der Filmfabrik Schostka (Ukraine) und ab 1950 in Wolfen, wo er bis 1968 die Forschungs- und Entwicklungsabteilung Foto leitete.

Der nach dem Chemiker Fritz Winkler (1888-1950) benannte Generator zur Erzeugung von Synthesegas aus Schwelkoks in der Wirbelschicht wurde 1926 in den Leuna-Werken errichtet. 1916 war Winkler nach seinem Studium an der TH München in die BASF eingetreten und hatte bei Untersuchungen zur Adsorption an Aktivkohle 1921 die Ausbildung einer Wirbelschicht als wichtige technische Anwendungsmöglichkeit entdeckt.

Highlights im Deutschen Chemie-Museum in Merseburg

Die Forschungsgebiete der vorgestellten bedeutenden Chemiker und Ingenieure werden im Deutschen Chemie-Museum Merseburg durch eindrucksvolle technische Original-Exponate veranschaulicht (Abbildung 2). Im Vorwort zum „Museumsführer durch

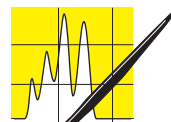
Abbildung 3:
Zeolith-Modell
im instruktiver
Informationstafel.



den Technikpark“ [3] schreibt der Vorsitzende Prof. Klaus Krug unter anderem: „Die politische Wende 1989/90 und der damit verbundene Strukturwandel in der chemischen Industrie Mitteldeutschlands bot die seltene Chance, historisch wertvolle und zum Teil unikate Maschinen, Apparate und Ausrüstungen zu bergen, zu restaurieren und in einem Technikpark zu präsentieren. Träger des Aufbaus des Museums ist der Förderverein „Sachzeugen der chemischen Industrie e.V.“ (SCI), der dabei vielfache Unterstützung erhielt...“ Und als Spitzenexponat erwähnt er daran anschließend eine vollständig rekonstruierte Ammoniak-Synthesekammer und einen im lauffähigen Zustand erhaltenen großen Umlaufverdichter aus den Anfangsjahren der technischen Ammoniaksynthese am Beginn des Rundganges.

Die gesamte Ausstellung ist ein Lehrbeispiel nicht nur für die historische Entwicklung sondern zugleich eine Einführung in die technische Chemie, sowohl für Studenten der Chemie und des Chemieingenieurwesens als auch des Maschinenbaus. Instruktive Informationstafeln an jedem Exponat (Beispiel für Zeolithe als Ionenaustauscher in Abbildung 3) ermöglichen ebenso wie der von K.-P. Wendlandt als federführendem Autor gestaltete Museumsführer (mit zahlreichen technologischen Schemata) einen Einstieg in die jeweilige Materie. Zur bereits erwähnten Ammoniak-Synthesekammer (ab 1916/17 im Ammoniakwerk Merseburg (später Leuna-Werke) um 1930 gehören die Maulwurfpumpe als Herz des Ammoniak-Synthesekreislaufes und in einem roten Backsteinbau in Stahl-Glas-Konstruktion (Baujahr 1997/98) der Synthesegas-Kreislaufverdichter mit Dampfmaschine, die in Betrieb gesetzt werden kann. Im Gebäude werden auch der Entdecker der Ammoniak-Synthese Fritz Haber (1868-1934) sowie Pioniere der Hochdrucksynthese, Carl Bosch, Friedrich Bergius, Matthias Pier, Alwin Mittasch, mit Porträts sowie das Thema „Ammoniak als Grundstoff für Stickstoffdünger und auch für Sprengstoff“ (Abbildung 4) näher vorgestellt. Zu diesem Bereich gehört auch die „Kupferlaugepresspumpe mit Dampfmaschinenantrieb“, die im Ammoniakwerk Merseburg (später Leuna-Werke) von 1921 bis 1991 in der CO-Synthesegaswäsche eingesetzt wurde. „Sie diente als Einspritzpumpe für Kupferlauge. Die Kupferlauge, eine ammoniakalische Kupfer(I)-Carbonat-Lösung, absorbiert im Wascher unter einem Druck von etwa 240 bar das Kohlenmonoxid und setzt dieses beim anschließenden Entspannen in den Entspannungsmaschinen wieder frei.“ [4] (Abbildung 5) Im Methanisierungsreaktor wurde „unmittelbar vor Eintritt in den Synthesereaktor (...) das Ammoniak-Synthesegas einer Feinreinigung (...) unterworfen. Dabei werden letzte Spuren von Kohlenmonoxid und Kohlendioxid an einem nickelhaltigen Katalysator zu Methan hydriert.“

Zu den weiteren, aus der Sicht des Chemiker besonders interessanten Exponaten zählt die Kohlebreipresse, als „einer der letzten Sachzeugen aus der



Technologie der Kohlehydrierung nach dem Bergius-Verfahren. Sie war bis zur Einstellung der Kohlehydrierung in Leuna im Jahre 1959 in der Sumpfphasenhydrierung eingesetzt und förderte den als Ausgangsprodukt benutzten Kohlebrei, einen mit Schweröl angemischtem Braunkohlenstaub, dem Eisenoxid als Katalysator zugesetzt war, in die Hydrieranlage. Die dort bei etwa 250 bar und 450 °C gebildeten Kohlenwasserstoffe wurden in einer anschließenden zweiten Stufe durch eine Gasphasenhydrierung an (noch heute in der Erdölverarbeitung gebräuchlichen) schwefelresistenten Katalysatoren zu Benzin verarbeitet.“ [3]

Die ebenfalls ausgestellten Quecksilber-Elektrolysezellen der Chloralkalielektrolyse wurden 1964 bis 1990 in den Buna-Werken Schkopau eingesetzt und waren gemeinsam mit dem VEB Chemieanlagenbau Leipzig-Grimma entwickelt worden. Zur Funktion ist im Museumsführer (und auf Informationstafeln) zu lesen: „Die über den elektrische leitenden Zellenboden fließende Quecksilberfilm stellt die Kathode dar. An der Kathode wird Natrium unter Bildung von Amalgam, einer Natrium-Quecksilber-Legierung abgeschieden. Das etwa 0,2 %-ige Amalgam gelangt in die Zersetzerzelle und wird dort an Graphitkatalysatoren („Depolarisatoren“) mit Wasser zu Natronlauge und Wasserstoff umgesetzt. Zellen dieser Art produzierten 1,4 t Chlor pro Tag.“ [3]

Ein weiteres sofort ins Auge fallendes Exponat ist die Destillationsanlage, mit einer Destillationskolonne (Höhe 12 000 mm, Innendurchmesser 860 mm, mit 16 Glockenböden, Durchsatz 800 kg/h), Umlaufverdampfer, Kondensator, Vorlagen, Pumpen und Rohrleitungen (Baujahr 1936/37). „Die ausgestellte Anlage ist einer der letzten Sachzeugen aus der Technologie zur Herstellung von Butadien aus Acetylen nach dem Vierstufenverfahren. Die Anlage diente bei der Erprobung des Vierstufenverfahrens zunächst der destillativen Reinigung des in der dritten Reaktionsstufe anfallenden Butandiols. Sie wurde später mehrfach umgebaut und als multivalente Destillationsanlage über 6 Jahrzehnte in den Buna-Werken Schkopau betrieben.“ [3] (Zum Thema „Die Entwicklung der mitteldeutschen Chemieindustrie und das Deutsche Chemie-Museum Merseburg“ siehe auch Klaus Krug [4])

Das Science Center

1996 wurde in Laboratorien der Fachhochschule Merseburg ein Science Center „als Entdeckerfeld für Einzelbesucher und Kleingruppen“ mit Programmangeboten vom Halbtagsprogramm bis zur Projektwoche



Abbildung 5: Blick über den Bereich der Kompressoren- und Pumpenstraße (links: Kupferlaugepresse mit Dampfmaschinenantrieb) auf ein Gebäude der FH Merseburg.



Abbildung 6: Blick auf einen der modernen Arbeitsplätze im Schülerlabor des Science Centers.

für Schüler eingerichtet, das bald den 50 000. Besucher erwartet. Die praktische Laborarbeit orientiert sich an einer „Chemie zum Anfassen“ mit Themen über Kosmetik/Hygiene, Umwelt, Kochen und Backen; Haushalt/Lebensmittel, Farben, Parfüm und anderes mehr, ausführlich in [3 und 5] (Abbildung 6). **CLB**

Literatur

- [1] Brockhaus. Die Enzyklopädie, Leipzig 2001
- [2] Chemiker von A-Z. Eine biografisch-lexikalische Übersicht über die Chemie und ihre bedeutendsten Vertreter in Ostdeutschland. (Redaktion: Gisela Boeck, Klaus Krug, Annelie Roth, Klaus-Peter Wendlandt), 2. Aufl. Berlin 2006
- [3] Deutsches Chemie-Museum Merseburg. Museumsführer durch den Technikpark, (K.-P. Wendlandt, federführender Autor), Merseburg August 2002
- [4] Merseburger Beiträge, 8. Jg. 1/2003 – 10 Jahre Sachzeugen der chemischen Industrie e.V. – 10 Jahre Aufbau des Deutschen Chemie-Museums Merseburg, S. 5-29.
- [5] Almut Vogt: Das Schülerprojekt „Chemie zum Anfassen“ – in: Merseburger Beiträge, 8. Jg. 1/2003, S. 58-76.

Wie viel Kalibrieraufwand ist sinnvoll?

Lothar Gehm, Althengstett

Die Kalibrierung von Messgeräten soll sicherstellen, dass die Reproduzierbarkeit von Messergebnissen mit einer größtmöglichen Genauigkeit gewährleistet ist und Veränderungen rechtzeitig erkannt werden. Der Begriff Kalibrierung wird jedoch unterschiedlich verstanden und es werden unter diesem Begriff verschiedene Dienstleistungen angeboten. Hier sollen die Unterschiede am Beispiel von Rotationsviskosimetern erläutert und vor allem geklärt werden: Was ist notwendig und sinnvoll?

Unter Kalibrierung eines Messgeräts versteht man zunächst einmal das Feststellen des Istzustands. Funktioniert das Messgerät noch richtig? Sind die Messergebnisse bei Wiederholungen gleich?

Hausinterne Kalibrierung von Viskositätsmessgeräten

Bei Viskositätsmessgeräten kann eine Überprüfung hausintern mit einer Substanz bekannter Viskosität stattfinden und viele Firmen führen diese Kalibrierung wöchentlich oder monatlich durch, in dem sie die Viskosität eines Kalibrieröls messen. Diese Kalibrieröle sind Silikonöle, deren Viskosität auf einem Kalibrierschein bestätigt wird.

Hierbei sind zwei wesentliche Angaben zu beachten. Die Viskosität sollte in Abhängigkeit der Temperatur angegeben sein, wobei die Messunsicherheit beachtet werden muss. In Abbildung 1 sieht man die Temperaturabhängigkeit eines Kalibrieröls. Man stellt fest, dass die Temperierung eine wesentliche Fehlerquelle ist, denn bei einem Temperaturunterschied von $0,1^\circ\text{C}$ im Messspalt verändert sich die Viskosität um ca. 1 %.

Weiterhin sind die Anweisungen zur Lagerung der Öle streng einzuhalten, d. h. das Öl ist dunkel und

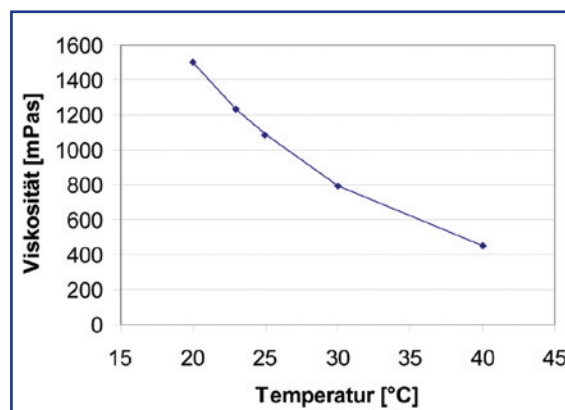


Abbildung 1: Viskositäts- Temperatur- Abhängigkeit von Kalibrieröl 2000 AW.

in einem geschlossenen Behältnis nicht mehr als 6 Monate haltbar. Einmal benutzte Flüssigkeit ist zu entsorgen und nicht wieder zu verwenden.

Betrachtet man nun die Kosten für die Kalibrieröle und die Arbeitszeit, die für die Messungen notwendig ist, so ist diese Methode nicht ganz billig. Sie gibt jedoch die Möglichkeit, den Zustand der Messgeräte laufend zu dokumentieren. Sie ersetzt jedoch in keiner Weise eine rückführbare Kalibrierung, wie im Folgenden gezeigt wird. Doch was ist eine rückführbare Kalibrierung? Hierzu muss zunächst einmal kurz auf die Messtechnik eines Rotationsviskosimeters eingegangen werden.

Messtechnik Rotationsviskosimeter

Bei jedem Rotations- oder Oszillationsviskosimeter besteht das Messsystem aus einem Messkörper und einem Messbecher. Zwischen Messkörper und Messbecher befindet sich die zu untersuchende Substanz. Messkörper und -becher können unterschiedliche Formen annehmen, so z. B. koaxiale Messsysteme, Kegel-Platte, Ankerrührer und vieles mehr. Gemeinsam ist diesen, dass entweder Messkörper oder Becher rotiert und die zu messende Flüssigkeit im Messspalt zwischen Becher und Körper geschert wird. Berechnet wird die Viskosität aus dem Widerstand, den die Flüssigkeit dieser Bewegung entgegensetzt. Bei einem zylindrischen Messkörper z. B. gilt folgende Berechnung gemäß DIN 53 019:



Autor

Der studierte Physiker und Messtechniker Lothar Gehm ist Geschäftsführer der Firma proRheo GmbH Herstellung von Rheometern. Zudem ist er öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Rheologie sowie Autor mehrerer Sachbücher und Artikel über dieses Thema.

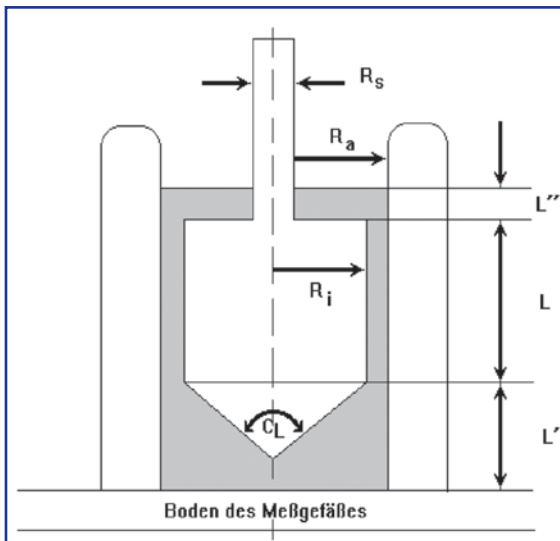


Abbildung 2: koaxiales Messsystem.

Die Viskosität η ist definiert als das Verhältnis aus Schubspannung τ und Schergeschwindigkeit $\dot{\gamma}$

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \quad (1)$$

Die Schubspannung und die Schergeschwindigkeit berechnen sich, wie folgt:

$$\tau = \left(\frac{1+\delta^2}{2\cdot\delta^2} \cdot \frac{1}{2\pi LR_i^2 C_L} \right) \cdot M$$

$$\dot{\gamma} = \left(\frac{1+\delta^2}{\delta^2-1} \cdot \frac{\pi}{30} \right) n \quad (2)$$

mit $\delta = \frac{R_a}{R_i}$

Bezeichnungen wie in Abbildung 2.

Man sieht, dass die Berechnung der Viskosität aus der Drehzahl n und dem Drehmoment M erfolgt. Die Berechnungsformel ist außerdem abhängig von der Messsystemgeometrie und, wie im Abschnitt vorher gezeigt, von der Temperatur.

Man hat also folgende Fehlerquellen:

- Drehzahl
- Mechanik
- Temperatur
- Drehmoment

Die Einflüsse dieser unterschiedlichen Parameter sind bei einer sinnvollen Kalibrierung getrennt voneinander zu untersuchen. Mit einer Messung von Kalibrieröl ist dies nicht möglich. Geht man z. B. davon aus, dass die Oberfläche des Messsystems beschädigt ist, so erhöht sich das gemessene Drehmoment. Dies kann jedoch leicht durch eine minimale Erhöhung der Temperatur ausgeglichen werden, so dass die Messung der Viskosität eines Kalibrieröls wieder stimmt. Bei der Messung der Viskosität eines nichtnewtonschen Stoffes mit anderem Viskositäts- Temperatur-

Gradienten wird das Messergebnis jedoch ganz anders beeinflusst.

Eine wesentliche Schwäche der hausinternen Kalibrierung ist außerdem, dass diese Überprüfung oft von den Mitarbeitern ausgeführt wird, die auch täglich mit dem Gerät arbeiten, so dass Fehler, die sich in der täglichen Routine eingeschlichen haben, nicht bemerkt werden, da man ja immer wieder das Gleiche tut und somit auch immer wieder die gleichen Ergebnisse erhält.

Rückführbare Kalibrierung

Eine rückführbare Kalibrierung untersucht im Gegensatz zu der Überprüfung mittels eines Kalibrieröls jede der vier Komponenten unabhängig von den anderen und führt diese auf die Eich-Normale zurück. Was bedeutet dies im Einzelnen:

Die **Drehzahl** kann durch ein kalibriertes Drehzahlmessgerät überprüft werden.

Die **Mechanik** des Messkörpers wird mit Hilfe einer speziellen Apparatur geprüft, die erlaubt, sowohl den Rundlauf der Messsystemachse wie auch die Oberflächengüte des Messkörpers zu prüfen.

Die **Temperaturmessung** wird mit einem kalibrierten Temperaturmessgerät verglichen.

Die Überprüfung der **Drehmomentmessung** erfordert eine spezielle Apparatur, die das Drehmoment in eine andere messbare Größe überführt. Dies wird

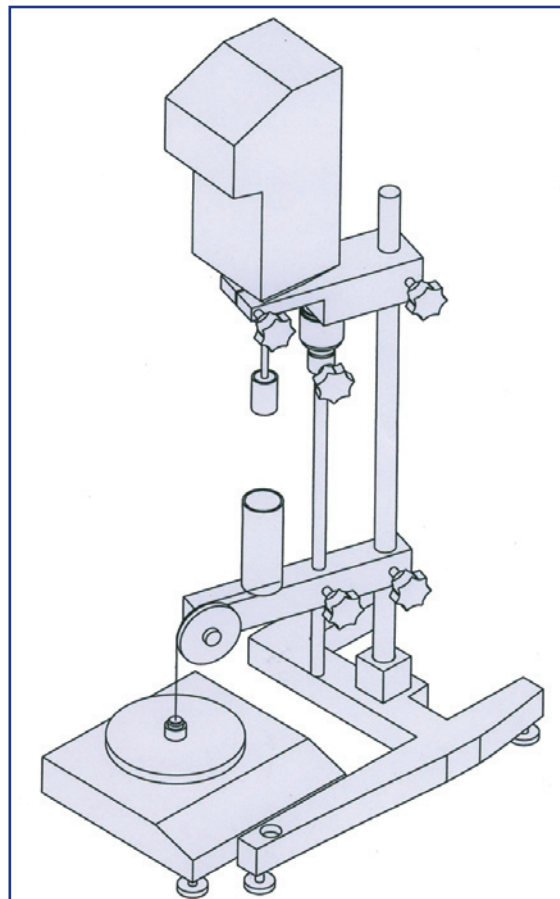


Abbildung 3: Kalibrierstativ mit Waage.

üblicherweise mit einem Kalibrierstativ durchgeführt, das die Drehmomentmessung durch die kalibrierbare Messung eines Gewichts überprüfbar macht. Abbildung 3 zeigt ein solches Kalibrierstativ.

Der rotierende Messkörper des Viskosimeters taucht in einen reibungsfrei gelagerten Messbecher, der mit einer Flüssigkeit gefüllt ist. An diesem Messbecher ist ein Faden befestigt, der ein Gewicht, das auf einer kalibrierten Waage steht, zieht. Es stellt sich bei konstanter Drehzahl und Eintauchtiefe des Messkörpers in die Flüssigkeit ein Kräftegleichgewicht ein zwischen dem auf den Messkörper wirkenden Drehmoment und der auf das Gewicht wirkenden Kraft. So kann bei bekannten geometrischen Verhältnissen auf das Drehmoment geschlossen werden.

Diese Form der Kalibrierung macht es also möglich, alle Einflüsse, die auf die Viskositätsmessung wirken, getrennt voneinander zu untersuchen. Abschließend kann dann noch die Messung eines Kalibrieröls durchgeführt werden, um die letzte Unsicherheit zu beseitigen und alles abschließend zu prüfen. Optimal ist, wenn dies dann von einer anderen Person ausgeführt wird, um den menschlichen Faktor so klein wie möglich zu halten.

Justage des Messgeräts

Die Einstellung oder Justage des Messgeräts ist in einer Kalibrierung zunächst einmal nicht selbstverständlich beinhaltet. Sie stellt einen weiteren Schritt dar, wenn die Kalibrierung zeigt, dass sie erforderlich ist. Daher ist es sinnvoll, den Hersteller des Messgeräts mit der Kalibrierung zu beauftragen, da in diesem Fall garantiert ist, dass das Messgerät auch, wenn notwendig, justiert wird.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass nur durch eine rückführbare Kalibrierung einschließlich einer eventuell notwendigen Justage eine objektiv richtige und vergleichbare Viskositätsmessung garantiert werden kann. **CLB**



**NEWS
ANALYTIK**

ONLINE-STELLENMARKT

Die Stellenbörse für Wissenschaftler und Techniker im Labor.

- 200.000 Seitenabrufe monatlich
- kostenloser wöchentlicher E-Mail-Newsletter mit 2.400 Abonnenten
- kostenlose Veröffentlichung von Stellengesuchen
- kostenlose Veröffentlichung von Stellenangeboten an Universitäten und gemeinnützigen Forschungseinrichtungen
- Unternehmen inserieren Ihre offenen Stellen schon ab **99,- Euro**

Weitere Informationen und zahlreiche aktuelle Ausschreibungen finden Sie online unter **<http://www.analytik-news.de>**

CLB – Memory

Die CLB-Beilage für Ausbildung in Chemie, Labortechnik,
Chemietechnik, Biologie und Biotechnik

August 2007

Ausländische Studierende schätzen deutsche Unis

Anzahl wächst 2006 – studentische Mobilität steigt

Für ausländische Studierende sind die deutschen Hochschulen nach wie vor attraktiv. Der Deutsche Akademische Austauschdienst (DAAD) legte jetzt in Zusammenarbeit mit der Hochschul-Informations-System GmbH (HIS) die neue Ausgabe von „Wissenschaft weltoffen“ vor. Seit 2001 ist dies jährlich eine umfassende Studie zur Internationalität von Studium und Forschung in Deutschland, und sie bestätigt aktuell die Attraktivität deutscher Unis.

Die Gesamtzahl der Studierenden in Deutschland, der deutschen und ausländischen, ist von 1 963 108 im Studienjahr 2005 auf 1 985 765 im Studienjahr 2006 leicht gestiegen. Die Zahl ausländischer Studierender hat im Studienjahr 2006 um 2000 auf 248 357 zugenommen. Damit waren im Berichtszeitraum, wie schon im Vorjahr, 12,5 Prozent aller Studierenden in Deutschland Ausländer. Die Zahl der Bildungsausländer unter ihnen stieg um knapp 3000 auf 189 450 an. Ihr Anteil liegt ebenso wie im Vorjahr bei 9,5 Prozent aller Studierenden in Deutschland. Die meisten Bildungsausländer kommen aus China, Bulgarien, Polen und der Russischen Föderation.

Für die deutschen Studierenden im Ausland liegen Zahlen aus dem Jahr 2004 vor, die dem Statistischen Bundesamt aus den verschiedenen Ländern gemeldet wurden. Demnach haben in 2004 knapp 70 000 deutsche Studie-

rende einen Studienaufenthalt an einer ausländischen Hochschule absolviert, gegenüber gut 60 000 im Jahr 2003. Die studentische Mobilität in Europa entwickelt sich dank ERASMUS weiter positiv. ERASMUS ist ein Programm der Europäischen Union, das die Studentenmobilität innerhalb Europas fördert. Mit etwa 24 000 Studierenden stellt Deutschland die größte nationale Teilnehmergruppe.

Auch die Förderung von Aufenthalt ausländischer Wissenschaftler in Deutschland wächst auf

hohem Niveau. Im Jahr 2005 haben die deutschen Wissenschaftsorganisationen fast 22 000 ausländische Wissenschaftler direkt gefördert. Außerdem wurden Auslandsaufenthalte von mindestens 4600 deutschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern unterstützt. Statistische Erhebungen zum gesamten Wissenschaftleraustausch fehlen bisher weitgehend.

Die jetzt vorgelegte Studie liefert Politik, Hochschulen und Medien aussagekräftige Daten zum Studien- und Wissenschaftsstandort Deutschland.

Vermittlung von Schülern ins Ausland

Schüler, die gerne ein Schuljahr im Ausland verbringen möchten, können sich jetzt auch für einen Start ab Januar 2008 anmelden. Der gemeinnützige Kölner Verein Nacel Open Door vermittelt Plätze für ein viertel, halbes oder ganzes Schuljahr im Ausland. Je nach Land haben die Schüler bei den Austauschprogrammen die Wahl zwischen einem klassischen High School- und einem Direktwahlprogramm. Bei der Direktwahl vermittelt Nacel Open Door eine Schule nach Wahl, sodass die Platzierung individuell auf die Wünsche der Teilnehmer zugeschnitten ist. In den meisten Programmen wohnen die Jugendlichen bei Gastfamilien, die diese wie ihre eigenen Kinder an ihrem Leben teilhaben lassen. Auf diese Weise lernen die Schüler neben der Sprache auch die Kultur des Landes besser kennen.

Nacel Open Door steht allen Interessierten von der ersten Beratung und Planung über die Abreise bis zur Rückkehr zur Seite. Ein Betreuer vor Ort kümmert sich zusätzlich um den Einzelnen. Teilnehmen können Schüler und Schülerinnen ab 15 Jahren. Mehr Informationen zu den Programmen und allen Voraussetzungen finden sich unter www.nacelopendoor.de oder telefonisch unter 0221-60608550. Informationen zu einer Förderung durch das Auslands-BAföG gibt es unter www.das-neue-bafog.de. Als Verein mit fast fünfzigjähriger Erfahrung im internationalen Jugendaustausch organisiert Nacel Open Door e.V. Auslandsaufenthalte für Jugendliche von der Vorbereitung über den Flug und Aufenthalt im Gastland bis hin zur Nachbereitung. Daneben kümmert sich die gemeinnützige Organisation auch um die Gastaufnahme ausländischer Schüler in Deutschland, von drei Wochen bis zu zwölf Monaten. Im Rahmen des Parlamentarischen Patenschafts-Programms (PPP) arbeitet Nacel im Auftrag des Deutschen Bundestags.

Probenahme

Mögliche Quelle großer Fehler

Auch bei sorgfältigem Arbeiten ist der Fehler aus der Probenahme in der Regel wesentlich größer als der aus der anschließenden Messung. Sachgerechtes Arbeiten ist besonders bei inhomogenen Objekten schwierig, wie bei Lebensmitteln, Klärschlamm oder Böden.

Das Probenahmegerät darf das Material bei der Probenahme nicht verändern oder zerstören. So gibt es spezielle Geräte für die Probenahme aus Gasen, Flüssigkeiten, Pasten, Pulvern und einigem mehr. Beim Probentransport sollten genau die gleichen, hohen Qualitätsstandards gelten wie bei der Probenahme, damit die Probe authentisch im Labor ankommt. Je nach gewünschter Bestimmung muss man Proben bis zur Analyse temperieren oder chemisch stabilisieren. Für etliche Materialien gelten Verordnungen oder DIN-Vorschriften, so die „Verordnung über Probenahmeverfahren und Analysemethoden für die amtliche Futtermittelüberwachung“, die

„Altölverordnung Anlage 2 (zu § 5 Abs. 3) Probenahme und Untersuchung von Altöl“ oder „DIN EN 25667 – Wasserbeschaffenheit / Probenahme. Teil 2: Anleitung zur Probenahmetechnik. Teil 3: Anleitung zur Konservierung und Handhabung von Proben“.

Gase

Für die Probenahme von Gasen gibt es spezielle Techniken und Geräte. „Gasmäuse“ beispielsweise sind Behälter mit einem festen Volumen und zwei engen Öffnungen, durch die man das Gas mit einer nachgeschalteten Pumpe kontinuierlich saugt. So kann die Pumpe die Probe nicht verunreinigen. Zum Spülen ist ein Durchpumpen etwa des zehnfachen Behältervolumens notwendig. Gasmäuse bestehen im Allgemeinen aus Glas, was die Handhabung, besonders im freien Feld erschwert; es gibt auch Gaswürste aus Metall oder Kunststoff, die man einsetzt, wenn beispielsweise eine Druckbefüllung notwendig ist oder wenn Effekte der Wandadsorption vernachlässigbar sind.

Adsorbentien zur Probenahme aus Gasen müssen spezielle Anforderungen erfüllen. Man saugt mit einer Balgenpumpe das zu beprobende Gas durch mit Adsorbens gefüllte Röhrchen und kann so das Gasvolumen dosieren. Das Adsorbens kann zum Beispiel Aktivkohle sein. Deren hohe spezifische Oberfläche führt zu einer hohen Kapazität des Röhrchens und ermöglicht so große Probenvolumina. Ihre geringe Affinität zu Wasser erlaubt auch eine Beprobung bei hoher Luftfeuchtigkeit und bei entsprechender Reinheit der Adsorbentien liefert sie nur sehr geringe Blindwerte. Da Aktivkohle thermisch stabil ist, kann das Gas durch Erhitzen – was zur Desorption führt – in das Messgerät, beispielsweise einen Gaschromatographen, gelan-

gen. Zur selektiven Probenahme aus Gasen kann man auch flüssige Absorptionssysteme verwenden. Kleine Gasblasen durchströmen die Flüssigkeit, die bestimmte Gase, zum Beispiel saure oder basische, absorbiert.

Flüssigkeiten

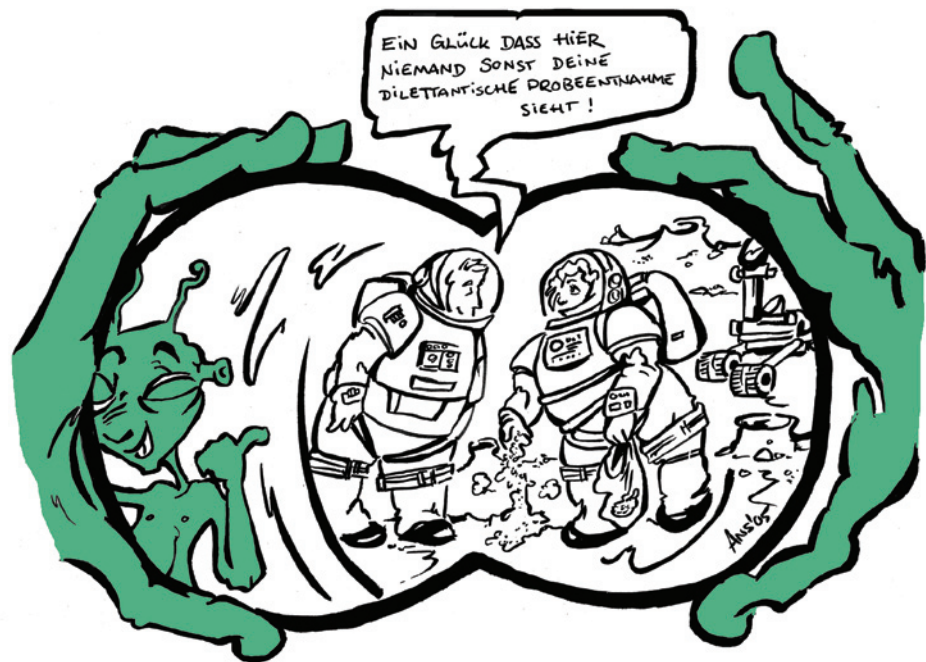
Bei einer Trinkwasserprobe sollte man einige Parameter vor Ort bestimmen. Trinkwasser gewinnt man in Deutschland aus Grund-, Oberflächen- und Quellwasser. Es muss eine große Anzahl von Anforderungen erfüllen. Man untersucht physikalische, chemische und bakteriologische Parameter. Dementsprechend aufwändig kann sich die Probenahme gestalten. Der subjektive Eindruck (Farbe, Trübung, Geruch) kann erste Hinweise geben. Allgemeine Indikatoren wie Temperatur, pH-Wert und elektrische Leitfähigkeit prüft man am besten direkt vor Ort. Für mikrobiologische Untersuchungen verwendet man sterile Flaschen, die zur Konservierung Natriumthiosulfat enthalten. Sie dürfen nicht gespült werden. Zur Probenahme aus dem Trinkwassernetz schraubt man Schläuche und Siebe ab und lässt abgestandenes Wasser aus der Leitung einige Zeit ablaufen. Die Flasche wird unmittelbar vor der Probenahme geöffnet, bis knapp unter den Rand gefüllt und wieder verschlossen ohne die Innenseite des Deckels und des Flaschenhalbes zu berühren. Dagegen spült man für eine chemische Analyse die Probeflaschen und Deckel mit dem zu untersuchenden Wasser zwei- bis dreimal und füllt sie randvoll. Für den Transport und die Aufbewahrung von Proben, in denen anorganische Ionen bestimmt werden sollen, eignen sich Gefäße aus Polyethylen, für organische Parameter muss man aber immer Glasgefäße verwenden. Es gilt als sicher, dass das Ansäuern von Was-

Probenentnahme aus dem Konverter eines Blasstahlwerks (CLB-Archiv).



serproben auf einen pH-Wert von 1 den Verlust von Spuren verhindert, die sonst an den Gefäßwänden adsorbiert werden könnten. Der Zusatz von Toluol oder Chloroform verhindert mikrobielle Aktivitäten. Außerdem sollten die Proben bis zur Untersuchung gekühlt werden.

Biologische Proben erfordern ebenso besondere Behandlungen. zu ihnen zählen beispielsweise Blut- und Harn-Proben. Sie können je nach zu untersuchendem Parameter für mehrere Stunden bis maximal fünf Tage im Kühlschrank bei vier Grad Celsius gelagert werden. Für die Harnsammlung verwendet man säuregespülte Kunststoffgefäße. Für Venenblutproben ist ein Antikoagulans-Zusatz (zum Beispiel EDTA) notwendig, der ein Gerinnen des Blutes verhindert. Der Zeitpunkt der Probenahme ist zum Teil von der jeweiligen Fragestellung bzw. der zu untersuchenden Substanz abhängig: Flüchtige Stoffe wie Benzol oder Chloroform nimmt der Organismus sehr schnell auf, gibt sie aber oft genauso schnell wieder ab. Toluol beispielsweise hat im Blut eine biologische Halbwertszeit – das ist die Zeitspanne, in der der Organismus die Hälfte der Stoffe abgebaut oder wieder ausgeschieden hat – von nur 30 Minuten; Metalle und viele fettlösliche Organochlorverbindungen dagegen haben im Blut eine biologische Halbwertszeit von einigen Jahren. Die Probenahme zur Analyse von leicht flüchtigen Stoffen ist also zu einem Zeitpunkt sinnvoll, an dem sich ein „steady state“ zwischen Aufnahme und Ausscheidung des Fremdstoffes eingestellt hat. Bei stark lipophilen Substanzen (z. B. polychlorierten Dioxinen und Furanen) sollte die Blutentnahme im nüchternen Zustand erfolgen. Blutkonzentrationen werden bei diesen Verbindungen häufig auf die „Blutfettkonzentration“ bezogen. Nicht immer sind die optimalen Entnahmebedingungen vor-Ort zu realisieren. In jedem Fall muss jedoch eine exakte zeitliche Dokumentation der konkreten Ex-



positionsbedingungen und der Probenahme erfolgen.

Feststoffe

Beispiele für Feststoffproben aus unserem Alltag sind Hausstäube. Hier gibt es bestimmte Arten, die man untersuchen sollte, um eine allgemeine Bestandsaufnahme zu erhalten. Hausstaubanalysen führt man durch, um eine Bestandsaufnahme in Innenräumen mit unbekanntem Schadstoffquellen zu erhalten oder um die konkrete Belastung der Raumnutzer durch Schadstoffe zu ermitteln.

Hausstaub besteht definitionsgemäß aus Partikeln aller Art, die sich in abgelagerter Form im Innenraum antreffen lassen. Die feineren Bestandteile enthalten unter anderem Hautabrieb und Haare, Abrieb von Textilien und Einrichtungsgegenständen, anorganisches Material wie Sand, Lehm und Ton, Nahrungsmittelkrümel sowie Rußpartikel und Stäube aus Verbrennungsprozessen (Rauch). Ebenso sind Mikroorganismen, Pilzsporen und Pollen vorhanden. Größere Partikel bestehen aus Pflanzenteilen, Haaren, Steinchen oder Sand.

Folgende Faktoren beeinflussen das Analyseergebnis und sind bei der Probenahme von Hausstaub

zu berücksichtigen: die Art der Probenahme (z.B. Staubsaugen, Kehren, Passivsammler), die Zusammensetzung des Hausstaubes, die Größenfraktion des zur Analyse verwendeten Anteils der Probe, das Staubalter, stoffspezifische Eigenschaften wie Siedepunkt und Dampfdruck mit Beeinflussung des Absorptions- und Desorptionsverhaltens an Hausstaub, Eigenschaften der zu beprobenden Fläche (Oberflächenstruktur, Fläche als primäre Emissionsquelle oder sekundär belastet), möglicher Abrieb von Primärquellen bei der Probenahme. Je nach Zielsetzung der durchzuführenden Hausstaubanalyse ist eine hierfür geeignete Staubfraktion zu analysieren: Die Untersuchung von Feinstaub (< 63 μm) liefert reproduzierbarere Ergebnisse als die Untersuchung des Gesamtstaubs. Gründe hierfür sind die größere Homogenität des Untersuchungsmaterials, die eingeschränkte Erfassung abgeriebener Partikel aus abgesaugten Flächen und die Unabhängigkeit von der im Labor getroffenen willkürlichen Auswahl der zu untersuchenden Fraktion. Die Untersuchung des Gesamtstaubes liefert dagegen mehr Informationen über die in den untersuchten Räumen vor-



Beispiel einer UV-Auflösungs-Apparatur: Die zum Aussenden der UV-Strahlung verwendete 500 Watt Quecksilber-Hochdrucklampe erzeugt auch viel Wärme. Eine intensive Wasserkühlung führt sie ab (Foto: Metrohm).

kommenden Substanzen: Durch die Vielzahl der Matrices im Gesamtstaub besteht eine größere Wahrscheinlichkeit, Substanzen nachzuweisen, die am Feinstaub nicht gut adsorbieren. Für die Bestandsaufnahme bei unbekanntem Schadstoffquellen ist der Gesamtstaub vorzuziehen. Hierfür kann Altstaub oder der bereits im Haushalts-Staubsauger vorhandene Beutel genutzt werden. Für die Zielsetzungen Expositionsabschätzung und Sanierungskontrolle ist besser die Feinstaubfraktion einer ein bis zwei Wochen alten Staubprobe (Frischstaub) zu verwenden.

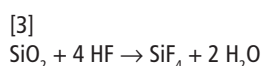
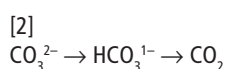
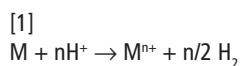
Verjüngen einer Probe: Aus einer Grundgesamtheit – beispielsweise einem Müllberg oder Acker – nimmt man eine repräsentative Anzahl von Einzelproben. Nach einer Richtlinie für die Entnahme von Proben aus Abfällen und abgelagerten Stoffen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) ist die Mindestmasse (m in Kilogramm) einer Einzelprobe von der Korngröße (Kantenlänge a in Millimeter) des größten Korns abhängig: $m = 0,06 \cdot a$. Daraus mischt man die Gesamt-, Misch- oder auch Rohprobe. Um eine Analysenprobe zu erhalten, muss man die Probe

– möglicherweise mehrfach – mahlen, sieben und teilen. Die Reduzierung der Probenmasse durch Teilen nennt man auch Verjüngen der Probe. Zum Teilen kann man die homogenisierte Mischprobe zu einem Kegel auf eine Arbeitsunterlage schütten. Durch Vierteln dieses Haufens eventuell über ein Probenkreuz und Verwerfen der jeweils gegenüberliegenden Teilmengen, wird das Material bis zur gewünschten Probenmenge reduziert. Man kann auch mit einem Probenteiler arbeiten, der aus einem einseitig offenen geknickten Rohr besteht. Man füllt die Probe ein und dreht das Rohr: Eine Hälfte der Probe bleibt im Rohr, die andere fällt heraus. Dies wiederholt man bis zur gewünschten Probenmenge.

Auflösung

Häufig sind vor der Analyse Auflösungen notwendig, um schwerlösliche Substanzen in lösliche Verbindungen zu überführen. Dies kann in Nassauflösungen, durch Schmelzen oder Veraschen – oft auch unter erhöhtem Druck – geschehen. Auflösungen können große Fehlerquellen sein: Substanzen verflüchtigen sich oder adsorbieren an Gefäßwänden; Blindwerte entstehen durch verunreinigte Gefäße, Spatel oder Reagenzien, durch Luft und Staub oder durch Anlösen der Behältermaterialien.

Zu den Nassauflösungen gehören die Auflösungen mit Säuren wie Salz- und Schwefelsäure. Metalle werden dabei zu Kationen [1]; Oxide, Hydroxide, Carbonate, Sulfide und Fluoride werden protoniert und bilden dann teilweise flüchtige Spezies [2]. Silicate schließt man mit Flusssäure auf [3].



Oxidierende Säuren – Salpetersäure, konzentrierte Schwefelsäure, Königswasser und konzentrierte Perchlorsäure – verwendet man für Metalle, biologisches Material, organische Substanzen und viele anorganische Matrices. Mineralien beispielsweise schließt man aber auch basisch auf.

Wichtig bei Auflösungen ist die Auflösungs-temperatur. Nassauflösungen sind in ihrer Wirksamkeit durch die Siedetemperatur des Auflösungsmittels begrenzt: 20prozentige Salzsäure siedet bei 109 Grad Celsius, 38prozentige Flusssäure bei 112, 65prozentige Salpetersäure bei 120, 96prozentige Schwefelsäure bei 334 und 72prozentige Perchlorsäure bei 203 Grad Celsius. Bei Zuführung von mehr Energie kann man einen effektiveren Auflöser erreichen. Nassauflösungen kann man ebenso wie Schmelz- und Veraschungsaflösungen in geschlossenen druckfesten Apparaten durchführen. Der bei der Reaktion aufgebaute Druck beschleunigt den Auflöser.

Auch für Auflösungen gibt es spezielle Geräte und Techniken. Feste Proben kann man in einem Schmelzaufschluss in lösliche Verbindungen überführen. Schmelzauflösungen sind klassische Verfahren der technischen Analyse und der Mineralanalyse. Sie eignen sich auch zur Elementaranalyse organischer Substanzen. Die Durchführung erfolgt beispielsweise in einer Parr-Bombe: Man gibt den zu analysierenden Stoff zusammen mit neutralen, sauren oder basischen festen Zuschlägen in einen druckfesten Behälter und lässt das Gemisch unter Zuführung thermischer Energie reagieren. Typische Schmelzauflösungen sind der Silikaufschluss mit Natriumhydroxid, der Auflöser für Oxide mit Kaliumhydrogensulfat oder der Auflöser von Aluminiumoxiden mit Natriumperborat. Der Wurtzschmitt-Auflöser wird vor allem für die Elementaranalyse eingesetzt: Zur Bestimmung von Halogenen, Schwefel, Phosphor und Metallen in organischen Verbindungen, aber auch zum Auflöser von Metallen,

Legierungen, Chrom-, Niob- und Tantal-Erzen und von Silicaten. Man gibt die Substanz zusammen mit Natriumperoxid und einigen Tropfen Ethylenglykol als Zündmittel in einen Nickel-Tiegel, stellt ihn in den Druckmantel und verschließt diesen mit einem Schraubdeckel. Im Schutzofen zündet ein Mikrobrenner die Bombe.

Den Druckaufschlussbehälter nach Tölg verwendet man für Nassaufschlüsse vor allem in der Elementspurenanalytik, vorwiegend für organische beziehungsweise biologische Matrices, aber auch für anorganische Proben.

Zahlreiche organische Substanzen lassen sich in einem mit Sauerstoff unter Normaldruck gefüllten Kolben verbrennen und so aufschließen. Für Mikroanalysen verwendet man den Schöniger-Kolben. Der Kolben enthält eine Absorptionslösung und Sauerstoff. Die Probe ist in ein aschefreies Papierfännchen gewickelt, das am Stopfen des Kolbens mit einer Platinvorrichtung befestigt ist. Das angezündete Fännchen bringt man schnell in den Gasraum des Kolbens und verschließt ihn. Die Absorptionslösung nimmt die Verbrennungsprodukte auf und ist für titrimetrische oder Ionen-chromatografische Analysen einsetzbar.

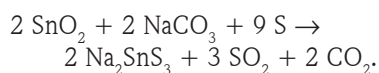
In einer Sauerstoff-Bombe befestigt man die pulverisierte Probe am Deckel, schließt die Bombe, führt Sauerstoff bis zu einem bestimmten Druck zu und zündet elektrisch. Die Verbrennungsprodukte lassen sich anschließend lösen und analysieren.

In einer Wickbold-Apparatur verbrennt man gasförmige, flüssige oder feste Proben in einer Knallgasflamme. Diese Methode zählt zu den schnellsten und wirkungsvollsten Verfahren zur Zerstörung organischen Materials.

Beim UV-Aufschluss versetzt man die Probe Wasserstoffperoxid und geringen Säuremengen. Durch die UV-Strahlung entstehen auch ohne wesentliche Temperaturerhöhung reaktive Radikale und Ozon. In Folgereaktionen zersetzen sich organische Stoffe und machen so

beispielsweise gebundene Schwermetalle für die Analyse zugänglich.

Im Mikrowellenofen lassen sich viele Aufschlüsse in kürzerer Zeit durchführen, da an die Stelle der thermischen Anregung die Mikrowellenanregung tritt. So erhitzt sich primär nur das Probenmaterial. Ein Plasma – „angeregter“ Sauerstoff – entsteht unter vermindertem Druck durch ein Hochfrequenzfeld. Die Oxidation der Probe geschieht dadurch bei relativ niedriger Temperatur; auch leicht flüchtige Stoffe wie Arsen-, Antimon- oder Selen-Verbindungen lassen sich so quantitativ erfassen. Der Hochdruckverascher nach Knapp ermöglicht Aufschlüsse bei Temperaturen von 300 Grad Celsius. Durch Anlegen eines Außendrucks von 100 bar werden die beim Aufschluss entstehenden Dampf- und Reaktionsgasdrücke kompensiert. Schwerlösliche Oxide von Elementen, die Thiosalze bilden, lassen sich durch den Freiburger Aufschluss in lösliche Form überführen:



Anreicherung und Abtrennung

Für viele Analysemethoden muss vor der Messung eine Anreicherung des Analyten erfolgen. Dies kann beispielsweise das Eindampfen einer Lösung, die Extraktion des Analyten oder die Anwendung eines Ionenaustauschers sein. Auch Reinigen, also störende Substanzen zu entfernen, kann den Analyten anreichern. Im Englischen verwendet man häufiger den Begriff „preconcentration“ (Vorkonzentrierung) als „enrichment“ (Anreicherung).

Um in einer wässrigen Analyse störende Metalle zu entfernen fällt man zunächst die Metalle, anschließend kann man sie abfiltrieren. Zur Fällung kann ein selektives Reagenz dienen. Man kann der Lösung auch Eisen- oder Aluminiumhydroxid hinzufügen. Diese anorganischen Spurenfänger können dann zum Beispiel aus Meerwasser Elementspuren mitfä-

Der Nernstsche Verteilungssatz

Der Nernstsche Verteilungssatz besagt, dass das Verhältnis der Konzentrationen eines sich zwischen zwei Phasen verteilenden Stoffes im Gleichgewichtszustand bei gegebener Temperatur konstant ist. Voraussetzung für die Gültigkeit des Gesetzes ist, dass der Stoff in beiden Phasen den gleichen Molekularzustand hat.

len. Nach dem Filtrieren nutzt man den getrockneten Filterkuchen direkt für eine Röntgenfluoreszenz-Analyse zur Molybdän-Bestimmung. Grundlage der Anreicherung ist der Phasenübergang flüssig-fest.

Anreicherung von Arsen: Arsen dient als Legierungsbestandteil – zum Beispiel in Blei-Legierungen für Flintenschrot oder in Kupfer-Zinn-Legierungen für Spiegel – und zur Herstellung von Halbleitern. Zur analytischen Abtrennung von Antimon und Zinn kann man Arsen aus salzsaurer Lösung als Arsen-trichlorid AsCl_3 abdestillieren (Phasenübergang flüssig-gasförmig). Das im Kühler kondensierte AsCl_3 lässt man in ein geringeres Volumen einfließen. So erhält man eine Anreicherung und kann beispielsweise eine Atomabsorptionsspektrometrie AAS durchführen.

Die Flüssig-flüssig-Extraktion, das Ausschütteln, ist eine sehr häufige Methode zur Anreicherung und Abtrennung; Schwermetallspuren lassen sich nach Zusatz eines Chelatbildners wie Dithiocarbamat als Metallkomplexe in eine organische, mit Wasser nicht mischbare Phase überführen. Auch organische unpolare Stoffe kann man in einem organischen Lösungsmittel anreichern.

Frage: Welche Methode nutzt zur Anreicherung den Phasenübergang flüssig-fest: a) Ionenaustausch; b) Elektrolyse; c) Festphasen-Extraktion; d) Sweep-Co-Destillation; e) TAS-Verfahren?

Ionenaustauscher sind feste Stoffe, die aus Lösungen Ionen aufnehmen und dafür eine äquivalente Menge Ionen gleichen Ladungssinns in die Lösung abgeben. Beispiele sind Zeolithe oder Kunstharzsulfonate. Katio-

nen austauscher zur Enthärtung von Wasser tauschen formal ein Ca^{2+} - oder ein Mg^{2+} - gegen zwei Na^+ -Ionen aus; Anionenaustauscher tauschen beispielsweise Cl^- gegen OH^- .

Eine Elektrolyse ist die Zerlegung chemischer Verbindungen durch elektrischen Gleichstrom, der zwischen Anode und Kathode fließt. Anionen wandern zur Anode, Kationen zur Kathode, wo sie durch Oxidation beziehungsweise Reduktion in die Elemente übergehen. Um die Vermischung der Endprodukte zu vermeiden, trennt man die Elektrodenräume durch ein Diaphragma. Metalle aus der Lösung scheiden sich als Feststoffe ab.

Die Festphasen-Extraktion arbeitet nach den Prinzipien der Chromatographie. Es findet eine Verteilung zwischen flüssiger und

fester Phase statt. Ein Beispiel ist die Vorbereitung der PAK-Bestimmung (Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe): Unpolare Stoffe wie die PAK lassen sich aus Wasser von polaren Stoffen an einer festen Phase mit Octadecyl-Kohlenwasserstoff-Ketten abtrennen und anreichern. Verschiedene Waschstufen entfernen störende Begleitstoffe selektiv. Dann eluiert man die PAK zur Bestimmung.

Die Sweep-Co-Destillation dient zur Bestimmung von Pflanzenschutzmittel-Rückständen in Ölen. Bei dieser „sanften Destillation“ schlägt sich das eingespritzte Öl auf der Oberfläche von Glaskugeln in einer beheizbaren Säule ab. Ein im Stickstoff-Strom durch die Säule geleitetes leichtflüchtiges Lösungsmittel nimmt die löslichen

Bestandteile des Öles mit und überführt sie ein Reagenzglas. Mitgerissene oder schwerer flüchtige Stoffe hält eine Kühlschleife zurück; weiter gehts in den Gaschromatographen.

Beim von Egon Stahl entwickelten Thermomikro-, Abtren-, Transfer- und Auftrageverfahren (TAS) gibt man die feste Probe in eine Glaspatrone mit Kapillare und heizt sie auf. Bei vorgegebener Temperatur gelangen die flüchtigen Stoffe aus der Matrix mit einem Gasstrom direkt auf eine vor die Öffnung gehaltene Dünnschichtchromatographie-Platte, wo die eigentliche Analyse stattfindet. Diese Thermofraktographie eignet sich z.B. zur schnellen Identifizierung der Basiskomponenten von Epoxidharzen. Die Antworten a), b) und c) sind richtig.

Der vorstehende Artikel „Probenahme“ ist ein kleiner Auszug aus dem Buch „Alles Repetito – oder was???“ (15 von 244 Seiten). Sicher macht er Appetit auf mehr ;-)

In dem Buch (244 Seiten mit ca. 80 Abbildungen; ISBN 3-9810449-0-8) stehen die beliebten Fragen aus dem CLB-Memory. Es gibt Antworten und ausführliche Erläuterungen dazu. Die Themen werden zudem durch einen geschichtlichen Rückblick und Randinformationen in einen Gesamtzusammenhang eingeordnet. Karikaturen von Ans de Bruin lockern die harte Arbeit beim Lösen der Fragen auf.

Preis je Buch: 24,50 Euro incl. MWSt. und Versand. **Chemieschulen erhalten Sonderkonditionen.** Bestellung über service@clb.de oder Fax: 06223-9707-41.

Alles Repetito – oder was???

Maren Bulmahn • Rolf Kickuth

Dieses Buch gibt Einblicke in die Chemie und angrenzende Naturwissenschaften in Form von Einführungen in verschiedene Gebiete, Fragen und den dazugehörigen Antworten. Es wendet sich an alle, die Grundlagenwissen festigen wollen. Oberstufenschüler mit Schwerpunkt Chemie/Naturwissenschaften, Auszubildende, Schüler an technischen Fachschulen und auch Studenten in den ersten Semestern von Chemie und Biologie, insbesondere auch in den Bachelor-Studiengängen, können Gelehrtes wiederholen und vertiefen, aber auch Neues erfahren. Wer seit Jahren im Labor steht, dem macht es Spaß, sein Wissen kurzweilig zu überprüfen und auf dem neuesten Stand zu halten. So haben es die CLB-Leser berichtet, die diese Art von Fragen aus der Zeitschrift kennen. Über 100 Abbildungen und Tabellen erleichtern das Verständnis des Textes; gelegentlich unterbricht ein Comic den Ernst des Stoffes.

ISBN 3-9810449-0-8



9 783981 044904

Bulmahn
Kickuth

Alles Repetito – oder was???

Rubikon

Alles Repetito – oder was???

fragt der Bachelor die Laborantin



Maren Bulmahn • Rolf Kickuth

Neuer Klima-Rechner des Umweltbundesamtes gibt Antwort

Wie ist meine persönliche Kohlendioxid-Bilanz?

Wie viel Kohlendioxid (CO₂) entsteht beim Heizen meiner Wohnung? Wie wirkt sich ein sparsameres Auto auf meine CO₂-Bilanz aus? Wie viel Treibhausgas lassen sich mit dem Kauf regionaler Lebensmittel einsparen? Darüber können Bürgerinnen und Bürger sich mit einem aktuellen CO₂-Rechner selbst einen Überblick verschaffen. Der Rechner ermittelt den persönlichen Ausstoß an Treibhausgasen pro Jahr und vergleicht diesen mit dem deutschen Durchschnitt. Ob Wohnen, Mobilität, Ernährung, persönlicher oder allgemeiner Konsum – das Onlineangebot des Umweltbundesamtes (UBA) zeigt jedem, wie viel Klimagase der individuelle Lebensstil verursacht.

Unterstützt vom UBA haben das Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH und die avantTime Consulting GmbH ein internetbasiertes Rechenmodell entwickelt, das den Lebensstil in Emissionen „übersetzt“. Nach Eingabe weniger Daten erfahren Bürgerinnen und Bürger innerhalb von nur wenigen Minuten ihre persönliche CO₂-Bilanz und lernen, an welchen wichtigen Stellschrauben sie ihre Klimabilanz verbessern können. Der CO₂-Rechner bildet fünf Bereiche des täglichen Lebens ab: Wohnen (Heizung oder Stromverbrauch), Mobilität (Auto, Bus, Bahn oder Flugzeug), Ernährung, persönlicher Konsum - also für Kleidung, Elektrogeräte oder Möbel - und den so genannten allgemeinen Konsum, das heißt die Aktivitäten des Staates zu Gunsten der Bürgerinnen und Bürger wie Infrastruktur oder Bildung.

Der Rechner berücksichtigt auch den ökologischen Rucksack eines importierten Produktes: Klimagase, die bei der Herstellung im Ausland entstehen, bezieht der Rechner mit ein. Emissionen, die bei der Herstellung von Exportgütern entstehen, betrachtet der Rechner dagegen nicht. Neben CO₂ fließen auch die

Klimawirkungen weiterer Treibhausgase wie Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) - beispielsweise aus der Landwirtschaft - in die Rechnung ein. Vor allem bei der Ernährung spielen diese Emissionen in der Landwirtschaft eine bedeutende Rolle.

Im Durchschnitt ist ein Mensch in Deutschland jährlich für rund elf Tonnen Treibhausgasemissionen verantwortlich. Damit liegen die Deutschen deutlich über dem weltweiten Durchschnitt von rund 3,8 Tonnen pro Kopf. Langfristig verträglich ist ein Ausstoß von 2,5 Tonnen pro Kopf.

Es gibt verschiedene Wege, die persönliche Klimabilanz zu verbessern: Wer öffentliche Verkehrsmittel nutzt statt den eigenen PKW, spart bei einer jährlichen Fahrleistung von 15 000 Kilometern schon 1,6 Tonnen CO₂ pro Jahr - bei gleicher Mobilität. Auch die individuellen Ernährungsgewohnheiten haben großen Einfluss auf die persönliche Treibhausgasbilanz. Nicht nach jedem Geschmack, aber aufschlussreich: Wer sich vegetarisch ernährt und Lebensmittel aus der Region kauft, spart im Vergleich zu einer fleischlastigen Ernährung jährlich 1,33 Tonnen CO₂ ein. Fernreisen sind ein weiterer wichtiger Ansatzpunkt. Ein Fernflug nach Thailand entspricht mit einem CO₂-Ausstoß von 5,05 Tonnen allein schon 50 Prozent des gesamten durchschnittlichen CO₂-Ausstoßes pro Person in Deutschland.

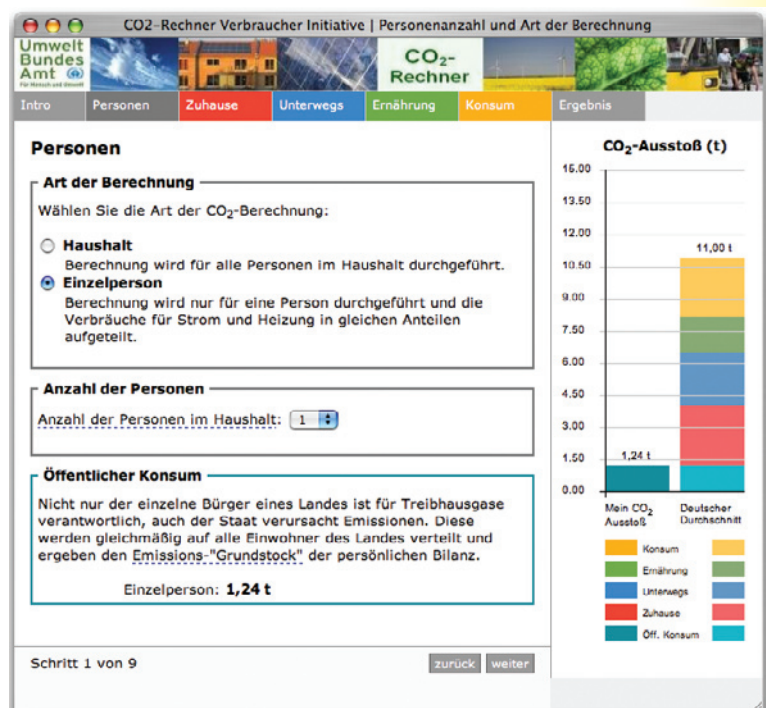
Der Energieverbrauch für die Heizung ist besonders hoch. Das Wohnen

im Mehrpersonenhaushalt – sei es in der Familie oder in einer Wohngemeinschaft – spart beispielsweise in einem Vier-Personenhaushalt mit 100 Quadratmeter Wohnfläche je Mitbewohner 5,7 Tonnen CO₂ im Vergleich zu einer Einzelperson, die 50 Quadratmeter alleine bewohnt. Wer sein Haus energetisch saniert kann seinen CO₂-Ausstoß ebenfalls erheblich senken.

Der CO₂-Rechner wird fortlaufend aktualisiert. In einem nächsten Schritt soll er um detaillierte Handlungsempfehlungen ergänzt werden, die zeigen, wie jeder Einzelne seine Emissionen mindern kann. Besucherinnen und Besucher der UBA-Internetseiten können den CO₂-Rechner kostenfrei nutzen. Institutionen, die den Rechner auf ihrer Homepage anbieten und der Öffentlichkeit zugänglich machen wollen, können Lizenzen bei der avantTime Consulting GmbH erwerben.

Der Rechner steht unter <http://co2.klima-aktiv.com/uba.html> im Internet bereit. Auskünfte zu den Lizenzen des CO₂-Rechners gibt es unter <http://www.avanttime.de/index.html>. *Martin Ittershagen*

Das Startfenster des UBA-CO₂-Rechners.



Organische Chemie

Additionen an unpolare CC-Doppelbindungen

- 1** Eine Doppelbindung besteht aus
A zwei σ -Bindungen,
B zwei π -Bindungen,
C zwei ρ -Bindungen,
D einer σ - und einer π -Bindung,
E einer π - und einer ρ -Bindung.
- 2** Die Doppelbindung von Ethen ist polarisiert, wenn ein Wasserstoffatom am Kohlenstoffatom substituiert ist durch
A eine Hydroxid-Gruppe,
B eine Alkyl-Gruppe,
C eine Keto-Gruppe,
D eine Amin-Gruppe
E eine Aryl-Gruppe.
- 3** Die elektrophile Addition ist der wichtigste Reaktionstyp unpolarer Alkene, weil
A die σ -Bindung eine sehr hohe Elektronendichte hat,
B die σ -Bindung von der sehr hohen Elektronendichte der π -Bindung umgeben ist,
C die Wandlung einer π -Bindung in eine σ -Bindung zu einem Bindungsenergiegewinn führt,
D der Übergangszustand bei diesem Reaktionstyp extrem energiearm ist,
E solche Reaktionen exotherm verlaufen.
- 4** Die Markownikoff-Regel (nach Wladimir Wassiljewitsch Markownikoff)
A beschreibt die Produkte einer elektrophilen Addition von Halogenwasserstoffen an Doppelbindungen,
B besagt, dass bei der Anlagerung von Halogenwasserstoffen an asymmetrische Alkene das Wasserstoffatom immer an das bereits wasserstoffreichere Kohlenstoffatom gebunden wird,
C besagt, dass bei der Anlagerung von Halogenwasserstoffen an asymmetrische Alkene das Halogenatom an das weniger substituierte Kohlenstoffatom gebunden wird,
D gilt nicht für die Addition von Wasser,
E gilt nicht für die radikalische Addition und die Hydroborierung.
- 5** Die Diels-Alder-Reaktion ist
A eine Cisaddition,
B eine Hydroborierung,
C eine Transaddition,
D eine Cycloaddition,
E eine Eliminierung.
- 6** (R,S)-Dibrombernsteinsäure entsteht durch Bromaddition
A an Maleinsäure unter Lichtabschluss,
B an Maleinsäure in Wasser unter Kochen am Rückfluss,
C an Maleinsäure in Diethylether,
D an Fumarsäure unter Lichtabschluss,
E an Fumarsäure in Wasser unter Kochen am Rückfluss.
- 7** Welches ist das reaktivste Reagenz bei der Addition an die Doppelbindung von Alkenen?
A BrCl,
B Br₂,
C I Br,
D Cl₂,
E I₂.
- 8** Welches ist das am häufigsten gebrauchte Halogenierungsmittel für Alkene?
A BrCl,
B Br₂,
C I Br,
D Cl₂,
E I₂.
- 9** Die Wasseraddition geschieht im Labor im Allgemeinen
A in zwei Schritten,
B in der Gasphase,
C an einem sauren Feststoffkatalysator,
D mit Borverbindungen
E in alkalischem Medium.
- 10** Kennzeichen einer Hydroborierung ist
A ein Markownikoff-Produkt,
B eine oxidative Spaltung,
C eine reduktive Spaltung,
D eine Katalyse,
E ein Hofmann-Edukt.
- 11** Die Sharpless-Epoxidierung
A erzeugt optisch aktive Produkte,
B liefert cyclische Ester und daraus cis-Diole,
C verwendet Kaliumpermanganat als Sauerstofflieferant,
D beruht auf Halogenalkoholen als Edukten,
E ist enantioselektiv.
- 12** Eine Cycloaddition
A beruht auf der Reaktion von mindestens zwei Molekülen,
B hat wegen der Abspaltung von Molekülteilen mindestens zwei Produkte,
C löst σ -Bindungen,
D löst π -Bindungen,
E erzeugt aromatische Verbindungen.
- 13** Fünfring-Heterocyclen entstehen durch 1,3-Dipolare Cycloaddition nach Huisgen. Welches sind wichtige 1,3-Dipole dafür?
A Azide,
B Amine,
C Nitrile,
D Nitrone,
E Diazoalkane.

Lösungen zu Seite M56 (CLB 07/2007):

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

(Alle Lösungen zu Seite M64
 finden Sie in CLB 09/2007
 sowie auf www.clb.de)



Unikale Prüfeinrichtungen für Chemie- und Materialtechnik an der BAM Teils einzigartig in der Welt

Die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) verfügt über eine Reihe besonderer Prüfeinrichtungen, die in vergleichbarer Form in Deutschland, Europa oder weltweit von keiner anderen Institution im Rahmen externer Dienstleistungen zur Verfügung gestellt werden. Diese „unikalen“ Prüfeinrichtungen und die damit verbundenen besonderen Prüfmöglichkeiten sind ein wesentliches Alleinstellungsmerkmal der BAM. Dabei reicht die Spanne von speziell für die BAM gefertigten Großgeräten bis zu selbst entwickelten Prüfsystemen.

Die technologische Leistungsfähigkeit der Bundesrepublik Deutschland basiert in entscheidendem Maße auf wettbewerbsfähigen Produkten hoher Qualität, die durch eine hoch

entwickelte Mess- und Prüfinfrastruktur sichergestellt wird. Einen wesentlichen Beitrag hierzu liefert die BAM, indem sie für einen breiten Anwendungsbereich Referenzmaterialien und Referenzverfahren bereitstellt. Darüber hinaus werden von der BAM im Rahmen ihrer Leitlinie „Sicherheit in Technik und Chemie“ innovative Mess- und Prüftechniken entwickelt und bereitgestellt.

Die Bereitstellung aufwändiger Prüfeinrichtungen an der BAM orientiert sich an der Entwicklung der Aufgaben und dem Bedarf der Zielgruppen der BAM. Der Bestand an unikalen Prüfeinrichtungen wird daher regelmäßig aktualisiert und, wenn nötig, in einer Neuauflage eines entsprechenden Katalogs wie auch im Internet veröffentlicht.

Die im Katalog aufgeführten Prüfeinrichtungen stehen auch anderen Instituten oder Labora-

torien zur gemeinschaftlichen Nutzung im Rahmen von Kooperationen offen.

Die unikalen Prüfeinrichtungen betreffen die analytische Chemie und Referenzmaterialien, die chemische Sicherheitstechnik, Gefahrgutumschließungen, Materialien und Umwelt, die Werkstofftechnik, Materialschutz und Oberflächentechnik, die Bauwerksicherheit sowie die zerstörungsfreie Prüfung. Beispielhaft werden hier die Einrichtungen zur analytischen Chemie und Referenzmaterialien vorgestellt. Weitere Angaben gibt es im Internet unter www.bam.de.

Präzisions-Konstantstrom-Coulometriesystem

Die Einsatzgebiete des Präzisions-Konstantstrom-Coulometriesystems liegen in der Charakterisierung von primären Referenzmaterialien für die Maßanalyse und, zukünftig, in der Gehaltsbestimmung von Metall-Referenzlösungen für die Spektroskopie.

Die Messmethode der Coulometrie basiert auf dem Prinzip, dass die Stoffmenge eines Stoffes in einer Lösung nach dem Faradayschen Gesetz der Elektrizitätsmenge proportional ist, die bei 100%-iger Stromausbeute zwischen der Generator-elektrode (Pt, Ag, Zn) und der Gegenelektrode (Pt, Ag) bis zum vollständigen Umsatz fließt. Dazu erfolgt eine coulometrische Titration mit unterschiedlichen Konstantstromstärken. Abbildung 1 zeigt die Prinzipanordnung der Messapparatur: Die Wägung der zu bestimmenden Substanz erfolgt auf einer Mikrowaage ($u_m = 0,0005\%$).

Als Konstantstromquelle für die Zeitschaltung ($u_t = 0,0001\%$) des Generatorstromes und die potentiometrische oder biamperometrische Endpunkt-

Tabelle 1: Beschreibung der Größen in den Gleichungen auf der nebenstehenden Seite.
Umrechnung: $v = w [\%] / 100 \cdot M [\text{kg/mol}]$ $w = 100 \cdot v [\text{mol/kg}] \cdot M [\text{kg/mol}]$ (Alle Abb. und Tabellen: BAM).

Größe	Einheit	Beschreibung
G		Gehalt
v	mol/kg	Stoffmengengehalt
w	%	Massenanteil
Q_{ges}	C	Elektrizitätsmenge zwischen den beiden Äquivalenzpunkten [$Q = I \cdot t$]
M	g/mol	Relative Molmasse
U_1	V	Mittlere Spannung während der Vortitration
t_1^*	s	Gesamtzeit der Vortitration
t_1^{**}	s	Zeit der Vortitration bis zum Endpunkt
t_{kor}	s	Korrektur der Zeit der Vortitration
U_2	V	Mittlere Spannung während der Haupttitration
t_2	s	Zeit der Haupttitration
U_3	V	Mittlere Spannung während der Feintitration
t_3	s	Zeit der Feintitration bis zum Endpunkt
z		Produkt aus der Stromausbeute u. der Zahl der ausgetauschten Elektronen
F	C/mol	Faradaykonstante (96485,3383 C/mol)
m	kg	Luftauftriebskorrigierte Masse
R		Elektrischer Widerstand des Messwiderstands

bestimmung dient ein computer-gesteuertes elektrochemisches Messsystem.

Der Konstantstrom der Haupttitration wird durch den Spannungsabfall ($u_v = 0,0011 \%$) an einem Normalwiderstand ($u_r = 0,0001 \%$) gemessen. Die coulometrischen Zellen enthalten zwischen Anoden- und Kathodenraum einen Zwischenraum, der gespült wird und durch ein Agar- oder Silikagel-Diaphragma vom Gegenelektrodenraum getrennt ist.

Folgende Urtitersubstanzen werden in Zusammenarbeit mit der EMPA (seit 1998) zertifiziert: Kaliumhydrogenphthalat, Benzoesäure, Tris(hydroxymethyl)-aminomethan, Natriumchlorid, Arsen(III)oxid und neuerdings außerhalb dieser Zusammenarbeit Äthylendi-aminetraessigsäure. Prüfgröße ist der Stoffmengenanteil der Hauptkomponente, v in [mol/kg] oder deren Massenanteil, w in [%].

Ergebnisunsicherheit/Zuverlässigkeit: Physikalische Größen (Tabelle 1): 0,002 % (Prüfbereich: 99,000% bis 100,000%). Experimentelle Bedingungen (Tabelle 2): von 0,001 % bis 0,008 %. Unsicherheit, Typ B: von 0,002 % bis 0,008 %.

Die hohe Genauigkeit dieser Messeinrichtung resultiert neben der genauen Einwaage der zu bestimmenden Masse (m), der feinen Dosierung der Elektrizitätsmenge (Q) und ihrer genauen Bestimmung durch die Messung der physikalischen Größen (elektrischer Widerstand (R), elektrische Spannung (U), Zeit (t)) auch aus dem großen experimentellen Aufwand. Dieses System für coulometrische Säure/Base-, Fällungs-, Redox- und Komplex- Reaktionen ist einmalig in Deutschland. Teilnahme an internationalen Vergleichen: CCQM Pilot studies: P19.1 (2002, Salzsäure), P32 (2001, Chlorid), P36 (2002, Kaliumhydrogenphthalat) CCQM Key comparisons: CCQM-K29

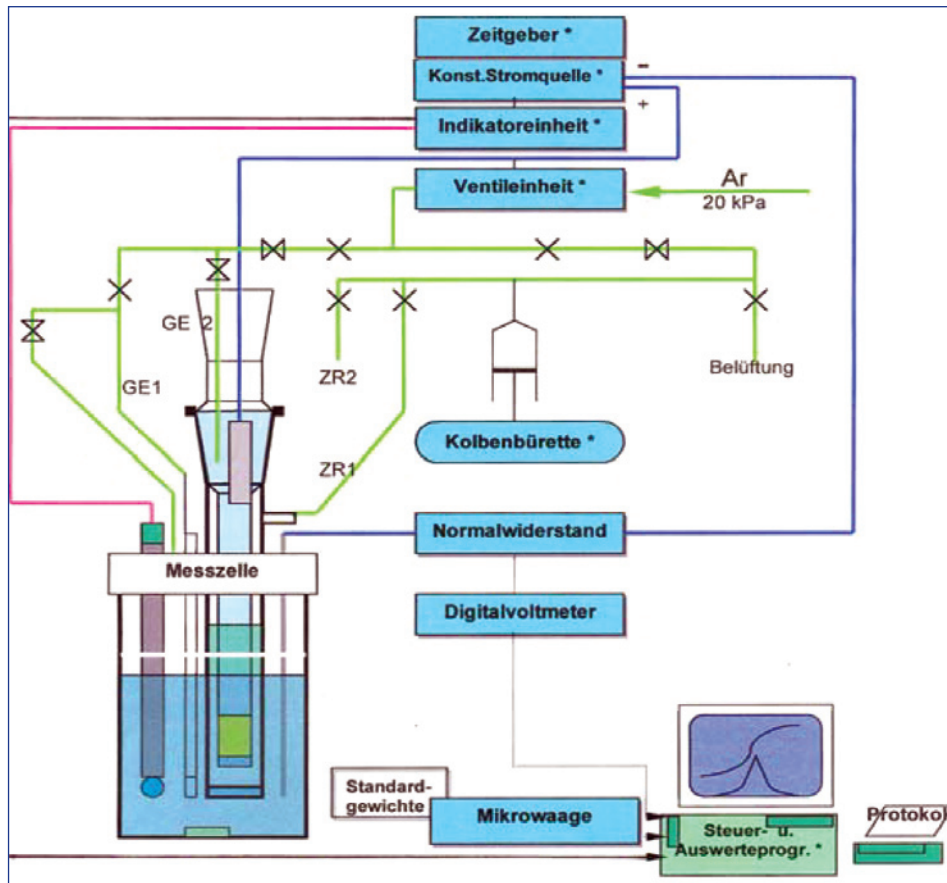


Abbildung 1: Präzisions Konstantstrom Coulometriesystem (Prinzipanordnung). Messzelle für Säure/Base-Titrationen, Ventilanordnung mit den entsprechenden pneumatischen Verbindungen. X: Ventil, IXI: Strömungswiderstand, GE: Gaseinleitung, ZR: Zwischenraum. *) M. Máriássy, L. Vyskocil, A. Mathiasová: Accred Qual Assur (2000) 5:437-440, "Link to the SI via primary direct methods".

(2003, Chlorid-Lösung), CCQM-K34 (2004, Kaliumhydrogenphthalat).

Die coulometrische Titration erfolgt mit unterschiedlichen Konstantstromstärken. Sie untergliedert sich in drei Abschnitte: In eine Vortitration, eine Haupttitration und eine Feintitration. Der Gehalt G berechnet sich nach dem Faradayschen Gesetz aus dem Verhältnis der coulometrisch gemessenen (Q_{ges}) zur theoretisch notwendigen Elektrizitätsmenge (zFm/M) nach folgender Gleichung:

$$G = \frac{M \cdot Q_{ges}}{z \cdot F \cdot m}$$

Für den Stoffmengenanteil gilt:

$$v = \frac{U_1 \cdot (t_1^* - t_1^{**} - t_{kor}) + U_2 \cdot t_2 + U_3 \cdot t_3}{z \cdot F \cdot m \cdot R}$$

Für den Massenanteil gilt:

$$w = \frac{100M \cdot [U_1 \cdot (t_1^* - t_1^{**} - t_{kor}) + U_2 \cdot t_2 + U_3 \cdot t_3]}{z \cdot F \cdot m \cdot R}$$

Die Bestimmung wird folgendermaßen durchgeführt: Nach der Entgasung des angesäuerten Grundelektrolyten (5 Minuten durch den Zwischenraum und

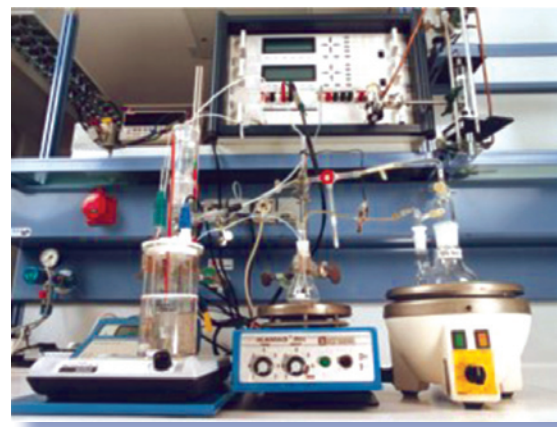
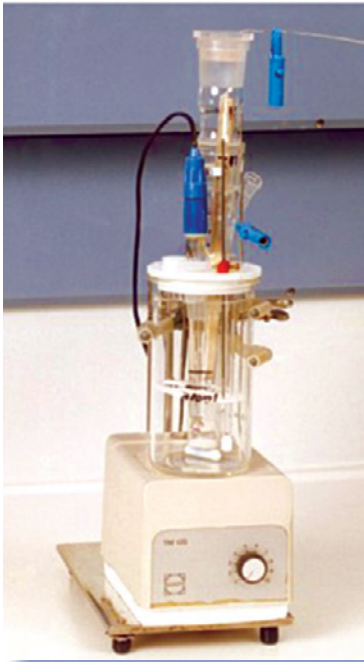


Abbildung 3: Messzelle für Kaliumhydrogenphthalat oder Natriumchlorid.



35 Minuten durch die Zelle) wird die Probe mit dem Wägegefäß (PTFE-Becher) in die Zelle über die Lösung gehängt und die Vor-Vortitration gestartet. Nach Erreichen des Startwertes der Vortitration wird der Zwischenraum und der PTFE-Spritzschutz über der Lösung gespült und der Zwischenraum mit 10 mL des zu titrierenden Elektrolyten gefüllt. Die Vortitration erfolgt nun mit

konstanten Ladungsincrementen bis der Endpunkt überschritten ist.

Nach der Probenzugabe startet die Haupttitration. Um die Probendiffusion ins Diaphragma während der Haupttitration zu minimieren, wird der Zwischenraum langsam in den Arbeitselektrodenraum ausgedrückt. Nach der Haupttitration wird der Zwischenraum und der Spritzschutz gespült. Danach beginnt die Feintitration mit konstanten Ladungsincrementen. Der Zwischenraum wird nach jedem Inkrement gespült. Die Feintitration endet, wenn der Endpunkt überschritten ist.

Die Titrationskurven der Vor- und Feintitration werden rechnergesteuert registriert und ausgewertet. Das Ergebnis wird berechnet, gespeichert und das Protokoll ausgedruckt.

Der Gehalt wird aus folgender Abhängigkeit der Stoffmengen bestimmt: Die coulometrisch bestimmte Stoffmenge wird über der eingewogenen aufgetragen. Dabei entspricht der Anstieg ihrem Massenanteil. Bei dem arithmetischen Mittel wird ein eventueller Blindwert korrigiert, wenn der Ordinatenabschnitt nach dem t-Test signifikant ist.

Fehler (Typ B), basierend auf der Stromausbeute, Verunreinigungen im Spülgas Argon, vom Elektrolyten und dem Geldiaphragma, durch Diffusion und Migration, durch Spülen des Zwischenraumes und des Spritzschutzes sowie Verlusten bei der Probenzugabe und durch Verspritzen werden durch geeignete experimentelle Bedingungen minimiert, dargestellt in Tabelle 2.

Tabelle 2: Fehlerminimierung durch geeignete experimentelle Bedingungen.

Stromausbeute	Anwendung von gut untersuchten Redoxsystemen und großen Elektrodenoberflächen
Verunreinigungen im Spülgas	Anwendung von 99,9999 % Argon
Verunreinigungen im Gel	Neutralisation von Agar Gel vor der Bestimmung gegen einen Farbindikator
Verunreinigungen im Elektrolyten	Anwendung von Wasser mit einer elektrischen Leitfähigkeit $K < 2 \mu\text{S}/\text{cm}$ und Chemikalien der Reinheit mindestens p.a.
Diffusion	Zur Vermeidung von Probendiffusion aus der Zelle wird der Zwischenraum mit Elektrolyt gefüllt und dieser während der gesamten Haupttitration langsam ausgedrückt
Migration	Hohe Grundelektrolytkonzentration
Verluste bei der Probenzugabe	Die Probenzugabe erfolgt zusammen mit dem zur Einwaage verwendeten PTFE-Becher
Elektrische Aufladung bei der Wägung	Verwendung eines Quarz-Bechers bzw. Erdung des PTFE-Bechers
Spritzverluste	Verwendung eines Spritzschutzes aus PTFE, über der Lösung angeordnet
Spülung	Der Zwischenraum und der Spritzschutz werden während der Titration wiederholt gespült
Luftauftriebskorrektur	Zur Berechnung der Luftdichte dienen die Lufttemperatur, der Luftdruck und die Luftfeuchtigkeit in der Waage beim Wägen.

Abbildung 4: Quarzmesszelle für Ethylendiamintetraessigsäure.

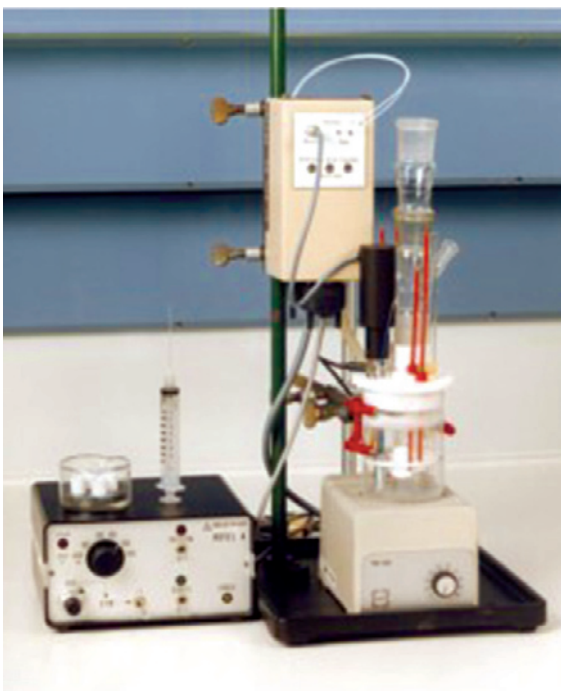




Abbildung 5: Bestrahlungsbehälter und Proben.

Photonenaktivierungsanalyse

Die Einsatzgebiete der Photonaktivierungsanalyse (PAA) betreffen die Analyse von anorganischen (zum Beispiel Halbleitermaterial, Keramik, Metall, Umweltmaterial wie Boden, Luftstaub, Wasser) und organischen Stoffen (zum Beispiel Kunststoff, Pflanzenmaterial, Gewebe, Nahrungsmittel). Die Methode wird eingesetzt für Vergleichsanalysen, zur Referenzmaterialzertifizierung sowie zur nichtinvasiven Untersuchung ganzer Objekte (Maschinenteile, Halbzeuge, Kunst- und Kulturgegenstände). Es können auch große Materialproben bis hin zu Kilogramm-Mengen analysiert werden.

Das zu untersuchende Material wird mit hochenergetischer Röntgenbremsstrahlung (Energiebereich: 15 MeV bis 30 MeV) aus einem Elektronenlinearbeschleuniger bestrahlt, wobei durch Kernreaktionen im Material Radionuklide erzeugt werden. Die Radioaktivität (charakteristische Röntgen- oder γ -Strahlung) wird danach γ -spektrometrisch gemessen. Zur Detektion werden NaI(Tl)- oder Halbleiterspektrometer eingesetzt. Die quantitative Elementbestimmung erfolgt durch Signalvergleich mit einem gleichzeitig mit der Probe bestrahlten Kalibriermaterial. Die Analyse kann instrumentell (IPAA) oder nach radiochemischer Trennung (RPAA) ausgeführt werden. Feste und flüssige Materialien, nahezu jede Matrix kann analysiert werden.

Es werden Massenanteile der Elemente C, N, O, F, Na, Mg,

Si, Cl, K, Ca, Sc, Ti, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, I, Cs, Ba, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, Dy, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Bi und U bestimmt. In einigen Fällen ist eine zerstörungsfreie Analyse möglich.

Die erzielbare Ergebnisunsicherheit hängt von der Materialzusammensetzung, der Größe des zu bestimmenden Massenanteils (je geringer der Anteil desto größer die Unsicherheit) sowie von bestrahlungs- und messtechnischen Einflussfaktoren ab und beträgt zwischen 2 % und 10 % relativ.

Der große Linearbeschleuniger der BAM ist der einzige seiner Art in Deutschland, der für die chemische Elementanalyse mit hochenergetischen Photonen eingesetzt wird. Das Verfahren setzt fundierte Kenntnisse der radiochemischen Analytik und der Strahlungsmesstechnik voraus.

Die Qualität der Untersuchung wird einerseits durch den Einsatz von primären Kalibriersubstanzen und Analysenkontrollproben sichergestellt, andererseits auch durch die erfolgreiche Teilnahme an Ringvergleichen (auch CCQM-Studien), sowie durch Einträge im Anhang C des Mutual Recognition Arrangement (MRA).

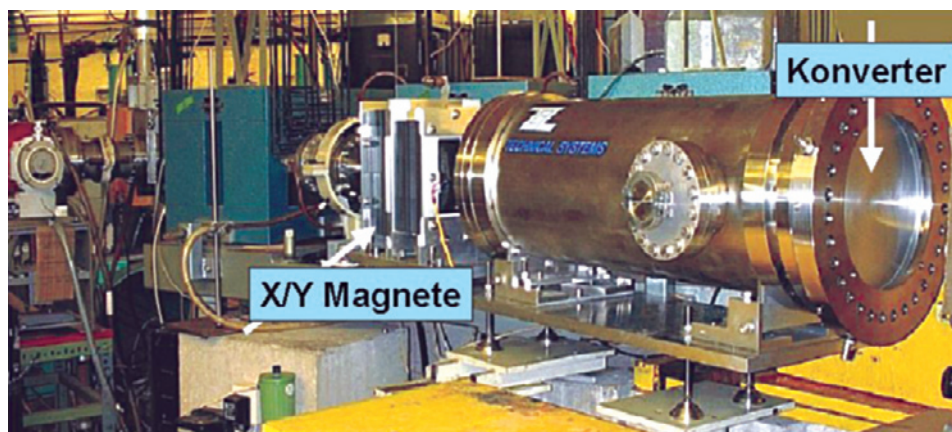
Feste nichtmetallische Proben werden in Pulverform mit geringer Korngröße ($< 100 \mu\text{m}$) oder

in Form gepresster Tabletten bestrahlt. Metallproben sollten vorzugsweise als Ronden von bis zu 20 mm Durchmesser und < 1 mm Dicke vorliegen. Die Proben werden in Bestrahlungsbehälter aus Aluminium (Abbildung 5) gebracht, mit Hilfe einer Rohrpostanlage in die Bestrahlposition und nach der Bestrahlung in das Messlabor transportiert und dort gemessen.

Es können auch Proben mit großen Volumina (zur Zeit bis etwa 1,5 l) oder ganze Gegenstände aktiviert werden. Da viele physikalische Einflussgrößen bei Aktivierung und Spektroskopie der Proben nicht oder nicht ausreichend genau bestimmbar sind, wird bei der quantitativen Bestimmung ein geeignetes Kalibriermaterial zusammen mit dem Probenmaterial aktiviert.

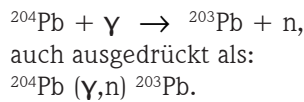
Der Elektronenlinearbeschleuniger der BAM wird, anders als nahezu alle anderen vergleichbaren Strahlenquellen weltweit, fast ausschließlich zur Photonaktivierungsanalyse genutzt. Das Arbeitsprinzip des Beschleunigers: Die in einer Glühkathode erzeugten Elektronen werden in der Beschleunigungsstrecke, bestehend aus zwei Rohrsegmenten, mit Hilfe einer Radarwandlerwelle auf etwa 99 % der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt. Danach werden sie aus dem Vakuumsystem herausgeleitet und in einem Konverter aus Tantal absorbiert, wobei 50 % ihrer Bewegungsenergie in Röntgenbremsstrahlung um-

Abbildung 6: Bremsstrahlungskonverter des Linearbeschleunigers.



gewandelt wird. Für die Aktivierung großer Proben ist ein magnetisches Auslenksystem vorhanden, das den Elektronenstrahl mäanderförmig über die Konverteroberfläche führt und so ein Bremsstrahlungsfeld mit großem Nutzvolumen bereitstellt (Abbildung 6).

Bei der Aktivierung induzieren die Bremsstrahlungsphotonen im Probenmaterial Kernreaktionen, deren Produkte in den meisten Fällen radioaktiv sind, zum Beispiel Blei:



Die Photonenstrahlung (γ -oder charakteristische Röntgenstrahlung) der so erzeugten Radionuklide (im genannten Beispiel ^{203}Pb) wird mit Photenspektrometern gemessen. Dabei werden die von der Probe emittierten Photonenquanten in einem Halbleiterkristall in elektrische Impulse umgewandelt, aus denen mit einem speziellen System zur elektronischen Signalverarbeitung das Energiespektrum erstellt wird (Abbildungen 7 und 8). Die qua-

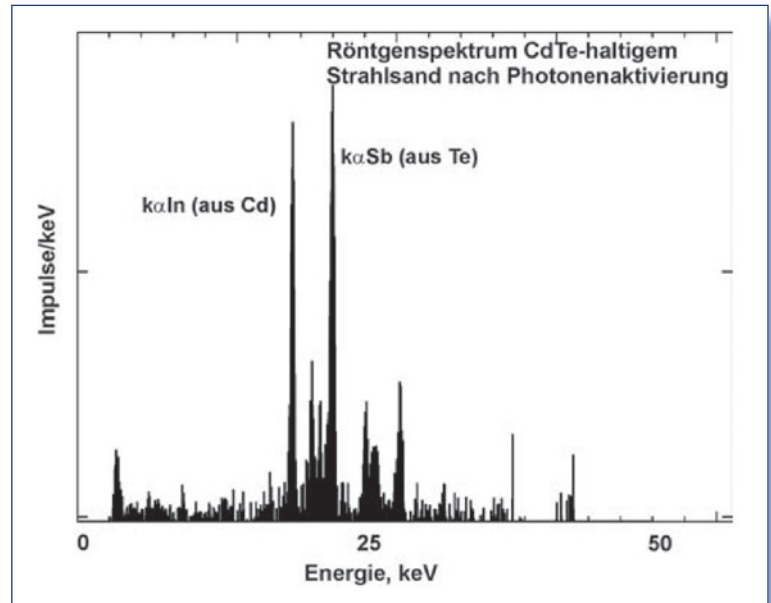


Abbildung 8: Röntgenspektrum von CdTe-haltigem Strahlsand; das Beispiel stammt aus dem EU-Projekt RESOLVED (Aufarbeitung verbrauchter CdTe – Photozellen). ^{115}Cd ist kein reiner γ -Strahler sondern unterliegt zusätzlich dem β -Zerfall, wobei eine Elementumwandlung zum Indium erfolgt: $^{115}\text{Cd} \rightarrow ^{115}\text{In} + \beta$. Die charakteristische Röntgenstrahlung von In wird mit Hilfe eines Planardetektors sichtbar.

litative und quantitative Analyse erfolgt mit Hilfe dieser Spektren. Mit den Informationen aus dem Spektrum des Kalibriermaterials wird das Spektrometer kalibriert.

Wird die PAA instrumentell (das heißt ohne Abtrennung einer Komponente) durchgeführt, ist in der Regel eine gleichzeitige

Bestimmung mehrerer Elemente (Mullelement-Bestimmung) möglich.

Analytisches Messsystem mit Primärnormalen zur Zertifizierung sekundärer Referenzgasgemische

Eingesetzt wird das System bei der amtlichen Zertifizierung (im gesetzlich geregelten Bereich) von Gasgemischen als Bezugsnormale der Gaszusammensetzung für den Anschluss von Kalibriergasen für Automobilabgasmessgeräte sowie für Prozessgaschromatographen und Gaskalorimeter an die nationale Normale der Gaszusammensetzung gemäß PTB-Anforderungen.

Weiterhin für die Zertifizierung (im gesetzlich nicht geregelten Bereich) von Referenzgasgemischen für die Kalibrierung und Validierung von gasanalytischen Verfahren und Gasanalytoren mit metrologischer Rückführung auf die Primärnormale der BAM („Nationale Normale der Gaszusammensetzung“).

Als Prüfmethode wird die gaschromatographische

Abbildung 7: γ -Spektrum von CdTe-haltigem Strahlsand; das Beispiel stammt aus dem EU-Projekt RESOLVED (Aufarbeitung verbrauchter CdTe – Photozellen). Durch Bestrahlung induzierte Kernreaktion: $^{116}\text{Cd} (\gamma, n) \rightarrow ^{115}\text{Cd}$. Der Detektor erfasst unter anderem die von ^{115}Cd emittierte γ -Strahlung.

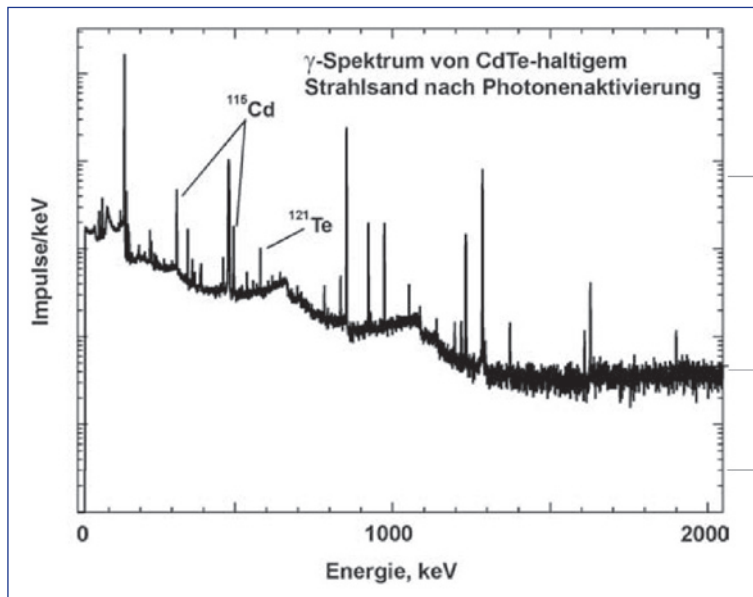




Abbildung 9: Mit der mechanischen Balkenwaage lässt sich eine Masse bis zu 20 kg mit einer Unsicherheit von ± 6 mg bestimmen. Sie wird benutzt, um gasförmige Primärnormale gravimetrisch (durch sukzessives Einfüllen der Komponenten des Gemisches und ihrer anschließenden Wägung) mit der erforderlichen hohen Genauigkeit herzustellen.

Bestimmung mit Wärmeleitfähigkeits- und Flammenionisationsdetektion durchgeführt. Die zur Kalibrierung eingesetzten Primärnormale werden nach statisch gravimetrischen Methoden (ISO 6142: „Gas analysis – Preparation of calibration gas mixtures – Gravimetric method“) hergestellt.

Prüfobjekte sind Gasgemische in Druckgasbehältern, die die „Anforderungen zur Anerkennung von Gasgemischen als Kandidaten für Sekundärnormale“ erfüllen.

Es wird die quantitative Zusammensetzung von Gasgemischen mit 2 bis zu 17 Komponenten (Stoffmengenanteile der Komponenten H_2 , He, Ar, N_2 , O_2 , NO, N_2O , SF_6 , CO, CO_2 sowie Kohlenwasserstoffe C1 bis C6 in mol/mol) analysiert.

Die Ergebnisunsicherheit ist sowohl von der Gemischzusammensetzung (qualitativ) als auch von der Größe des Stoffmengenanteils (quantitativ) abhängig und beträgt zwischen 0,1 % und 2,0 % relativ.

Das Gasanalyselabor der BAM verfügt über umfangreiche experimentelle Erfahrungen und

theoretische Kenntnisse auf dem Gebiet der Gasanalytik

mit Gaschromatographie sowie der gravimetrischen Herstellung und Handhabung von Primärnormalen (Kalibrier-/Referenzgasgemischen auf höchstem metrologischen Niveau) und ist das einzige mit dieser hohen Qualifikation in Deutschland.

Die Qualitätssicherung erfolgt durch den Einsatz von Analysenkontrollproben und die Darlegung der Vergleichbarkeit auf höchster internationaler Ebene durch die erfolgreiche Teilnahme an Ringversuchen der metrologischen Staatsinstitute (CCQM Key Comparisons). (<http://www.bipm.fr/>) Die BAM veranstaltet regelmäßig nationale Ringvergleiche für den Kompetenznachweis gasanalytischer Laboratorien und zu ihrem Anschluss an die internationale Rückführungskette der Metrologie.

Die Gaschromatographie ist eine physikalische Trennmethode,

Tabelle 3: Prüfbereiche der zu analysierenden Komponenten.

Komponenten	Bereich der bestimmbaren Stoffmengenanteile in mol/mol	Relative Unsicherheit in %
Methan (CH_4)	0,00001 – 0,99	0,8 - 0,1
Helium (He)	0,005 – 0,01	0,8 - 0,5
Sauerstoff (O_2)	0,005 – 0,2	0,8 - 0,5
Argon (Ar)	0,005 – 0,10	0,8 - 0,5
Stickstoff (N_2)	0,001 – 0,20	0,8 - 0,3
Kohlenstoffdioxid (CO_2)	0,00001 – 0,50	1,0 - 0,3
Kohlenstoffmonoxid (CO)	0,00001 – 0,10	1,0 - 0,3
Wasserstoff (H_2)	0,01 – 0,20	0,8 - 0,3
Ethen (C_2H_4)	0,005 – 0,01	0,8 - 0,5
Ethan (C_2H_6)	0,00005 – 0,20	1,0 - 0,3
Propen (C_3H_6)	0,005 – 0,01	0,8 - 0,5
Propan (C_3H_8)	0,003 – 0,035	1,0 - 0,3
n-Butan (C_4H_{10})	0,001 – 0,01	0,8 - 0,5
2-Methyl-Propan (C_4H_{10})	0,001 – 0,01	0,8 - 0,5
n-Pentan (C_5H_{12})	0,0001 – 0,001	1,0 - 0,8
2-Methyl-Butan (C_5H_{12})	0,0001 – 0,001	1,0 - 0,8
2,2-di-Methyl-Propan (C_5H_{12})	0,0001 – 0,001	1,0 - 0,8
n-Hexan (C_6H_{14})	0,00001 – 0,001	2,0 - 0,8
Benzol (C_6H_6)	0,0005 – 0,001	1,0 - 0,8
Stickstoffmonoxid (NO)	0,0001 – 0,01	2,0 - 1,0
Distickstoffoxid (N_2O)	0,00001 – 0,01	2,0 - 0,3
Schwefelhexafluorid (SF_6)	0,001 – 0,10	1,0 - 0,5

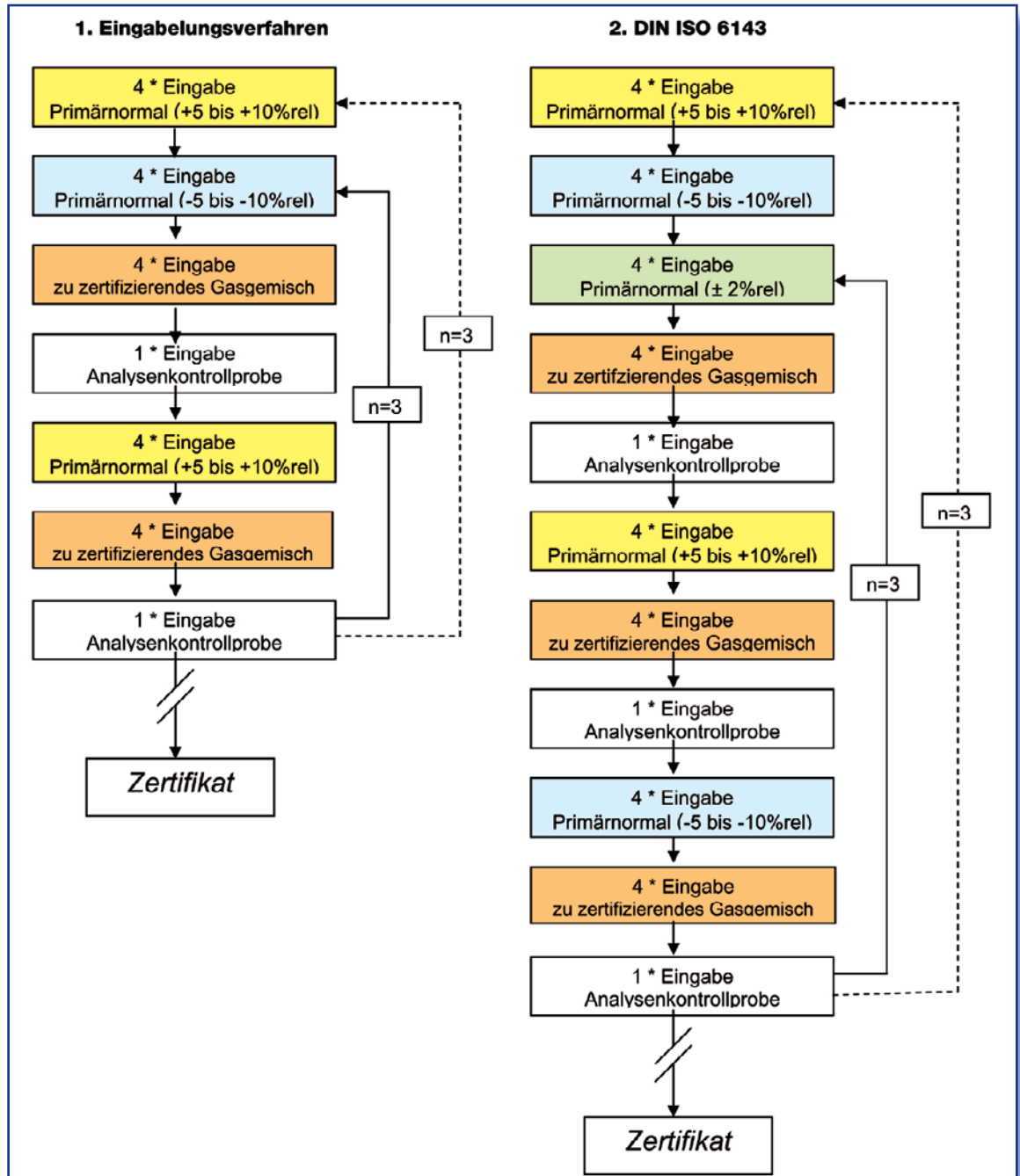


Abbildung 11: Ablauf der Zertifizierungsanalyse: Nachdem der innere Zyklus (durchgezogene Linie) dreimal durchlaufen wurde, wird die große Schleife (unterbrochene Linie) gefahren, und dieser Ablauf wird zweimal wiederholt, so dass im Verlaufe einer Zertifizierungsanalyse der innere Zyklus insgesamt neunmal durchlaufen wird. Dies bedeutet:

1. bei Anwendung des Eingabelungsverfahrens wird das zu zertifizierende Gasgemisch 72 mal und die Primärnormale mindestens je 36 mal gemessen; 2. bei Anwendung der DIN ISO 6143 wird das zu zertifizierende Gasgemisch insgesamt 108 mal und die Primärnormale mindestens je 36 mal gemessen.

bei der ein Gasgemisch durch Verteilung zwischen zwei nicht miteinander mischbaren Phasen, wobei die eine stationär und die andere mobil ist, in seine Einzelkomponenten aufgetrennt werden kann. Das zu zertifizierende Gasgemisch (Probe), die eingesetzten Primärnormale und die Analysenkontrollprobe wer-

den nach einem vorgegebenen Zyklus (siehe Flussdiagramme) über ein Gasprobeneinlasssystem automatisch in den Trägergasstrom (mobile Phase) des eingesetzten Gaschromatographen injiziert.

Zur Trennung werden Kombinationen aus Kapillarsäulen und gepackten Säulen (stationäre

Phase) sowie als Detektoren der WLD (Wärmeleitfähigkeitsdetektor) und der FID (Flammenionisationsdetektor) eingesetzt.

Die Quantifizierung der Komponenten geschieht durch Vergleich der Peakflächen des Probensignals mit den entsprechenden Peakflächen der Signale aus den Primärnorma-

len. Hierzu wird bei den Zertifizierungsanalysen entweder 1. das Eingabelungsverfahren angewendet, bei dem zwei Primärnormale zum Einsatz kommen, deren Komponentenanteile diejenigen des zu zertifizierenden Gasgemisches in engen Grenzen einschließen ($\pm 10\%$ rel.). In diesem schmalen Bereich kann von einem linearen Verlauf der Kalibrierkurve ausgegangen werden, so dass die für die Zertifizierung erforderliche Genauigkeit erreicht wird, oder 2. nach DIN ISO 6143 "Gasanalyse-Vergleichsverfahren zur Bestimmung der Zusammensetzung von Kalibriergasgemischen (ISO 6143:2001) vorgegangen.

Zum Nachweis der Richtigkeit des Ergebnisses wird nach jeder Probe eine Analysenkontrollprobe analysiert, deren gefundener Wert innerhalb der einfachen Ergebnisunsicherheit der Sollzusammensetzung liegen muss.

Nach erfolgreichem Abschluss dieser Analyse wird ein Zertifikat für das sekundäre Referenzgasgemisch ausgestellt, mit dem die Richtigkeit der Gemischzusammensetzung und ihre direkte Rückführung auf die Primärnormale der BAM bescheinigt wird.

Zwei bis drei solcher Primärnormale vom gleichen Typ, jedoch mit unterschiedlichen Konzentrationen ihrer Gemischkomponenten, werden zur Kalibrierung des Gaschromatographen eingesetzt, mit dem die Zertifizierungsanalyse an einem Sekundärnormalkandidaten durchgeführt wird.



Abbildung 10: Zwei bis drei solcher Primärnormale vom gleichen Typ, jedoch mit unterschiedlichen Konzentrationen ihrer Gemischkomponenten, werden zur Kalibrierung des Gaschromatographen eingesetzt, mit dem die Zertifizierungsanalyse an einem Sekundärnormalkandidaten durchgeführt wird.

CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

Abo-Bestellcoupon

- JA, ich möchte die CLB abonnieren. Ich erhalte als persönlicher Abonnent die CLB zunächst für ein Jahr (=12 Ausgaben) zum Preis von 91,35 Euro zzgl. Versandkosten (Inland: 12,80 Euro, Ausland: 23,20 Euro). Das Abonnement verlängert sich automatisch um ein weiteres Jahr, wenn es nicht bis acht Wochen vor Ende des Bezugsjahres gekündigt wird.

Datum / 1. Unterschrift

Name / Vorname

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

Straße / Postfach

Land / PLZ / Ort

Datum / 2. Unterschrift

Telefon oder e-Mail

FAX-Hotline: 06223-9707-41

Für 91,35 Euro pro Jahr (incl. 7 % MWSt., zzgl. Versandkosten) erhalten Sie als persönlicher Abonnent monatlich die CLB mit dem MEMORY-Teil (Firmenabos nach Staffelpreis; siehe www.clb.de).

**Dazu als Abogeschenk das CLB-Buch
Alles Repetito – oder was???**

(siehe Beschreibung auf Seite M62)

Bose-Einstein-Kondensation*

Auf dem Weg zum Versuch im Grundstudium

Von Dr. Dirk Holtmannspotter,
VDI-Technologiezentrum.

Die wissenschaftliche Entwicklung der Bose-Einstein-Kondensation (BCE, Bose-Einstein-Condensation) seit 1995 war rasant und hat selbst die optimistischsten Erwartungen übertroffen. Vor fast fünf Jahren (Ausgabe 12/2002) berichtete die CLB erstmals über die Entwicklung. Nun hat das VDI Technologiezentrum die entsprechenden Forschungsarbeiten auf ihre Anwendungsperspektiven hin untersucht.

Die BCE ist ein quantenstatistischer Phasenübergang, der sich dadurch auszeichnet, dass im Idealfall unterhalb einer kritischen Temperatur T_c sämtliche Atome oder Moleküle einer Probe denselben Grundzustand einnehmen. Die Bose-Einstein-Kondensation

verdünnter atomarer Gase ist ein makroskopisches Quantenphänomen ähnlich dem Laser, der Supraleitung und der Suprafluidität. Hier wird ausschließlich die Bose-Einstein-Kondensation verdünnter atomarer bzw. molekularer Gase betrachtet.

Die Bose-Einstein-Kondensation verdünnter atomarer Gase wurde erstmals im Jahr 1995 realisiert (Nobelpreis 2001). Der BEC kommt eine größere Bedeutung zu, da sie einen völlig neuen, eigenständigen Zugang zur Welt der Quantenphysik darstellt.

Mit der BEC wurden mehrere seit langem bestehende Ziele der Atomphysik erreicht. Erstens wurden neutrale Atome in den Zustand niedrigster Energie abgekühlt, wodurch die ultimative Kontrolle über deren Position und Bewegung erreicht wird, eine Kontrolle, die nur durch die Heisenbergsche Unschärferelation begrenzt wird. Zweitens wurde ein kohärentes, makroskopisches Ensemble von Atomen im gleichen Quantenzustand generiert. Es macht den Charakter bosonischer Teilchen aus, dass sie – in fundamentalem Unterschied zu Fermionen – alle denselben Quantenzustand einnehmen können.

Hierdurch wurde die Realisierung von Atomlasern, experimentelle Aufbauten, die kohärente Materiewellen erzeugen können, ermöglicht. Drittens wurde ein

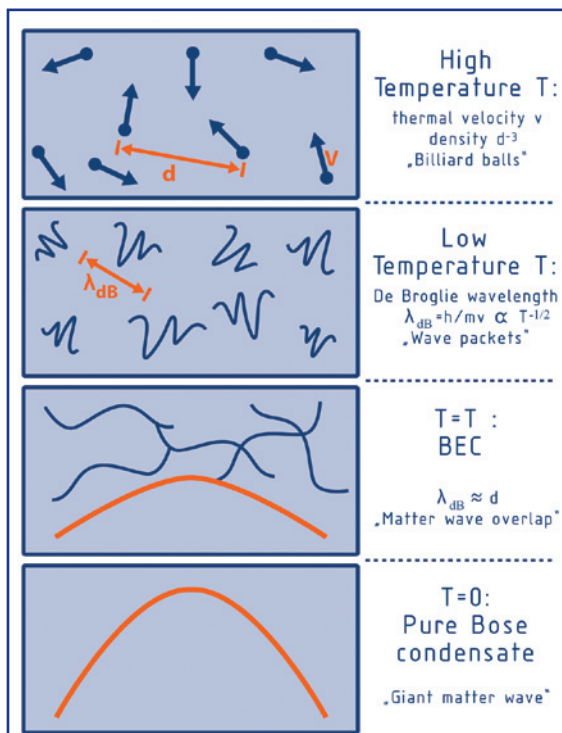
neues Modellsystem von entarteten Quantengasen zugänglich mit Eigenschaften, die sich stark von den Modellsystemen der Quantenflüssigkeiten ^3He und ^4He unterscheiden und ermöglichte erstmals die experimentelle Überprüfung von lange bekannten Theorien über verdünnte Bose-Gase.

F&E-Stand

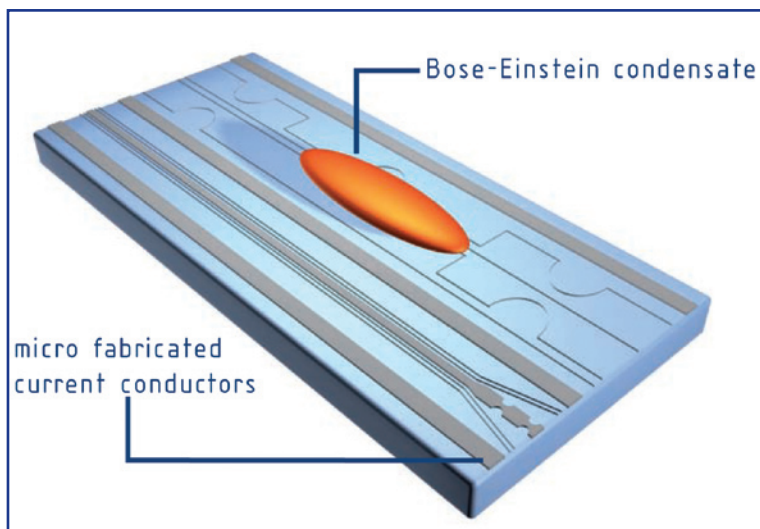
Die üblichen BEC-Experimente sind auch heute noch eine erhebliche technische Herausforderung, die nur von einigen Dutzend hoch entwickelten Laboren beherrscht wird. Zudem lassen sich aufgrund der Komplexität der Aufbauten bei Experimenten mit Atomlasern nur sehr elementare Konfigurationen realisieren.

Wie in zwei deutschen Arbeitsgruppen erstmals im Jahr 2001 gezeigt wurde, existiert ein alternativer Weg zur BEC, der den apparativen Aufwand in dramatischer Weise reduziert. Zum Einschluss der Atome werden in diesen Experimenten lithographisch gefertigte, mikroskopische Stromleiter auf einem Chip verwendet, anstelle der sonst üblichen Magnetspulen. Solche lithographischen Chipfallen, die erstmals 1999 von einer dieser beiden Arbeitsgruppen hergestellt wurden, vereinfachen den Aufbau der Atomfallen erheblich. Denn schon mit mäßigen elektrischen Strömen lassen sich große magnetische Feldgradienten und -krümmungen nahe der Chipoberfläche erzeugen. Aufgrund des effizienten Einschlusses der Atome in den Chipfallen lässt sich der Kondensationsprozess gegenüber üblichen BEC-Experimenten um einen Faktor von 10 beschleunigen. Dies wiederum führt zu deutlichen Vereinfachungen des erforderlichen Vakuumsystems. In der Konsequenz kann BEC

Verschiedene Stadien bei der Bildung eines Bose-Einstein-Kondensats schwach wechselwirkender Gase (Abb.: VDI-TZ, nach MIT):



*Der Artikel über die Bose-Einstein-Kondensation entstand im Rahmen der Technologiefrüherkennung, die die Zukünftige Technologien Consulting (zt-consulting.de) der VDI Technologiezentrum GmbH im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung durchführt. Ziel ist es, erfolgsversprechende technologische Trends frühzeitig zu identifizieren und ihre Innovationspotenziale zu bewerten.



Schematische Darstellung eines Bose-Einstein-Kondensats in einer Chipfalle (Abb.: VDI-TZ, nach Uni Tübingen).

nun in Versuchsaufbauten beobachtet werden, die nur wenig komplizierter sind als weit verbreitete magneto-optische Fallen und einfach genug für einen Praktikumsversuch im Grundstudium wären.

Im Gegensatz zu den üblichen BEC-Experimenten wird in einer Chipfalle das Bose-Einstein-

Kondensat in großer räumlicher Nähe zu einer Oberfläche mit Raumtemperatur erzeugt. Gegenwärtig ist die genaue Wechselwirkung zwischen dem ultrakalten Kondensat und der Chipoberfläche noch nicht vollständig verstanden. Aufgrund der präzisen Kontrolle über die Position der Atome in der Falle sind mit zu-

nehmendem Verständnis dieser Wechselwirkungen einerseits neue Formen von Oberflächenuntersuchungen denkbar. Andererseits erscheint es offensichtlich, dass diese Oberflächeneffekte den minimal erreichbaren Abstand zwischen Kondensat und Chipoberfläche beschränken.

Für bestimmte Anwendungen wird die Nützlichkeit von Chipfallen davon abhängen, wie gut die oberflächeninduzierten Verluste, Aufheizung und Dekohärenz kontrolliert werden können. Dies gilt insbesondere für solche Fälle, in denen der Potenzialverlauf mit Submikrometer-Genauigkeit eingestellt werden muss. Bei relativ großen Abständen hingegen, wenn die Oberflächeneffekte vernachlässigbar sind, lassen sich aber Potenzialverläufe mit hervorragenden Eigenschaften realisieren. Dies umfasst Chipfallen mit extrem starker Bindung und entsprechend kompakten Kondensaten, stark anisotropische Fallen mit einem hohen Aspektverhältnis sowie Doppel-

Grundlagen und Geschichte zum Bose-Einstein-Kondensat

Das Bose-Einstein-Kondensat wurde aufbauend auf Forschungen den indischen Physikers Satyendra Nath Bose von Einstein bereits Mitte der 20er Jahre vorausgesagt. Er setzte dabei auf die Heisenbergsche Unschärferelation: Der Ort eines Teilchens wird umso unberechenbarer, je genauer man seine Geschwindigkeit kennt. Geht die Temperatur gegen Null, geht auch die Geschwindigkeit gegen Null. Die Wellenlänge von Atomen, die auch Materieteilchen aufgrund des Welleilchen-Dualismus haben, wächst dabei. Bei niedrigsten Temperaturen sind die Wellenlängen der Atome so groß, daß sich die Wellenzüge überlappen. Solche Atome kondensieren dann zu einem „Superatom“. 1995 gelang es dann Wissenschaftlern der Universität Colorado und des National Institute of Standards and Technology (NIST, ebenfalls Boulder, Colorado), Rubidium-Atome im Hochvakuum in einer magneto-optischen Falle genügend tief zu kühlen. Das 1995 erstmals erzeugte Bose-Einstein-Kondensat (BEC) ließ sich erst bei 170 Nanokelvin darstellen, 170 Milliardstel Grad über dem absoluten Nullpunkt der Temperatur.

Die Atome des sich schließlich ergebenden Bose-Einstein-Kondensates, das man auch als fünften Aggregatzustand der Materie bezeichnet, befinden sich alle

in exakt demselben Quantenzustand. Zudem ist es kohärent: Die Wellenzüge der Atome schwingen im Gleichtakt, so wie die Lichtwellenzüge eines Lasers. Das macht das BEC zur Grundlage von Atomlasern. Ende 1996 gelang der Arbeitsgruppe von Prof. Wolfgang Ketterle am Massachusetts Institute of Technology MIT in Boston der Nachweis, daß für die Atome eines BEC Kohärenz gegeben ist. Das geschah durch Abbildung eines Interferenzmusters zweier sich überlagernder Bose-Einstein-Kondensate. Das Interferenzmuster zeigte dabei eine Periode von 15 Mikrometern, ein gigantisches Ausmaß für Materiewellen: Atome haben bei Raumtemperatur eine 400 000 mal kleinere Wellenlänge (0,04 Nanometer). Den Wissenschaftlern gelang es zuvor, bis zu zehn Millionen Rubidiumatome zu einem einzigen Kondensat zusammenzuführen. Dabei klärte sich auch die Frage, welche Farbe solch ein Kondensat wohl hat. Vermutungen gingen von tiefschwarz bis metallisch glänzend, von Absorption bis Reflexion von Licht. Wie sich herausstellte, ist ein BEC durchsichtig und bündelt das Licht wie eine Glaslinse. Für seine Forschungen erhielt Ketterle 2001 den Nobelpreis für Physik, zusammen mit Eric Cornell und Carl Wieman. RK

muldenpotenziale mit einstellbaren Schwellen. Darüber hinaus sind Aufbauten möglich, die als Strahlteiler oder Ringresonatoren fungieren können.

Chipfallen für die BEC zeichnen sich durch Einfachheit, Modularität, Robustheit und Miniaturisierung aus. Deswegen erscheinen sie als eine attraktive Technologie sowohl für Grundlagenuntersuchungen, aber speziell auch für mögliche technische Anwendungen der BEC. Hierfür ist besonders interessant, dass sich durch die lithographische Fertigungstechnik selbst komplexe Systeme mit mehreren Mikrofallen, Materiewellenleitern und anderen atomoptischen Elementen auf einem Chip integrieren lassen.

Anwendungsperspektiven

Mit Bose-Einstein-Kondensaten können Atomlaser realisiert werden, die als Quellen kohärenter Materiewellen dienen, gerade so wie übliche Laser als Quellen kohärenter Photonen arbeiten.

In der Frühphase der Entwicklung von Lasern war noch völlig unklar, welche Vorteile die Kohärenz des Lichtes für Anwendungen haben sollte mit Ausnahme von Anwendungen, bei denen die Interferenz des Lichtes wesentlich ist. Erst in den folgenden Jahrzehnten stellte sich nach und nach die große Vielfalt der Anwendungen des Lasers als ein universelles Werkzeug heraus. In Analogie erscheint es plausibel, dass sich im Laufe der nächsten Jahrzehnte ebenso viele unerwartete Anwendungen eines Atomlasers finden werden, an die heute noch gar nicht gedacht wird, falls erst einmal ein robuster und einfach zu handhabender Atomlaser zur Verfügung steht.

Mit der beschriebenen Entwicklung der Chipfallen hat der Weg zur Miniaturisierung der BEC begonnen. Insbesondere die Entwicklung der Mikroelektronik hat gezeigt, welches Potenzial die Miniaturisierung für die Vergrößerung der Anwendungsrelevanz eröffnen kann. Neben den

genannten atomoptischen Komponenten ist prinzipiell auch die Integration von mikrooptischen und mikroelektronischen Elementen denkbar, wodurch sich die Bandbreite und denkbare Funktionalität möglicher Systeme weiter vergrößert.

Hinsichtlich konkreter Anwendungen bestehen derzeit vor allem Überlegungen zum Einsatz von BEC-Atominterferometern in der Metrologie und Sensorik, von Atomlasern in der Nanostrukturierung und zu einer BEC-basierten Quanteninformationsverarbeitung. Mikroelektromagnete, an deren Oberfläche Bose-Einstein-Kondensate transportiert und manipuliert werden (Uni Tübingen/ Physik Journal).

- Atominterferometer: Aufgrund der Kohärenz in Bose-Einstein-Kondensaten ist die Interferometrie ein natürliches Anwendungsfeld, bei dem höchste Messgenauigkeiten erwartet werden. So gibt es bereits den Demonstrator eines Michelson-Interfer-

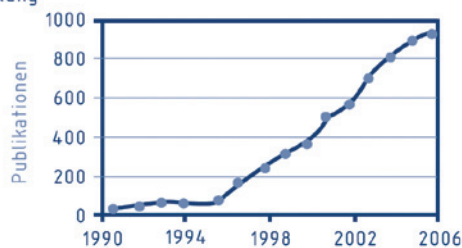
Zusammenfassender Überblick über die Forschungsentwicklung der Bose-Einstein-Kondensation (Abb.: VDI-TZ).

Potenzielle Anwendungsmärkte	Metrologie, Nanostrukturierung, Quanteninformationsverarbeitung
Markt	Reiner Forschungsmarkt
Marktpotenzial	Derzeit nicht abschätzbar

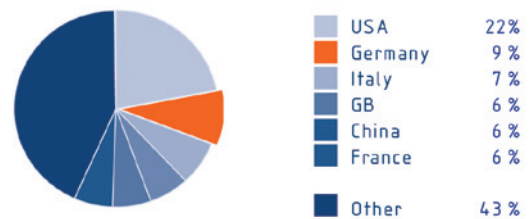
Entwicklungsphase	Konzepte, Demonstratoren
Technische Hürden, Forschungsschwerpunkte	Störanfälligkeit durch Streufelder
Relevante Technologietrends	Miniaturisierung, Quanteneffekte
Konkurrenztechnologien	Thermische Atome, Ionenfallen, Ionenstrahlen

Literaturentwicklung und -verteilung

Literaturentwicklung



Länderaufschlüsselung Literatur



rometers, bei dem die Teilung, Reflexion und Rekombination des Bose-Einstein-Kondensates durch stehende Lichtwellen erreicht wird. Mit BEC-basierten Atominterferometern sind empfindliche Sensoren für die Schwerkraft und Schwerkraftgradienten sowie für Rotationen, Beschleunigungen und winzige magnetische Kräfte möglich.

- **Nanostrukturierung:** Vor kurzem wurde die BEC von Chrom-Atomen nachgewiesen. In diesem Zusammenhang wird besonders hervorgehoben, dass Chrom standardmäßig als Beschichtungsmaterial für Masken in lithographischen Prozessen zum Einsatz kommt. Laserfokussierte Strahlen thermischer Chrom-Atome wurden bereits erfolgreich für das Wachstum von Nanostrukturen durch direkte Deposition genutzt. Die Perspektive des Einsatzes eines Chrom-Atomlasers für solche Anwendungen verspricht deutliche Fortschritte für die Atomlithographie.

- **Quanteninformationsverarbeitung:** Als weitere Perspektive wird auf die mögliche Anwendung von BEC in der Quanteninformationsverarbeitung hingewiesen. Bose-Einstein-Kondensate als makroskopische Quantenobjekte mit guter Manipulierbarkeit stellen neue Ansatzpunkte für Quantenspeicher oder Quantengatter dar. In einer aktuellen Arbeit wurden beispielsweise Bose-Einstein-Kondensate in ein aus stehenden Lichtwellen aufgebautes optisches Gitter geladen. Um einzelne Potenzialtöpfe dieses optischen Gitters mit einer genau bestimmten Atomzahl zu füllen, wurde der „Mott-Isolator-Übergang“ ausgenutzt. Die Wechselwirkung zwischen den Atomen wurde dann zur Erzeugung hochverschränkter Zustände verwendet. Die Realisierung

eines BEC-Atomchips für die Quanteninformationsverarbeitung wird jedoch als langfristiges Projekt angesehen.

Ausgangssituation in Deutschland

Die Ausgangssituation in Deutschland ist sehr gut. Chipfallen wurden im Jahr 1999 in der Gruppe von Prof. Hänisch in München entwickelt, BEC in Chipfallen wurde im Jahr 2001 von der Hänisch-Gruppe und der Arbeitsgruppe von Prof. Zimmermann in Tübingen erstmals beobachtet.

Der Experimentalphysiker Prof. Dr. I. F. Bloch ist für seine Arbeiten zur BEC von der DFG mit dem Leibniz-Preis 2005 (1,55 Mio. Euro) ausgezeichnet worden. Die DFG fördert im Bereich der BEC u. a. das SPP 1116 mit dem Titel „Wechselwirkung in ultrakalten Atom- und Molekülgasen“. Der Anteil deutscher Publikationen liegt über dem Durchschnitt. Neben den experimentellen Arbeitsgruppen gibt es auch nennenswerte Aktivitäten zur Theoriebildung in Deutschland.

Eine erste Auswertung der Patentaktivitäten zeigt, dass bislang nur sehr wenige, vereinzelte Patentanmeldungen mit Bezug zur BEC erfolgt sind. Aus diesem Grunde wird auch auf eine Darstellung der zeitlichen Entwicklung der Patentanmeldungen und eine Länderaufschlüsselung verzichtet.

Proteine, Gene und Hormone

Gallensteine finden sich in den Industrieländern bei jeder zweiten über 60jährigen Frau. Wissenschaftler der Universität Köln haben das Genom von Patienten mittels Genchips untersucht und eine Genvariante entdeckt, die das Risiko für Gallensteine erhöht. Bei den Anlageträgern bilden sich im Laufe des Lebens zwei- bis siebenmal häufiger Gallensteine als in der übrigen Bevölkerung.

„**Geprägte Gene**“ sind eine kleine Gruppe wachstumsregulierender Gene, bei denen entweder nur die väterliche (fördernd) oder die mütterliche Kopie (hemmend) aktiv ist. Eine solche Situation wird in der Biologie als genetischer Elternkonflikt bezeichnet. Forscher der Universität Zürich konnten am Beispiel der Ackerschmalwand erstmals eine zentrale Rolle von Elternkonflikten für die Entstehung von genetischer Prägung nachweisen.

Das Genom des *Bacillus amyloliquefaciens* wurde von Wissenschaftlern der Universitäten Berlin und Göttingen vollständig entschlüsselt. Der Mikroorganismus besiedelt die pflanzliche Wurzelzone und fördert das Pflanzenwachstum durch die Bereitstellung zusätzlicher Nährstoffe und anderer Stoffwechselprodukte. Als Zusatz in Biödünger könnten die Bakterien eine umweltfreundliche Alternative zu chemischen Düngemitteln darstellen.

Emotionale Erlebnisse bleiben erfahrungsgemäß besonders gut in unserem Gedächtnis haften. Wissenschaftler der Universitäten Zürich und Basel entdeckten, dass der alpha-2B-adrenerge-Rezeptor als Andockstelle für den Botenstoff Noradrenalin dafür eine wichtige Rolle spielt. Menschen mit einer bestimmten Rezeptor-Variante erinnerten sich besser und intensiver an sowohl positive als auch negative Erlebnisse.

Das Restless-Legs-Syndrom (RLS) betrifft in Deutschland etwa 8 Millionen Menschen. Forscher am GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit in Neuherberg haben nach Untersuchungen mit DNA-Chips erstmals Risikogene für das RLS identifiziert, die überraschenderweise auch als Kontrollfaktoren der frühen Embryonalentwicklung bekannt sind. In dieser Phase sind sie an der Musterbildung der Extremitäten und des zentralen Nervensystems beteiligt.

Mutationen und daraus resultierende Fehlschaltungen im Protein-Netzwerk spielen bei neurodegenerativen Erkrankungen, wie etwa der Alzheimer Krankheit, eine Rolle. Forscher vom MDC Berlin-Buch haben ein Gen namens NOMA-GAP (Neurite-Outgrowth MultiAdaptor RhoGAP) entdeckt, das mit zwei Signalwegen verbunden ist, die den Auf- und Ausbau der Neuriten mitsteuern und kontrollieren.

Die erbliche Netzhauterkrankung Lebersche kongenitale Amaurose (LCA) führt früher oder später zu Blindheit. In 60 Prozent der Fälle ist eine Mutation in einer Gruppe von zehn Genen die Ursache, wie eine internationale Forschergruppe unter Beteiligung des GSF-Forschungszentrums für Umwelt und Gesundheit herausfand. Ein Austausch des betroffenen Gens ist experimentell an Hunden schon gelungen.

Informationsdarstellung in molekularen Dimensionen

Kopplung mehrerer Schalter gelungen

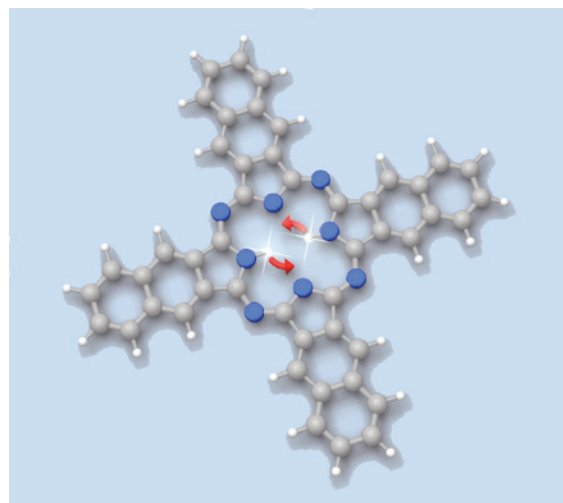
Für einzelne Moleküle ist die Möglichkeit einer Schalterfunktion bereits umgesetzt, doch komplexe molekulare Systeme waren bisher nicht realisierbar. Dies könnte sich bald ändern: Wissenschaftlern des IBM Research Laboratory in Zürich und der Universität Regensburg gelang es jetzt, bestimmte Moleküle in einem Rastertunnelmikroskop als Schalter zu benutzen und miteinander zu „verdrahten“.

Auf der Suche nach immer kleineren und effizienteren

Computern und anderen elektronischen Geräten greifen die Wissenschaftlern nach neuen Komponenten: Moleküle als Bauteile – Schalter, Speicherelemente, Dioden oder Transistoren – könnten die Elektronik in neue Dimensionen befördern. Hat ein Silizium basierter Transistor

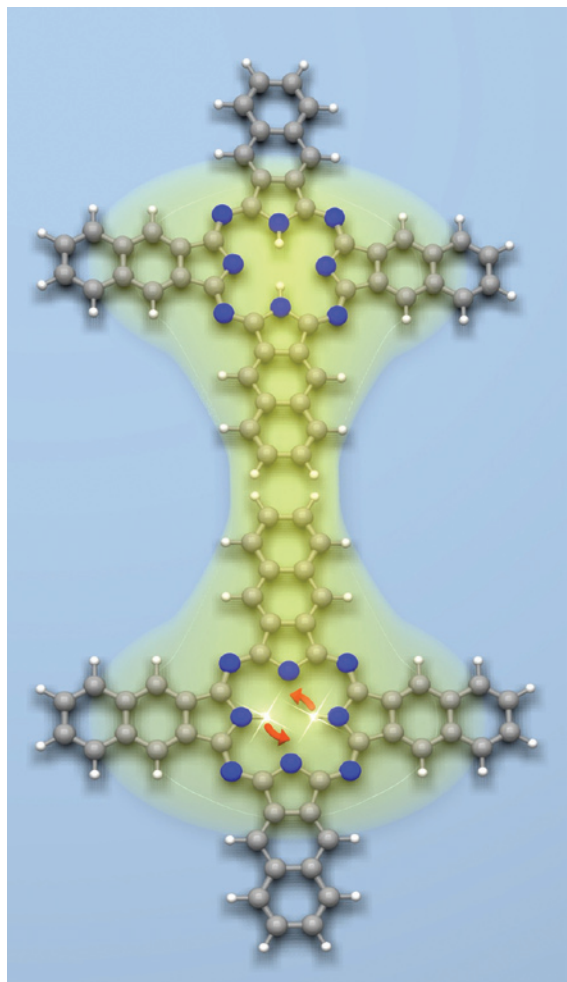
derzeit eine Seitenlänge von 90 Nanometern, würde man mit Molekülen Größenordnungen von nur noch wenigen Nanometern – das sind Millionstel Millimeter – erreichen. Ein erster Schritt dazu gelang jetzt. Mit im Team: Dr. Jascha Repp, der im März dieses Jahres eine Lichtenberg-Professur an der Uni Regensburg antrat. Finanziert wird die Professur von der VolkswagenStiftung mit rund 1,5 Millionen Euro. Die Ergebnisse sind veröffentlicht in der Science-Ausgabe vom 31. August 2007.

Der Mechanismus der bisher bekannten molekularen Schalter basiert meist auf drastischen mechanischen Verformungen. Das heißt: Die Struktur des Moleküls verändert sich auch nach außen so sehr, dass eine Kopplung mit weiteren Elementen unmöglich wird. Anders bei dem Ansatz von Liljeroth, Repp und Meyer. Sie verwendeten Naphthalocyanin-Moleküle, organische Farbstoffmoleküle, die sich durch zwei Wasserstoffatome im Innern eines ringförmigen Moleküls auszeichnen. Diese Wasserstoffatome konnten die Forscher



Die zwei Wasserstoffatome im Innern eines Naphthalocyanin-Moleküls wechseln durch Strompulse zwischen zwei Stellungen.

Kopplung zweier molekularer Schalter: Durch Strompulse in ein Naphthalocyanin-Molekül (oben) kann ein benachbartes (unten) geschaltet werden (Abbildungen: Dr. Jascha Repp, Universität Regensburg).



durch kleinste Stromstöße in ihrer Position verändern. Mit der Positionsverlagerung ging eine Veränderung der Leitfähigkeit des Moleküls einher. Das Besondere daran: Das Umschalten führt zu keinerlei Bewegung an der Peripherie des Moleküls, da die Wasserstoffatome, die für die Schaltstellung entscheidend sind, sich in einem geschützten Hohlraum befinden.

Nun waren die Voraussetzungen für eine Kopplung mehrerer Schalter gegeben. In einem weiteren Experiment zeigten die Physiker den ersten Schritt dazu, indem sie mehrere Moleküle mit Hilfe des Rastertunnelmikroskops aneinander schoben. Durch Strompulse in ein Molekül konnten sie dann ein benachbartes Molekül schalten – ein erster Schritt auf dem Weg zu komplexeren elektronischen Schaltungen. Der gefundene Mechanismus funktioniert für eine ganze Klasse von ähnlich gebauten Molekülen und bildet damit die Grundlage für eine Reihe von möglichen molekularen Schaltern der Zukunft.

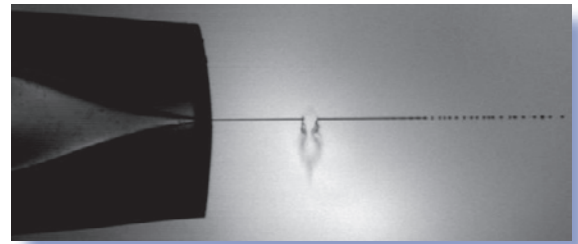
Massenanalyse von Biomolekülen

Direkt aus Wasser – Lizenzen an Knauer

Ein neues Verfahren für die Massenanalyse von Biomolekülen, die mit einem Laserimpuls direkt aus Wasser freigesetzt werden, hat ein Team von Forschern der Universität Göttingen entwickelt. Die Knauer GmbH, Berlin, erhält Lizenzen.

Bei dem Verfahren handelt es sich um die Flüssigstrahl-Laserdesorptions-Massenspektrometrie, bei der Laser und Mikroflüssigkeitsstrahlen mit Hochleistungs-Massenspektrometern gekoppelt werden. Aus der Grundlagenforschung unter der Leitung von Prof. Dr. Bernd Abel am Institut für Physikalische Chemie soll die hochempfindliche und schonende Analysetechnik nun Eingang finden in die industrielle Anwendung auf dem Gebiet der Biotechnologie: Zwei Schlüsselpatente werden nun an die Knauer GmbH auslizenzieren.

In mehrjährigen Forschungsarbeiten konnte das zunächst sehr aufwendige Analyseverfahren vereinfacht und seine Empfindlichkeit um mehrere Größenordnungen soweit gesteigert werden, dass jetzt eine kommerzielle Nutzung möglich ist. Kooperationspartner in der Entwicklung der Technologie sind Kollegen des Max-Planck-Instituts für biophysikalische Chemie und des MPI für Dynamik und Selbstorganisation in Göttingen sowie Wissenschaftler des MPI für Dynamik komplexer technischer Systeme in Magdeburg. Mit Hilfe der MBM Science Bridge GmbH und der Max-Planck-Innovation GmbH haben die Forscher ihre Arbeitsergebnisse in einer Reihe von Patenten geschützt. Patentinhaber sind die Universität Göttingen und die Max-Planck-Gesellschaft.



Ein Infrarot-Laser trifft einen Mikroflüssigkeitsstrahl und setzt Biomoleküle direkt aus Wasser frei für eine Massenanalyse (Abb.: Uni Göttingen).

Für die Fertigung der ausgewählten Produktlinien in Berlin, in denen Hochdruckflüssigchromatographie und Massenspektrometrie kombiniert sind, wird die Göttinger Firma Microliquids GmbH technische Komponenten liefern. Derzeit arbeiten die Forscher in Kooperation mit zwei deutschen Laserfirmen an der Entwicklung eines speziellen Infrarot-Lasermoduls, das für weitere kommerzielle Anwendungen der Flüssigstrahl-Laserdesorptions-Massenspektrometrie gedacht ist.

Functional Food

Schwefel- und Selenaufnahme optimieren

Bloßer Nährwert war einmal bei Gemüse: der Kohl der Zukunft soll „heilende Kräfte“ haben. Genau so etwas wünschen sich Ernährungsforscher und Mediziner; das nennt man dann „Functional Food“. Ein viel versprechender Kandidat hierfür ist Brokkoli.

Dieses Gemüse hat – typisch für alle Kohlarten – besonders hohe Gehalte an schwefelhaltigen sekundären Inhaltsstoffen hat und hier vor allem die Verbindung Glucoraphan, der vorbeugende Wirkung gegen Prostatakrebs nachgesagt wird. Gesteigert werden könnte dessen Wirkung noch durch hohe Gehalte an Selen, wofür sich Brokkoli ebenfalls auszeichnet. Nur woher einen solchen „Wunderbrokkoli“ bekommen? Genau hier beginnt die Arbeit des Heidelberger Instituts für Pflanzenwissenschaften (HIP), des-

sen Forscher mit Unterstützung von Wissenschaftlern des Instituts für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig die Anbaubedingungen für Brokkoli als „Functional Food“ optimieren. Besonders anspruchsvoll wird die Aufgabe dadurch, dass sich Schwefel und Selen bei der Aufnahme über die Pflanzenwurzel gegenseitig behindern. Die Forscher versuchen nun in einem zeitlich ausgeklügelten System, zunächst den Schwefel über die Wurzel in die Pflanzen zu bringen und anschließend das Selen direkt über die Blätter, d.h. unter Umgehung der Wurzeln in den Stoffwechsel einzuschleusen. Ob dieser Brokkoli dann auch die erhoffte gesundheitsförderliche Wirkung hat, untersucht dann ein Konsortium von Wissenschaftlern unterschied-

lichster Disziplinen (Pflanzenwissenschaften, Lebensmittelchemie, Ernährungsphysiologie, Medizin) im vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekt BroCan.

Probenahme nicht ganz einfach: Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe sind sehr empfindlich und müssen noch auf dem Feld konserviert werden, hier durch Schockgefrieren von Brokkoliprüfungen in flüssigem Stickstoff (Foto: FAL-PB).



Synthese eines Polyoxometallates Mehr als 600 Atome

Jetzt gelang die Synthese eines Polyoxometallates mit 100 Wolfram- und 20 Cer-Atomen. Mit einem maximalen Durchmesser von 4,2 nm und einer Molmasse von 30 Kilodalton erreicht das anorganische Molekül eine Größe, die komplexen Biomolekülen und sogar Viren vergleichbar ist.

Polyoxometallate sind anionische Metall-Sauerstoff-Cluster mit großer Strukturvielfalt und chemischen Eigenschaften, die vor allem für Anwendungen in der Katalyse, aber auch in den Materialwissenschaften sowie der Bio- und Nanotechnologie interessant sind. Ulrich Kortz, Professor of Chemistry der Jacobs University Bremen, und seinen Mitarbeitern gelang jetzt durch Kondensation in wässriger Lösung die Synthese eines zu dieser Substanzklasse gehörenden Wolframato-germanat aus den Vorstufen $[\alpha\text{-Ge}_9\text{W}_9\text{O}_{34}]^{10-}$ und Cer(III)-Ionen. Mit seinen insgesamt ca. 600 Atomen, darunter 100 zu den Schwermetallen zählenden Wolfram-Atomen, ist die neue Verbindung das drittgrößte jemals in molekularer Form synthetisierte Polywolframato-germanat; Summenformel: $[\text{Ce}_{20}\text{Ge}_{10}\text{W}_{100}\text{O}_{376}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_{30}]^{156-}$. Darüber hinaus enthält es die meisten Atome des zu den „Seltenen Erden“ zählenden Elements Cer,

die bisher in ein solches Molekül eingebettet werden konnten.

„Unser neues ‚Riesen-Wolframato-germanat‘ weist in einem einzigen Molekül eine Vielzahl katalytisch aktiver Zentren und somit ein extrem hohes katalytisches Potential auf, wie dies in der Regel nur bei biologischen Katalysatormolekülen der Fall ist. Es ist jedoch viel temperatur- und sauerstoffstabiler und somit weniger empfindlich als Biokatalysatoren. Darüber hinaus ist es in kristalliner Form auch als sogenannter heterogener Katalysator, d. h. als feste Substanz in einer flüssigen Phase, einsetzbar, was die Trennung von Reaktionsprodukt und Katalysator bedeutend erleichtert. Diese Eigenschaften prädestinieren unser Wolframato-germanat für den industriellen Einsatz“, kommentiert Ulrich Kortz die Anwendungsperspektiven des neu kreierte Moleküls.

„Unser Syntheserfolg erlaubt uns außerdem sehr genaue Rückschlüsse über die Reaktionsmechanismen, die aus den vergleichsweise einfachen Vorstufen unter streng kontrollierten, aber einfachen Synthesebedingungen ein hochkomplexes Molekül mit interessanten funktionalen Eigenschaften entstehen ließen. Dies ist von großer Bedeutung für die Entwicklung anderer ‚molekularer Ma-

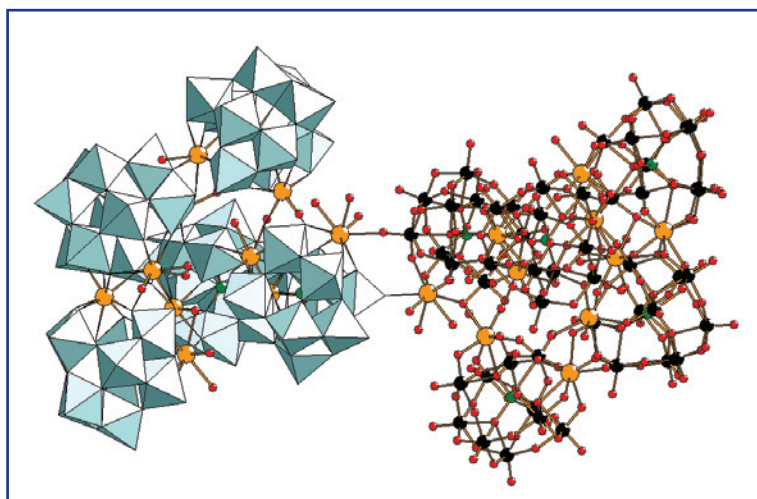
schinen‘, also großer Moleküle, die durch gezieltes Design spezielle Funktionen erfüllen“, sagte Kortz weiter. Die Klasse der Polyoxometallate sei neben verschiedenen magnetischen und lumineszenten Eigenschaften hier auch im medizinischen Bereich vielversprechend, etwa zur Bekämpfung von Virus-Infektionen durch Blockade des viralen Erbgutes.

Synthesebedingungen und Struktur des Moleküls sind in der Titelgeschichte der aktuellen Ausgabe von Angewandte Chemie (doi: 10.1002/anie.200701422, <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/abstract/114294419/ABSTRACT>) beschrieben.

Azadirachtin synthetisiert

22 Jahre hartnäckiger, gezielter Forschung wurden jetzt von Erfolg gekrönt: Ein britisches Team um Steven V. Ley von der University of Cambridge vermeldet in der Zeitschrift Angewandte Chemie die erstmalige Synthese von Azadirachtin, einem Naturstoff, der bestimmte Pflanzen davor schützt, von Insekten angeknabbert zu werden. Die Struktur des kompliziert aufgebauten Moleküls wurde 1985 nach langer, intensiver Forschungsarbeit publiziert. Versuche, die Verbindung im Labor herzustellen, waren bislang aber gescheitert. Gründe liegen unter anderem in den 16 Stereozentren des Moleküls, einem komplexen Muster sauerstoffhaltiger funktioneller Gruppen sowie einer Konformation und Reaktivität, die stark von intramolekularen Wasserstoffbrückenbindungen beeinflusst werden. Die Verbindung ist sehr lichtempfindlich und kann ihre Struktur durch intramolekulare Umlagerungen verändern. Unter den Schlüsselschritten ihrer Synthesestrategie finden sich eine Claisen-Umlagerung und eine neuartige radikalische Zyklisierungsreaktion.

Das neue Wolframato-germanat: Wolfram-Atome: schwarz, Cer-Atome: orange, Germanium-Atome: grün, Sauerstoff-Atome: rot, WO₆-Oktaeder: hellblau (Abb.: Kortz).



BMBF fördert Solarforschungs-Cluster

Aus Industrie und Forschung 2 mal 12 Partner

Silizium ist das Ausgangsmaterial für über 90 Prozent aller Solarzellen. Die deutsche Industrie nimmt sowohl in der Fertigung von Solarzellen als auch im Anlagenbau eine globale Spitzenstellung ein. Um diese zu festigen und weiter auszubauen, haben sich zwölf Unternehmen der deutschen Photovoltaikindustrie und zwölf Forschungspartner in dem Verbundprojekt „SolarFocus“ zusammengeschlossen. Ziel des vom Bundesumweltministerium geförderten Projekts unter finanzieller Beteiligung der Industrie ist ein vertieftes Verständnis des für die Solarzellenfertigung genutzten Siliziummaterials. Experimente unter Berücksichtigung industrieller Rahmenbedingungen sollen grundlegende Mechanismen in der Siliziumverarbeitung klären.

Die Erzeugung von Strom aus Sonnenlicht hat sich in den letzten zehn Jahren mit einem weltweiten jährlichen Marktwachstum von über 30% zu einer starken Industrie entwickelt. Mehr als 90% aller Solarzellen werden aus dem Halbleitermaterial Silizium hergestellt. Die deutsche Industrie nimmt sowohl in der Fertigung von Solarzellen als auch im Anlagenbau eine globale Spitzenstellung ein. Um diese zu festigen und weiter auszubauen haben sich zwölf Unternehmen der deutschen Photovoltaikindustrie und zwölf Forschungspartner in dem Verbundprojekt »Solarsilizium-ForschungsCluster SolarFocus« zusammen geschlossen.

Ziel des vom Bundesumweltministerium geförderten Projekts ist ein vertieftes Verständnis des für die Solarzellenfertigung genutzten Siliziummaterials. Un-

ter Berücksichtigung der Anforderungen der Industrie werden grundlegende Mechanismen in der Siliziumverarbeitung erforscht, die das Verhalten von Defekten im Material maßgeblich beeinflussen können. Über eine Laufzeit von drei Jahren unterstützt das BMU die Arbeiten mit 4,1 Mio Euro, die Industrie beteiligt sich mit weiteren 1,2 Mio Euro sowie deutlich darüber liegenden Sachleistungen. Die beteiligten Unternehmen repräsentieren mit insgesamt mehr als 5000 Mitarbeitern im Bereich der Photovoltaik und einem kumulierten Jahresumsatz von 2,5 Mrd Euro im Jahr 2006 den überwiegenden Teil der in Deutschland tätigen PV-Industrie.

Drei Schwerpunkte umfasst das Projekt: Defektanalytik, Korrelationsuntersuchungen und ‚Defect Engineering‘. Alle drei drehen sich um das Verständnis grundlegender Mechanismen bei der Siliziumkristallisation sowie bei der Weiterverarbeitung von Siliziumwafern zu Solarzellen unter industriellen Rahmenbedingungen. Als Ergebnis erwarten die Projektpartner innovative Ansätze zur verbesserten Herstellung von Siliziumwafern ebenso wie zur optimierten Herstellung von Solarzellen.

Die Schwerpunkte im Einzelnen: Die Defektanalytik untersucht das derzeit für die Solarzellenproduktion verwendete Siliziummaterial. Zur Materialanalyse nutzen die Projektpartner dabei eine Vielzahl spezialisierter Methoden. Beispielsweise werden großflächige bildgebende Messverfahren wie die Elektrolumineszenz (EL) oder LightBeam — InducedCurrent (LBIC) mit lokalen Untersuchungen an Materialsegmenten wie der Transmissionselektronenmikroskopie

(TEM) kombiniert und erlauben so das Identifizieren und Analysieren von Bereichen schlechter Materialqualität. Ergänzt man diese Verfahren durch weitere Untersuchungsmethoden wie der Analyse mittels Synchrotronstrahlung, so werden mikroskopische Einblicke in die chemische Zusammensetzung möglich und man kann die Defektstrukturen optimal charakterisieren.

Den zweiten Schwerpunkt bilden Korrelationsuntersuchungen. Hierbei ist geplant, Silizium während der Kristallisation gezielt mit Verunreinigungen zu versehen, die bei der industriellen Produktion eine Rolle spielen. Basierend auf dem Studium einzelner Verunreinigungen sollen insbesondere die Wechselwirkungen mehrerer gleichzeitig vorliegender Verunreinigungen erforscht werden. Dies geschieht mit den im Schwerpunkt Defektanalytik genutzten Verfahren.

Im dritten Schritt – Defect Engineering – wollen die Projektpartner schließlich die zuvor gewonnenen Erkenntnisse über das Zusammenwirken der Defekte in neue Ansätze für Kristallisation und Prozessierung von Silizium überführen. Als Ergebnis erwarten sie innovative Strategien, um in der Solarzellenproduktion elektrische Defekte effizienter vermeiden bzw. diese passivieren zu können.

Hauptziel des „SolarFocus“-Projekts ist die Steigerung des Solarzellenwirkungsgrads und damit die Kostensenkung der Solarzellenproduktion über die gesamte Wertschöpfungskette auf Basis des vertieften Verständnisses der Defekte im Silizium. Somit steht das Projekt nicht zuletzt im Zeichen der vom Erneuerbaren Energien Gesetz geforderten Kostensenkungen über Innovation.

SmartCut Plus – Laser-Mikrodissektionssystem mit MMI CapLift-Technik

Die Funktionen des Olympus SmartCut-Systems wurden erweitert und umfassen unter dem Namen SmartCut Plus jetzt auch einen automatischen Ein-Positionen CapLift mit justierbarem Auflagedruck. Darüber hinaus verbessert das optionale PenDisplay und die erweiterte SmartCut Plus-Software die Funktionalität des Systems. Damit können die Zahl der Arbeitsschritte sowie die Gefahr von Verunreinigungen der Proben bei der Isolation von Zellen für Downstream-Analysen verringert werden.

Das kompakte Einzelplatz-Mikrodissektions-System basiert auf dem inversen Mikroskop CKX41. Es ist mit einem hoch präzisen UV-Festkörperlaser ausgestattet, der mit Pikosekunden-Impulsen arbeitet. Das Gerät wurde speziell für den Einsatz in der Routine-Mikromanipulation von fixierten und lebenden Zellen konzipiert und gestattet sowohl die Isolation von Zellgruppen, als auch von einzelnen Zellen und Zellkomponenten.

Zusammen mit der digitalen Cell-Camera können die Zellen ohne langwierige Homogenisierungs- oder Isolationsschritte direkt identifiziert, markiert und extrahiert werden. Der Anwender kann beliebig viele Ziel-



len markieren, wobei dieser Vorgang mit dem optional erhältlichen Touchscreen-Monitor noch bequemer wird. Der wartungsfreie, UV Dioden-Festkörperlaser (355 nm) gewährleistet Stabilität und liefert hohe Schnittgenauigkeit, da er durch das Olympus UIS2-Objektiv auf einen Punkt von weniger als 1 µm Größe fokussiert wird. Die per Mikrodissektion ausgeschnittenen Probenbereiche werden mit der CapLift-Technik sauber entfernt. Neben der Steuerung des Lasers und der Möglichkeit, zu schneidende Probenbereiche präzise

festzulegen, bietet die SmartCut Plus-Software noch weitere Funktionen. Für die automatische Erkennung und Extraktion bestimmter, vom Anwender festgelegter und definierter Zielbereiche steht zusätzlich das CellExplorer Bilderkennungs-Softwarepaket optional zur Verfügung.

Olympus Deutschland GmbH
20097 Hamburg
Tel +49 (0)40 23773 0
Fax +49 (0)40 230817
www.olympus.de

Neue Software-gesteuerte Festprobeneinlass-Systeme für GC/MS

Thermisch labile, stark polare oder auch andere Verbindungen, die nicht „GC-gängig“ sind, können in flüssiger oder fester Form direkt in ein Massenspektrometer eines GC/MS-Systems eingegeben werden. Hierzu bedienen

sich die Anwender unter Zuhilfenahme einer Schubstange zweier Methoden: Direkteinlasssonde DIP (Direct Insertion Probe); Direktverdampfungs- sonde DEP (Direct Exposure Probe).

Bei der Direkteinlasssonde wird die zu untersuchende flüssige oder feste Probe in einem Probengefäß (Vial) durch die Vakuumschleuse des Gerätes direkt in die Ionisierungszelle eingebracht. Nun wird das Gefäß kontrolliert aufgeheizt und damit die zu untersuchenden Komponenten verdampft. Bei der Direktverdampfungs- sonde wird die feste Probe auf einem inerten Draht (z. B. Rhenium) aufgegeben und in die Ionisierungszelle gebracht. Dort wird der Draht blitzartig erhitzt und die Probe extrem schnell verdampft.

Varian, Inc. hat für die neue 300-

MS-Serie jetzt sowohl ein DIP als auch ein DEP vorgestellt. Besonderer Vorteil dieser Systeme ist, dass beide über die Standard MS-Workstationsoftware (V. 6.9 und höher) angesteuert werden. Das vereinfacht die Anwendung und eine zusätzlich elektronische Kontrollbox wird nicht benötigt.

Zudem ist es nicht erforderlich den angeschlossenen Gaschromatografen vom System zu entkoppeln. Dies erleichtert den einfachen Wechsel zwischen einer Standard GC/MS-Applikation und einer Messmethode mit DIP oder DEP erheblich.

Varian Deutschland GmbH
64289 Darmstadt
Tel 06151 703 0
Fax 06151 703 237
www.varianinc.com



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
Am Kirchwald 6, D-69251 Gaiberg
Tel. 06223 9513 0, Fax: 06223 9513 19
www.gerbu.de, E-mail: gerbu@t-online.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



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

HOHLKATHODENLAMPEN



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

KÜHL- UND TIEFKÜHLGERÄTE



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



Kendro Laboratory Products GmbH
Herausstr. 12-14, D-63450 Hanau
Tel. 01805 536376 Fax 01805 112114
www.kendro.de, info@kendro.de

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



Köttermann
Systemlabor

Köttermann GmbH + Co KG
Tel. 05147 976-0 Fax 05147 976-844
www.koettermann.de,
systemlabor@koettermann.de

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



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



Kendro Laboratory Products GmbH
Herausstr. 12-14, D-63450 Hanau
Tel. 01805 536376 Fax 01805 112114
info@kendro.de, www.kendro.de



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

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

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

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



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

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



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

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

Amarell GmbH & Co KG
D-97889 Kreuzwertheim
Postfach 1280
Tel. 09342 9283-0
Fax 99342 39860



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

Amarell GmbH & Co KG
D-97889 Kreuzwertheim
Postfach 1280
Tel. 09342 9283-0
Fax 99342 39860



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!**

152

Lignin

COOH
OCH₃
OH (IV)

OCH₃
OH (V)

(VI)

Werten wir nun die genannten Ergebnisse aus, so ergeben sich folgende Gruppierungen im Ligninmolekül:

Methylierung Oxydation

Alkalischmelze

Chinonmono-chlorimin

Lignin Elementaranalyse

Wesentliche Bedeutung für die Erweiterung unserer Kenntnisse besitzen *Freudenbergs* Arbeiten über „künstliches Lignin“, das sich beim Einwirken eines aus Champignons isolierten Enzympräparates auf Coniferylalkohol (I) bei ca. 20° C im schwachsauren bis neutralen Medium bildet; während der Reaktion wird Luft durch die Lösung geblasen. Man kommt so zu ligninartigen Produkten. Bei geeigneter Reaktionsführung kann man auch niedermolekulare Substanzen isolieren, die Zwischenprodukte der enzymatischen „Lignin“-Synthese darstellen. Das genauere chemische Studium dieses „künstlichen Lignins“ und sein Vergleich mit natürlichen Coniferen-Ligninen lieferte zahlreiche weitere Aufschlüsse über den Bau des Lignins, auf die an dieser Stelle jedoch nicht eingegangen werden kann.

Die Arbeiten zahlreicher Forscher, insbesondere auch in Schweden, lieferten folgendes schematisches Bild vom Bau der Ligninmolekel:

153

Lignin

Es sei erwähnt, daß sich die drei C-Atome der Propankette auch zum Cumarinring (VII) vereinigen können, der mit UV-Spektroskopie nachgewiesen werden konnte. Ferner wurde bei Abbaureaktionen die Bildung von Dehydrovanillin (VIII) beobachtet, die den Hinweis gibt, daß in der Ligninmolekel auch Kerne nach der Art des Diphenyls (IX) angeordnet sein müssen.

(VII) (VIII) (IX)

In einer erweiterten Strukturformel, auf deren Wiedergabe hier verzichtet wird, wären noch weitere Bausteine einzufügen, die übrigens nicht alle völlig eindeutig bewiesen sind. Es muß betont werden, daß es noch vieler Arbeit bedarf, um zu einem vollständigen Bilde vom Bau des Lignins zu gelangen. So ist z. B. die Isohemipinsäure (II) in nur sehr geringer Ausbeute bei recht energiereichen Reaktionsbedingungen erhalten worden. Es besteht aber kein Zweifel, daß das Strukturelement tatsächlich im Lignin enthalten ist, jedoch erlauben die Ergebnisse keinen Rückschluß darauf, wie oft dieses Strukturelement in der langen Kette des Moleküls vorkommt. Darüber hinaus ist auch kaum etwas bekannt über das Molekulargewicht des Lignins.

Zu Beginn dieses Ansatzes wurde erwähnt, daß sich diese Ausführungen auf Coniferenlignin beschränken. Es bestehen tatsächlich recht erhebliche

(X) (XI)

Unterschiede zwischen den Ligninen aus verschiedenen Holzarten. So entsteht z. B. bei der Alkalischmelze von Buchenlignin an Stelle der Protocatechusäure (IV) Gallussäure (X). Bei der Oxydation von Buchenlignin entsteht neben Vanillin (III) noch Syringaldehyd (XI). Diese Beispiele zeigen deutlich, welche Schwierigkeiten sich bei der Erforschung des Lignins ergeben.

Technischer Holzaufschluß

Die Kenntnisse vom Bau des Lignins lassen uns nun auch die technischen Prozesse verstehen, die beim Aufschluß des Holzes angewandt werden. Zwei Verfahren besitzen hier großtechnische Bedeutung:

1. Das „Sulfitzellstoffverfahren“, bei dem mit SO₂-haltigen Calciumsulfidflaugen aufgeschlossen wird.
2. Das „Sulfatzellstoffverfahren“, bei dem im Prinzip durch Kochen mit Alkalilaugen Lignin, das ja phenolischen Charakter besitzt, in wasserlösliches Alkalilignin, also Phenolate, überführt wird.

Während bei der Herstellung von Cellulose Lignin in wasserlösliche Formen umgewandelt wird und Cellulose als Rückstand übrigbleibt, schlägt man beim Holzverzuckerungsprozeß den umgekehrten Weg ein: Die Cellulose wird durch Mineralsäuren zu Glucose (Traubenzucker) abgebaut, der ja in Wasser leicht löslich ist; als Rückstand verbleibt ein unreines Lignin in Form eines braunen Pulvers. Der Holzverzuckerungsprozeß besaß während des Krieges erhebliche Bedeutung. Mit dem anfallenden Lignin jedoch wußte man nichts Rechtes anzufangen; man trocknete es und verbrannte es in der Fabrik, nachdem es zuvor brikettiert worden war. Lignin kann auch verschwelt werden.

Verwendungsmöglichkeiten des Lignins

In Anbetracht der Tatsache, daß Lignin als sehr billiger Rohstoff in fast unbegrenzter Menge zur Verfügung steht, ist es nicht verwunderlich, daß sich in der Literatur und Patentliteratur zahlreiche Vorschläge für seine technische Verwendung finden, von denen hier nur wenige Beispiele genannt seien. Die Fülle der Patente kann jedoch nicht über die Tatsache hinwegtäuschen, daß das Problem der technischen Verwendung von Lignin noch keinesfalls gelöst ist.

In den Sulfitzellstoff-Fabriken fallen große Mengen von Abläugen an, die neben vergärbarem Zucker (1 bis 2%) hauptsächlich gelöste Ligninsulfonsäuren enthalten. Nach Vergärung des Zuckers zum Zwecke der technischen Alkoholvergewinnung (Holzsprit) kann man die Laugen eindampfen¹⁰⁾, und erhält so einen „Sulfitablaugenkitt“, der sich als Klebstoff für Papier, Pappen und Fußbodenbelegmassen, z. B. Linoleum, eignet¹¹⁾. Auch als Bindemittel für

¹⁰⁾ Neutralisierte, auf 50% Feststoffgehalt eingedampfte Sulfitlaugen kommen in den USA als „Lignin-Liquor“ in den Handel.

¹¹⁾ Ein Nachteil bei der Verwendung für Papier ist die dunkle Farbe sowie die Eigenschaft, durch Papier durchzuschlagen und nie ganz zu trocknen.

Kohlen- und Erzbriketts sind eingedampfte Sulfitlaugen gut zu verwenden. Ferner haben sich Ligninsulfonsäuren als Emulgatoren für schwarze Straßenbaustoffe als geeignet erwiesen. Man hat Ligninsulfonsäuren auch als Textilhilfsmittel, Schutzkolloide (z. B. für Pflanzenschutzmittel) sowie als Gerbstoffverschnittmittel vorgeschlagen.

Lignin selbst kann aus Ligninsulfonsäuren durch „Entsulfurieren“ dargestellt werden. Man kann es als Adsorptionsmittel verwenden oder als Füllmittel in der Kautschukindustrie.

Beschränkte Mengen von Sulfitablaugen werden in einigen Ländern zur technischen Herstellung von Vanillin benutzt. Entweder wird die rohe Lauge mit Natronlauge unter Druck erhitzt, oder man fällt Lignin als basisches Calciumsalz und spaltet dieses mit Natronlauge. Das entstehende Alkalisalz des Vanillins kann mit organischen Lösungsmitteln, z. B. Butanol, aus der Lösung unmittelbar extrahiert werden.

Alle diese Verwendungsmöglichkeiten besitzen jedoch in Anbetracht der Riesemengen von anfallendem Lignin nur sehr beschränkte Bedeutung, denn sie vermögen nur begrenzte Mengen Lignin zu verwenden. Fachleute schätzen, daß die besten Verwendungsmöglichkeiten sich in der Industrie der Kunststoffe ergeben könnten. Lignin liefert mit Phenolen bei Gegenwart von Schwefelsäure unter Abspaltung von Wasser ein Kondensat, das in Gegenwart von überschüssigem Phenol mit Formaldehyd zu härtbaren Harzen kondensiert werden kann. Solche Harze werden z. B. in den USA hergestellt und kommen unter dem Namen „Lignolite“ in den Handel.

Nobelpreisträger-Tagung in Lindau

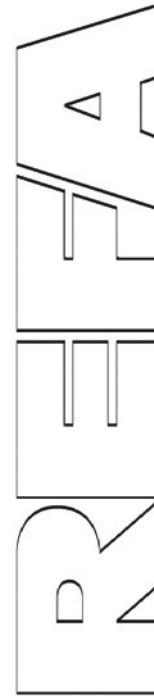
Die 8. Tagung der Nobelpreisträger findet vom 30. Juni bis 4. Juli 1958 in Lindau im Bodensee statt. Es ist das 3. Treffen der Nobelpreisträger für Chemie, an dem aber wieder, wie bei den früheren Tagungen, auch andere Nobelpreisträger teilnehmen werden. Bis jetzt liegen zwölf Zusagen vor, nämlich aus Deutschland von Prof. Max Born, Prof. Gerhard Domagk und Prof. Otto Hahn; aus Schweden von Prof. Hans v. Euler-Chelpin, Prof. Georg v. Hevesy und Prof. Arne Tiselius, dem Vizepräsidenten der Nobel-Stiftung; aus der Schweiz von Prof. Paul Karrer, Prof. Ludwig Ruzicka und Dr. Paul Hermann Müller. Auch Prof. Artturi Virtanen aus Helsinki wird wieder kommen und zum ersten Male aus Frankreich Prof. Frédéric Joliot-Curie und aus England Prof. Richard L. M. Synge und Prof. Sir Alexander Todd.

Voraussichtlich werden Prof. Kurt Alder, Prof. Adolf Butenandt, Prof. Werner Heisenberg und Prof. Hermann Staudinger wieder da sein; auch Prof. Linus Pauling aus Pasadena, Californien, hat eine vorläufige Zusage gegeben.

Die chemischen Industrien Deutschlands und der Schweiz haben Mittel zur Verfügung gestellt, damit Assistenten wissenschaftlicher Institute und Studenten der Chemie in größerer Zahl als bisher an der Tagung teilnehmen können.



Operational Excellence – Praxiserprobte Bausteine zur Erfolgssicherung



21. November 2007

Tagung 2007 der REFA-Branchenorganisation Chemie

Die Dynamik der weltweiten Kapital-, Waren- und Informationsströme erfordert Konzepte, die dem schärferen Wettbewerb und der Erhöhung von Innovationsdruck und Innovationsgeschwindigkeit Rechnung tragen. Operational Excellence stellt mit der Ausrichtung auf Kundenorientierung, Innovation und Effizienz einen Ansatz dar, der auf Prozessverbesserungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette zielt, auf eine Produktion ohne Verluste und Verschwendung, deren Bausteine methodisch aufeinander abgestimmt sind.

Unter „Produktion“ werden dabei nicht nur Fertigung und Montierung verstanden, sondern auch Aufgabenstellungen wie Disposition und Logistik, Planung und Steuerung, Wartung und Instandhaltung sowie Qualitätssicherung und Personalwesen. Dementsprechend reichen die Tagungsthemen von Methoden der Schwachstellenanalyse, Six Sigma und Tools of Lean Manufacturing, Shared Services und Overall Equipment Effectiveness über die weltweite Initiative Responsible Care bis hin zu Fragen der Personalbedarfsermittlung sowie des Employer Branding.

TechnologieZentrumDortmund, Seminarsaal I, Emil-Figge-Str.76-80, 44227 Dortmund
weitere Informationen: **Dr. Uwe Flachsenberg** (uwe.flachsenberg@infraserv-knapsack.de)
oder **Dr. Wilma Dausch** (wilma.dausch@basf.com)