

CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

Analytik

Biotechnik

Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung

- Wolfram
- Glaubers Wundersalz
- 50 Jahre Chemie erleben

Für Hans-Dietrich Martin ist diese CLB eine Jubiläumsausgabe: Er schreibt seit 50 Jahren für unsere Zeitschrift. Beruflich wechselte der ausgebildete Chemotechniker zur schreibenden Zunft, nachdem der unten und auf Umschlagseite 3 abgedruckte Artikel aus dem Jahre 1962 einen Preis gewonnen hatte (siehe dazu die Seiten 340 - 346).

444

Chemie und Technik der Epoxy-Harze

Von Hans-Dietrich Martin, Kornwestheim/Württemberg
In dem Aufsatzwettbewerb des Verbandes Deutscher Chemotechniker erhielt dieser Aufsatz den 2. Preis.

Etwa seit 1945 wird eine Gruppe von Kunststoffen in immer größeren Mengen hergestellt und verbraucht, die durch ihre besonderen Eigenschaften für viele Anwendungsgebiete wichtig geworden sind. Diese Epoxy- oder Äthoxylin-Harze gehören zu den härtbaren Kunststoffen (Duroplasten), die nach der endgültigen Formgebung und Aushärtung nicht mehr schmelzbar oder zu erweichen sind. Sie zeichnen sich aus durch besonders gute elektrische und mechanische Eigenschaften und sind noch bei Temperaturen zu verwenden, bei denen andere Kunststoffe längst versagen.

Die ungehärteten Harze

Charakteristisch für die Bildung der Epoxy-Harze ist die Epoxy-Gruppe

$$\begin{array}{c} \text{CH} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} \end{array} - \text{CH}_2$$

Sie ist sehr reaktionsfähig und lagert leicht Amine, Säuren, Alkohole und Isocyanate unter Aufspaltung des Ringes an; z. B.:

$$\begin{array}{c} \text{R}-\text{CH}-\text{CH}_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} \end{array} + \text{H}-\text{NH}-\text{R}' \rightarrow \begin{array}{c} \text{R}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{NH}-\text{R}' \\ | \\ \text{OH} \end{array}$$

$$\begin{array}{c} \text{R}-\text{CH}-\text{CH}_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} \end{array} + \text{H}-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{R}' \rightarrow \begin{array}{c} \text{R}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CO}-\text{R}' \\ | \\ \text{OH} \end{array}$$

$$\begin{array}{c} \text{R}-\text{CH}-\text{CH}_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} \end{array} + \text{H}-\text{O}-\text{R}' \rightarrow \begin{array}{c} \text{R}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{R}' \\ | \\ \text{OH} \end{array}$$

Bei den ungehärteten Harzen sind zwei oder mehrere Epoxy-Gruppen im Molekül vorhanden. Lagert man ein Polyol oder eine mehrbasige Säure an, kommt man zu vernetzten Makromolekülen nach nebenstehendem Schema.

Auf dieser Vernetzungsreaktion beruht die Härtung der Epoxy-Harze: aus niedermolekularen, flüssigen oder schmelzbaren Produkten entstehen so hochmolekulare, unsmelzbare Körper. Ein ausgehärtetes Epoxy-Teil besteht aus einem einzigen Makromolekül.

Weil bei der Vernetzung meist chemisch stabile Verbindungen über Äther-, Ester-, Urethan- oder Amino-Brücken entstehen, sind die erhaltenen Produkte gegen chemische Angriffe sehr beständig.

Die bisher am meisten verwendeten Epoxy-Harze sind Kondensationsprodukte von Bisphenol A (= Diphenylpropan) und Epichlorhydrin:

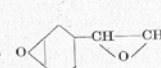
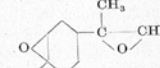
445

chemie und Technik der Epoxy-Harze

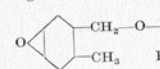

$$\text{H}_2\text{C}-\text{O}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{O}-\left[\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ | \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ | \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ | \\ \text{CH}_2 \end{array} \right]_n-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{O}-\left[\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ | \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ | \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ | \\ \text{CH}_2 \end{array} \right]_m-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{O})-\text{CH}_2$$

Je nach der Größe des Index n sind dies flüssige bis feste Harze, die in den üblichen Lösungsmitteln gut löslich sind. Neben diesen bereits ziemlich hochmolekularen Verbindungen gibt es auch besonders dünnflüssige, sogenannte „Reaktive Verdüner“. Sie sollen bei der Verarbeitung das Harz dünnflüssiger machen und bei der Vernetzung mit empolymerisieren. Einige Beispiele:

n-Butyl-Glycidyl-Äther $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{O})-\text{CH}_2$

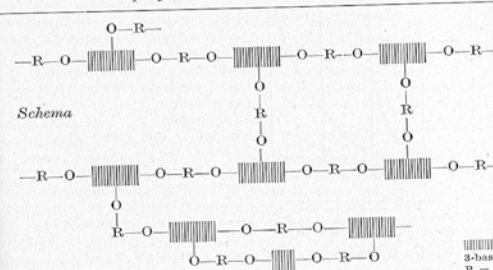
⊗Epoxyde 206  ⊗Epoxyde 209 



Neuerdings sind auch Harze auf dem Markt, die aus di-epoxydierten cyclischen Verbindungen bestehen. Solche Harze verleihen dem gehärteten Produkt eine besonders gute Wärmestandfestigkeit, z. B.:

⊗Epoxyde 201 ⊗Epoxyde 207

Schema



Legend:  = 3-bas. Säure
 = Epoxyverb.

446

chemie und Technik der Epoxy-Harze

Man hat versucht, auch Si-Atome in ähnliche Verbindungen einzubauen, um die Wärmebeständigkeit noch weiter zu erhöhen; bis zur technischen Reife sind solche Produkte bisher nicht gelangt.

Hergestellt werden alle diese Harze durch Epoxydierung von Doppelbindungen mit Peressigsäure bzw. Essigsäure-Wasserstoffperoxyd-Gemischen.

Die Härtung von Epoxy-Harzen

Je nach der angewendeten Temperatur unterscheidet man Kalthärtung und Warmhärtung. Bei der Kalthärtung werden als Härter meist aliphatische Amine und Amide benutzt; heiß gehärtet wird mit Säuren, Säureanhydriden + Alkoholen und aromatischen Aminen. Bei beiden Härtungsarten kann man durch geringe Zusätze hauptsächlich von Zinnverbindungen und BF_3 -Komplexen die Härtung katalysieren.

Die Kalthärtung hat den Vorteil, daß die Ansätze bei normaler Temperatur aushärten. Besonders bei großen Teilen ist es günstig, wenn man keine großen Heizöfen verwenden muß. Bei der Kalthärtung erreicht man allerdings nicht ganz die Wärmestandfestigkeit und die mechanischen Eigenschaften wie bei der Warmhärtung. Hochbeanspruchte Teile wird man also stets heiß härten.

Bei der Härtung spielt sich eine exotherme Reaktion ab. Deshalb muß man darauf achten, daß die Masse sich nicht zu stark erhitzt, weil dann Spannungen oder Verfärbung auftreten können; oft zersetzt sich sogar der Ansatz teilweise. Abhilfe schafft man durch Aushärtung in flachen Schichten, niedrige Anfangstemperaturen oder einen inaktiveren Härter; auch ein Zusatz von Füllstoffen verlangsamt die Reaktion.

Die Gebrauchsdauer der fertigen Mischung ist stark abhängig von der Temperatur. Man spricht von der „Topfzeit“ als der Zeit, in der die Mischung noch verarbeitet werden kann. Deshalb ist ein wichtiges Charakteristikum einer Harz-Härter-Mischung der Viscositätsanstieg in Abhängigkeit von Zeit und Temperatur. Je höher die Temperatur, desto kürzer ist die Verarbeitungszeit (Abb. 1). Man strebt daher eine möglichst niedrige Anfangsviscosität der Mischung an, um sie trotz fortgeschrittener Reaktion noch verarbeiten zu können.

Der Schwund beim Härten ist ziemlich gering (bis 1,5% linear). Zu niedrigen Werten kommt man, wenn man den Formkörper bei niedriger Temperatur

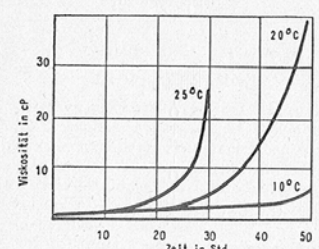


Abb. 1. Viscositätsanstieg einer Epoxyharz-Härter-Mischung in Abhängigkeit von Zeit und Temperatur.

447

chemie und Technik der Epoxy-Harze

vorgeliegt und erst dann stufenweise aushärtet. Ein typisches Härtungsschema ist z. B.: 2 Stunden bei 130°C, 3 Stunden bei 160°C, 2 Stunden bei 190°C.

Die Verarbeitung

Die Verarbeitung der Epoxy-Harze ist denkbar einfach. Harz, Härter und Zusatzstoffe (Farb- und Füllstoffe, Glasfasern usw.) werden zusammengegeben und gut vermischt. Bei festen Härtern (z. B. Säureanhydriden) muß man meist etwas erwärmen, bis der Härter sich aufgelöst hat. Dann wird die flüssige Mischung entlüftet und in die Form gegeben bzw. aufgetrichen. Darauf läßt man den Ansatz aushärten.

Ein besonderer Vorteil ist, daß bei der Epoxy-Härtung keine niedermolekularen Nebenprodukte frei werden. Deshalb kann man die Härtung in ganz einfachen Formen ohne Druck durchführen. Dies verbilligt natürlich den Formbau erheblich, weil man Formen aus Holz, Gips oder auch anderen Kunststoffen verwenden kann.

Ein Problem beim Entformen ist die gute Haftfestigkeit der Epoxyde auf allen Werkstoffen. Die Formen müssen mit Formtrennmitteln — meist auf Siliconbasis — gut behandelt sein, sonst klebt die Masse.

Bei der Verarbeitung muß man darauf achten, daß Epoxyde toxisch und hautschädigend sind. Besonders viele niedermolekulare Epoxy-Verbindungen sind starke Gifte; auch das Einatmen der Dämpfe ist gefährlich. Bei längerem oder wiederholtem Kontakt mit der Haut können Dermatosen auftreten, die sich in stark juckenden Bläschen äußern. Durch geeignete Maßnahmen (Handschuhe, Hautschutzcreme, sauberes Arbeiten) läßt sich aber eine Schädigung fast immer vermeiden.

Eigenschaften der gehärteten Epoxy-Harze

Die ausgehärteten Produkte haben große Oberflächenhärte, gute Elastizität und Zugfestigkeit, ausgezeichnete elektrische Eigenschaften, gutes Haftvermögen auf fast allen Werkstoffen und sind gegen Chemikalien sehr beständig. Besonders auffallend ist die Wärmestandfestigkeit, die die aller anderen Kunststoffe übertrifft. Einige charakteristische Eigenschaftswerte eines Epoxy-Harzes sind in der Tabelle (S. 448) wiedergegeben.

Gefüllte Harze zeigen eine geringere Schrumpfung, sie sind daher meist frei von inneren Spannungen. Sie haben eine höhere Dichte und Wärmeleitfähigkeit. Wichtig für ihre Verwendung ist, daß auch Druckfestigkeit und Elastizitätsmodul höher sind; der Füllstoff wirkt also nicht nur als Streckmittel, sondern er bringt für manche Zwecke verbesserte Eigenschaften. Eine Schwierigkeit bei der Verarbeitung ist, daß Kunststoff-Füllstoff-Gemische immer entlüftet werden müssen, damit man blasenfreie Produkte bekommt und die optimalen Eigenschaften erreicht. Auch Korngröße und Verteilung der Füllstoffe haben Einfluß auf die Eigenschaften des fertigen Produkts.

Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,

die Physiker träumen noch von der großen Vereinheitlichungstheorie, die die Quantenwelt mit derjenigen der Gravitation vereint. In der Ausbildung ist man jetzt auf verschiedenen Ebenen



dabei, ehemals Unvereinbares miteinander zu verschmelzen. Als Konsequenz aus dem schlechten Abschneiden Deutschlands bei der jüngsten Bildungsstudie der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) forderten SPD und Grüne einen Abschied vom dreigliedrigen System aus Gymnasium, Real- und Hauptschule. Bundesbildungsministerin Edelgard Bulmahn zeigte sich grundsätzlich offen für solche Überlegungen. Das Schulsystem müsse „durchlässiger“ werden.

Noch Erstaunlicheres passiert in Niedersachsen. Gibt es vielfach in Deutschland ausgeprägte Konkurrenzsituationen zwischen Universitäten und Fachhochschulen, beschloss der Niedersächsische Landtag Mitte September die Fusion der Universität mit der Fachhochschule Nordostniedersachsen in Lüneburg einstimmig. Dadurch soll eine Modelluniversität für den Bologna-Prozess entstehen, die europaweite Einführung einheitlicher Bachelor- und Master-Studienabschlüsse. Für jeden Studiengang soll individuell festgelegt werden, ob das Abitur oder die Fachhochschul-Zugangsberechtigung ausreicht. Ein Vorteil fürs Land: Man spart Personalkosten; es ist künftig nur noch eine Verwaltung notwendig. Auch daher könnte dieses Modell Schule machen. So soll auch die bayerische Landesregierung überlegen, ihre beiden traditionsreichen Universitäten, die Ludwig-Maximilians-Universität und die Technische Universität in München zu einer „University of Munich“ zu fusionieren.

Hinter beiden Ideen und Entwicklungen steckt jedoch nicht das Bestreben nach Gleichmacherei, im Gegenteil. Es dämmert die Einsicht, dass sich die Komplexität der heutigen Berufs- und Arbeitswelt nicht mehr in wenigen Ausprägungen von (Hoch-)Schulen darstellen lässt. Der Abschied vom dreigliedrigen Schulsystem, den

die SPD in Schleswig-Holstein im Februar zum Landtags-Wahlkampfthema machen will, soll mit einer stärkeren individuellen Förderung der Schüler einher gehen. Mit Bachelor- und Masterabschlüssen sollen Studenten international beweglicher werden, umfangreichere individuelle Erfahrungen sammeln können – und wohl auch schneller in den Beruf kommen.

Zu individualisierter, aber geführter Ausbildung passt auch eine Meldung von der Fachhochschule Düsseldorf: Um junge Menschen in möglichst kurzer Zeit erfolgreich zum Studienabschluss zu führen, hat der Fachbereich Elektrotechnik exemplarisch für alle Fachbereiche der Fachhochschule Düsseldorf ein Mentorensystem eingerichtet. Studenten sollen sicher und individuell zum Studienabschluss geleitet werden. So etwas kennt man in England übrigens schon lange, und dort ist der Anteil der Studienabbrecher viel geringer als hierzulande.

Individualisierung statt Gleichmacherei dürfte der Megatrend künftiger Ausbildungssysteme sein. Auf diese Weise lassen sich die Fähigkeiten des Einzelnen bestmöglich entwickeln – und auch für die Gesellschaft nutzbar machen.

Ein Systemteil für individuelle Fortbildung bilden die Fachzeitschriften. In dieser Ausgabe der CLB gibt es sowohl Detailinformationen – etwa über Wolfram – und auch Artikel, die große Zeiträume Revue passieren lassen. Gerade zu Beurteilung der Entwicklung des allgemeinen beruflichen Umfeldes bieten derartige Artikel wichtige Anhaltspunkte. Mit diesem Hintergrund hat auch Hans-Dietrich Martin seinen Artikel auf den Seiten 340 - 346 geschrieben, der auf 50 Jahre erlebter Chemie zurück blickt.

Ich hoffe also, die CLB trägt auch mit dieser Ausgabe wieder Ihrem persönlichen Informationsbedarf Rechnung, auf ihre typisch unterhaltsame Weise.

Ihr

INHALT

Aufsätze

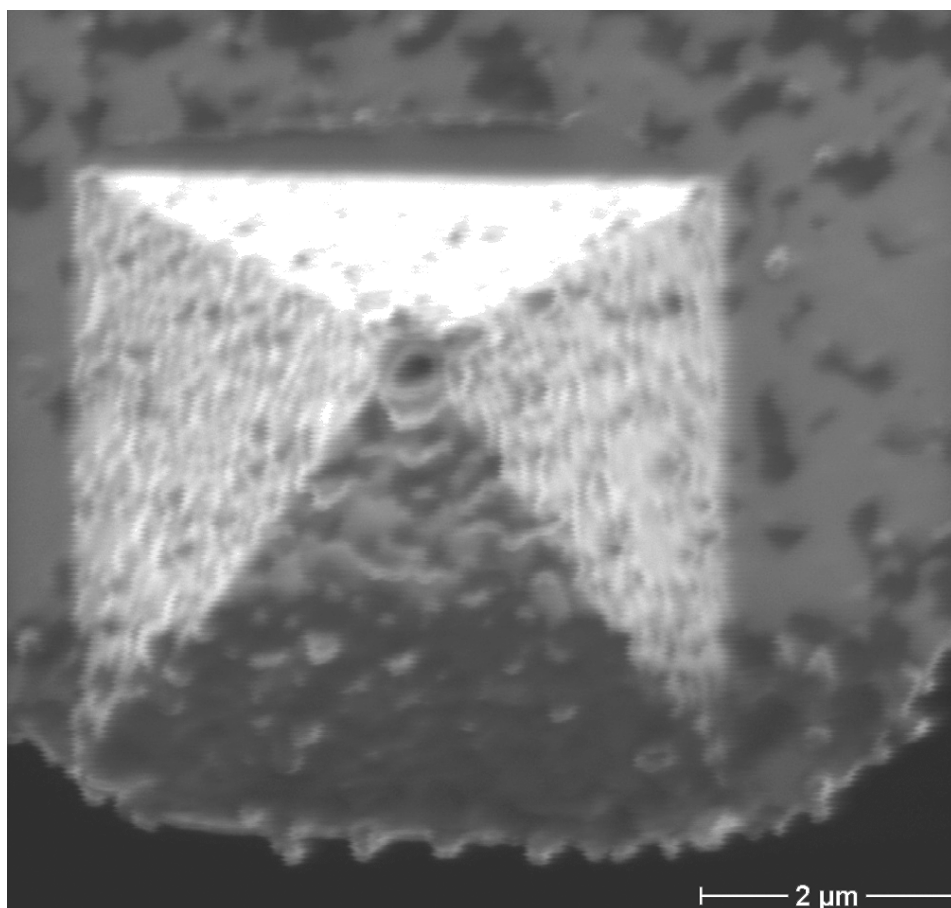
Dem Begründer der gewerblichen Chemie zum 400. Geburtstag Glauber und sein Wundersalz _____	328
Das Übergangsmetall Wolfram Vom Glühdraht zum Supermetall _____	334
CLB-Autor seit 50 Jahren Chemie anschaulich machen _____	340
Linux, Knoppix, Mac OS X, Open Source: Vorteile von Unix et al. in Chemie & Biologie Teil 11: Trennzeichen & Muster _____	347

Rubriken

Editorial _____	321
Impressum _____	323
F & E im Bild _____	323
Unternehmen _____	324
Personalia _____	326
Förderungen / Preise _____	327
Umschau	
Das Vergehen eines Sterns im Katzenaugennebel So könnte unsere Sonne in 5 Mrd. Jahren sterben _____	351
Informatik unterstützt medikamentöse Behandlung Gehirntumoren gezielt adressieren _____	352
Literatur _____	353
Neue Produkte _____	355
Bezugsquellenverzeichnis _____	359

CLB-Memory

Doppel-Wolframate machen Laser effizienter Monoklin und dotierbar _____	M65
Lehrerfortbildung im SuperLab in Clausthal Experimente mit Alltagsprodukten _____	M66
Büffeln und experimentieren für die Zukunft Jülicher „Neutronenpraktikum“ _____	M67
Pro und Contra Brotkruste: Melanoidine und Acrylamid Auswirkungen hochmolekularer Röstprodukte _____	M68
Sanierung eines „Phenol-Sees“ durch Flockung mit Eisen-III-Salzen Von der Altlast zum natürlichen See _____	M70
Mit Ozon gegen Chemikalienscocktail Pharmaka in der Kläranlage _____	M71
Strahlende Chemie Es kann mehr als eine Antwort richtig sein _____	M72



Einzelatomdotierung mit beliebigen Elementen

Aus diesem Loch in der Spitze eines Rasterkraftmikroskops lassen sich einzelne Ionen eines chemischen Elements nanometergenau in ein Material implantieren. Dieses Werkzeug schufen jetzt Wissenschaftlern im Forschungszentrum Rossendorf (FZR) in Dresden in Zusammenarbeit mit Forschern der Universitäten Bochum und Kassel. Das Loch mit einem Durchmesser von ca. 50 Nanometern wurde mit einem fein gebündelten Ionenstrahl in die Spitze aus Siliciumnitrid gebohrt. Die mit dieser „Lochblende“ mögliche Einzelatom-Dotierung mit nahezu beliebigen Elementen ist bislang weltweit einzigartig. Damit lassen sich beispielsweise Nanodrähte direkt in Substrate elektronischer Schaltungen implantieren (Abb.: Lothar Bischoff/ Bernd Schmidt; FZR).

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:
Dr. Dr. U. Fitzner, Düsseldorf · Priv. Doz.
Dr. H.-M. Kuß, Duisburg · Prof. Dr. Georg
Schwedt, Clausthal-Zellerfeld · Prof. Dr.
G. Weichbrodt, Aalen · Prof. Dr. G. Werner,
Leipzig.

Redaktion:
Rolf Kickuth (RK, verantwortlich;
E-Mail: kickuth@clb.de),
Dr. Maren Bulmahn (MB,

E-Mail: bulmahn@clb.de),
Dr. Christiane Soiné-Stark (CS,
E-Mail: stark@clb.de).

Ständige Mitarbeiter:
Prof. Dr. Wolfgang Hasenpusch, Hanau;
Dr. Mechthild Kässer, Diekholzen; Hans
Dietrich Martin, Köln; Dr. Uta Neubauer,
Bad Soden; Dr. Röbbbe Wünschiers, Köln.

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

Abonnementbetreuung:
Natalia Khilian
CLB, Agentur & Verlag Rubikon
Bammentaler Straße 6–8

69251 Gaiberg bei Heidelberg
Telefon (0 62 23) 97 07 43
Fax (0 62 23) 97 07 41
E-Mail: service@clb.de

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

CLB erscheint monatlich.

Bezugspreise:
CLB Chemie in Labor und Biotechnik mit
der Beilage „CLB-MEMORY“. Einzelheft
– außerhalb des Abonnements – 8,60
Euro, im persönlichen Abonnement jähr-
lich 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 VDC sowie des VBTA erhalten die
CLB zu Sonderkonditionen.

Anzeigenpreisliste:
Nr. 43 vom 12.8.2004.

Bei Nichterscheinen durch Streiks oder
Störung durch höhere Gewalt besteht kein
Anspruch auf Lieferung.

Die Zeitschrift und alle in ihr enthalte-
nen einzelnen Beiträge und Abbildungen
sind urheberrechtlich geschützt. Jede
Verwertung außerhalb der engen Gren-
zen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne
Zustimmung des Verlags unzulässig
und strafbar. Das gilt insbesondere für
Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mi-
kroverfilmungen und die Einspeicherung
und Verarbeitung in elektronischen Sys-
temen.
Für die Rückgabe unverlangt eingesand-
ter Buchbesprechungsbeispiele kann
keinerlei Gewähr übernommen werden.

ISSN 0943-6677



NACHRICHTEN & NOTIZEN

Die **BioVeris Corporation** belieferte das Feldlabor der NRF (Nato Response Forces) mit Produkten für die Analyse von Bakterien und Toxinen. Damit sollten während der Olympischen Spiele öffentliche Sicherheitsrisiken ausgeschaltet werden.

Bayer HealthCare LLC, USA, hat mit Siemens Medical Solutions Gesellschaft für medizinische Diagnosesysteme mbH, Leipzig, ein Abkommen zur Entwicklung und Vermarktung eines Point-of-Care-Immunoassay-Systems unterzeichnet. Unter Point-of-Care (POC) - Diagnostik wird die Blutanalyse direkt durch den behandelnden Arzt im Gegensatz zu Untersuchungen in größeren Labors verstanden.

Infor Global Solutions, ein Anbieter von Unternehmenssoftware für ausgewählte Branchen der Fertigungsindustrie, akquiriert die IncoDev Software-Entwicklung GmbH mit Hauptsitz in Hamburg. IncoDev liefert ERP-Software für große und mittelständische Unternehmen aus den Branchen Chemie, Lacke und Farben, Pharma und Kosmetik sowie Nahrungs- und Genussmittel.

Clariant veräußert ihre Beteiligung von 25 Prozent an SF-Chem in Pratteln/Schweiz an Capvis, ein schweizerisches Private Equity Unternehmen, und das Management. Der Basler Agrochemiekonzern Syngenta, welcher mit 75 Prozent an SF-Chem beteiligt ist, verkauft seine Anteile ebenfalls an Capvis. Clariant erzielt aus dem Verkauf einen Erlös von 22 Millionen Schweizer Franken. SF-Chem mit 360 Mitarbeitern stellt Zwischenprodukte für die Pharma-, Agro- und Spezialitätenchemie her.

Die Combinature Biopharm AG, Berlin, erhält über drei Jahre 3,5 Millionen Euro im Rahmen zweier Projekte des 6. Forschungs-Rahmenprogramms der Europäischen Kommission. Damit wird die Entwicklung neuer Antibiotika mit Hilfe von kombinatorischer Biosynthese unterstützt.

Die BASF Venture Capital GmbH, Ludwigshafen, beteiligt sich mit 1,1 Millionen US-Dollar an dem Biotechnologie-Unternehmen Sciona Inc. mit Sitz in New Haven, Connecticut (USA). Sciona entwickelt Gentests, die dabei helfen sollen, die individuelle Ernährung und Lebensführung optimal an die persönliche genetische Ausstattung anzupassen.

Die Direvo Biotech AG, Köln, erhält im Rahmen des Förderprogramms BioChancePLUS vom Bundesministerium für Bildung und Forschung ca. zwei Millionen Euro für ein Vierjahresprojekt, in dem neuartige Enzyme für industrielle Anwendungen produziert werden sollen. Die Firma nutzt hierbei eine von ihr selbst entwickelte Technik, mit der sie Enzyme spezifisch für das gewünschte Zielmolekül herstellen kann. Das Projekt soll zu neuen Produkten für die Anwendungsbereiche Futter- und Lebensmittel, industrielle Konsumgüter, Agrobiotechnologie sowie Biokatalyse führen.

Lion bioscience AG

Zwei neue US-Partner

Die Lion bioscience AG hat zwei neue Partnerschaften mit den amerikanischen Life Science-Unternehmen BioByte Corp. und ChemNavigator, Inc. gegründet.

Von BioByte erhält Lion das Rechenprogramm cLogP, das die Hydrophobizität auf der Basis bestehender chemischer Wechselwirkungen schätzt. ChemNavigator beliefert Lion mit maßgeschneiderten Software-Modulen sowie den Rechten zum Vertrieb seiner Datenbanken, den Produkten und Dienstleistungen. Beide Vereinbarungen bekräftigen das Ziel von Lion, einen neuen Markt in der

Chemieinformatik zu erschließen. Derzeitiges Paradeobjekt dazu ist der LeadNavigator, ein analytisches Tabellenkalkulationsprogramm für die Verarbeitung chemischer Strukturen und Daten, das zentral den Zugang zu Standardmethoden der Statistik und Algorithmen zur Identifizierung, Priorisierung und Optimierung von chemischen Verbindungen ermöglicht. Die interaktive Desktop-Lösung unterstützt Wissenschaftler und Forschungseinrichtungen, bessere und schnellere Entscheidungen aufgrund vielfältiger und komplexer biologischer und chemischer Daten zu treffen. Das Programm ist eine Komponente der Lion Lead Engine.

Koproduktion von BASF und Dow Chemical

300 000 Jato Propylenoxid

Die von der BASF AG und The Dow Chemical Company entwickelte Technik zur Herstellung von Propylenoxid (PO) aus Propylen und Wasserstoffperoxid (HP), genannt HPPO-Technik, steht jetzt zur kommerziellen Nutzung zur Verfügung.

Die Unternehmen werden 2006 gemeinsam eine HPPO World-Scale-Anlage (300 000 Jahrestonnen) am BASF-Verbundstandort in Antwerpen bauen. Damit wird auf die wachsende Nachfrage nach PO-Folgeprodukten, insbesondere aus der Polyurethanindustrie, reagiert. Vorteil der neuen Technik ist, dass keine Koppelprodukte anfallen und lediglich die Endprodukte Propylenoxid und Wasser entstehen, sowie weniger Grundfläche und ein geringeres Investment für die Produktionsanlagen.

Propylenoxid wird zur Herstellung von Polyurethanen, Propylenglykol, chemischen Zwischenprodukten, Flammenschutzmitteln, synthetischen Schmiermitteln,

Chemikalien für Ölbohrarbeiten und Tensiden für die Textilindustrie verwendet.

Mit der geplanten Investition in einen neuen Standort zur Herstellung von Polyurethan-Spezialitäten in Pudong, Shanghai, erweitert die BASF ihre Aktivitäten bei Polyurethan-Kunststoffen in Asien. Ab Anfang 2007 sollen in Pudong eng an den Bedürfnissen der chinesischen Kunden orientiert Polyurethan-Spezialitäten hergestellt werden. Das Systemhaus, die Produktentwicklung sowie eine Anlage zur Herstellung thermoplastischer Polyurethane (TPU) werden unter einem Dach zur BASF Polyurethanes Specialties (China) Co. Ltd. zusammengefasst. Die für die Spezialitäten-Herstellung in Pudong notwendigen Grundprodukte MDI (Diphenylmethandiisocyanat) und TDI (Toluoldiisocyanat) werden aus Caojing, Shanghai, kommen. Dort nimmt die BASF im Jahr 2006 gemeinsam mit Partnern eine entsprechende World-Scale-Anlage in Betrieb.

Entwicklung von elektronischem Papier

2014: Ein Markt von etwa 500 Millionen Euro

Die BASF Future Business GmbH, Ludwigshafen, und SiPix Technology Inc., Taipeh (Taiwan), haben eine Partnerschaft für die gemeinsame Entwicklung von farbigen E-Paper-Anwendungen geschlossen.

Die BASF wird die Farbstoffe für die mehrfarbige Gestaltung der Displays entwickeln, die als elektronische Preis- und Werbeschilder, Bücher, Zeitungen oder Zeitschriften eingesetzt werden können. Gleichzeitig erwirbt die BASF Future Business Anteile an SiPix und ist am wirtschaftlichen Erfolg der elektronischen Medien beteiligt.

„Wir schätzen, dass E-Paper-Anwendungen in den nächsten zehn Jahren ein Marktpotenzial von rund 500 Millionen Euro erreichen werden“, sagt Markus Kropp, Business Manager der BASF Future Business.

In dieser Kooperation wird die BASF Farbstoffe entwickeln,

welche die heute verfügbaren Blau-Weiß-Displays mehrfarbig erscheinen lassen. Die elektronischen Anzeigenfelder funktionieren nach dem Prinzip der Elektrophorese und werden daher Electrophoretic Displays (EPDs) genannt: Ein Gemisch aus Farbstoffpartikeln wird einem elektrischen Feld ausgesetzt. Aufgrund ihrer unterschiedlichen elektrischen Ladung werden die Teilchen voneinander getrennt und bewegen sich auf einen sichtbaren Vordergrund oder einen nicht sichtbaren Hintergrund zu. Auf diese Weise kann jeder Bildpunkt auf der Oberfläche des Displays weiß oder farbig erscheinen.

SiPix ist ein Start-up-Unternehmen, das auf die Entwicklung und Herstellung von E-Paper-Anwendungen wie E-Signs, E-Books und elektronische Zeitungen spezialisiert ist. Es wurde 1999 in den USA von mehreren Wissenschaftlern und Ingenieuren gegründet.

Zu den Gründern gehört auch Dr. R. C. Liang, der Erfinder des SiPix Display Systems und jetziger Chief Technology Officer. SiPix ist das erste Unternehmen, das ein E-Paper entwickelt hat, das mit den verschiedensten Displays kompatibel ist und an deren jeweilige Größe, Form und Farbauflösung angepasst werden kann. Das Unternehmen hat zur Zeit über 120 Mitarbeiter in den USA und Asien, sein Hauptgeschäftssitz ist Taipeh, Taiwan.

Die BASF Future Business GmbH, ein 100prozentiges Tochterunternehmen der BASF Aktiengesellschaft, wurde 2001 gegründet und erschließt neue Geschäftsfelder mit überdurchschnittlichem Wachstum außerhalb der bestehenden Aktivitäten des Ludwigshafener Konzerns.

4SC und Mutabilis

Kooperation beim Target-Screening

Die 4SC AG, ein in Martinsried ansässiges, auf die Erforschung und Entwicklung von therapeutischen Wirkstoffen spezialisiertes Biotechnologie-Unternehmen und das französische Biotechnologie-Unternehmen Mutabilis S.A., dessen Tätigkeitsschwerpunkt die Erforschung neuer Therapieansätze zur Eindämmung nosokomischer (im Krankenhaus erworbener) Infektionen ist, kooperieren.

Diese Partnerschaft hat zum Ziel, neue Moleküle als Basis für die Medikamentenentwicklung gegen eine von Mutabilis bereit-

gestellte Zielstruktur (Target) zu identifizieren. 4SC wird dabei die selbst entwickelte virtuelle Hochdurchsatztechnik 4SCan für das Screening seiner Datenbank mit 4,6 Millionen niedermolekularen Substanzen zum Einsatz bringen. Dadurch werden neue aktive Verbindungen identifiziert, die an dieses spezifische Target binden.

Im Anschluss wird Mutabilis eine Auswahl der am besten bewerteten Moleküle für biologische Tests und weitere Evaluationen erhalten. Im Gegenzug erhält 4SC Forschungsmittel in nicht genannter Höhe und hat Anspruch auf Meilensteinzahlungen.

Das besondere Gefühl
von Sicherheit und Pflege

Einmalhandschuhe
mit AloeVera

Nitril oder Latex
mit hautpflegender Innenbeschichtung
Fordern Sie noch heute Ihr Muster an

www.einkaufsinitiative.net
Fax: 03378 2081032



einkaufsinitiative life science
günstiger einkauf für eine starke region

EHRUNGEN

Die Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) verlieh anlässlich der Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte (GDNAe) vom 18. bis 21. September 2004 in Passau mehrere Preise:

Der Goettinger Chemiker **Prof. Dr. Lutz F. Tietze**, geschäftsführender Direktor des Instituts für Organische und Biomolekulare Chemie an der Georg-August-Universität, wird für sein wissenschaftliches Gesamtwerk mit der **Emil-Fischer-Medaille** geehrt. Internationale Anerkennung hat sich Prof. Tietze durch seine richtungweisenden Untersuchungen im Bereich der Synthese erworben. Durch die Einführung so genannter Dominio-Reaktionen ist es dem Wissenschaftler gelungen, komplexe Moleküle in wenigen Stufen aus einfachen Substraten in umweltgerechter, ressourcenschonender und effizienter Weise zu synthetisieren.

Privatdozent **Dr. med. Gunter Hartmann** (Jahrgang 1967) aus dem Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität München erhielt den höchst dotierten Nachwuchspreis der Bundesregierung, den sechsten **BioFuture-Preis** des BMBF mit einem Preisgeld von im Schnitt 1,5 Millionen Euro. Dr. Hartmann identifizierte mit seinem Forscherteam das CpG-Motiv, ein kurzer Abschnitt von nur 6 Basen Länge in viraler Nukleinsäure, der vom Immunsystem als Virusmerkmal erkannt wird, und als Immunstimulans wirkt. Die **Liebig-Denk Münze**, ebenfalls mit einem Preisgeld von 7500 Euro ausgestattet, geht an **Professor Dr. Dr. h.c.mult. Arndt Simon**, Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, Stuttgart. Er entwickelte eine neuartige Kamera für röntgenografische Untersuchungen von extrem luftempfindlichen Stoffen. In jüngerer Zeit war er an der Entwicklung eines Flächendetektor-Diffraktometers zur Kristallstrukturuntersuchung mit Hilfe

von Röntgen- und Neutronenbeugung beteiligt. Er entdeckte die Alkalimetallsuboxide, eine Verbindungsklasse, die zwischen der der Metalle und Salze angesiedelt ist, und hat viele neuartige Festkörper konzipiert und synthetisiert, beispielsweise Hochtemperatursupraleiter. Des weiteren wurden die ersten drei mit je 2000 Euro dotierten **Klaus-Grohe-Preise** für Medizinische Chemie vergeben. **Dr. Laurent Bialy**, Southampton (GB), früher Dortmund, erhält den Preis für seine erstmalige Synthese des Naturstoffs Cytostatin und analoger Verbindungen sowie deren biochemischer Evaluierung. **Dr. Thilo J. Heckrodt**, Berkeley (USA), früher Wien, wird der Preis verliehen für seine Totalsynthese eines komplexen Diterpens (Elisabethin A). An **Dr. Daniel Summerer**, La Jolla (USA), früher Bonn, geht der Preis für seine Arbeiten zu Mechanismen und Anwendungen von DNA-Polymerasen mit synthetischen Sonden und kombinatorischem Proteindesign.

Prof. Dr. Dr. h.c. Padma Kant Shukla von der Fakultät für Physik und Astronomie der Ruhr-Universität Bochum erhielt den Ehrendokortitel der russischen Akademie der Wissenschaften in Moskau. Des weiteren wurde er zum Mitglied im „Rutherford Appelton Laboratory“ gewählt und erhielt einen Ruf an das „Instituto Superior Técnico“ in Lissabon. Prof. Shukla wird aber an der RUB bleiben. Schwerpunkt seiner Arbeit bildet der Bereich der „Staubige Plasmen“, in denen Prof. Shukla die „Dust Acoustic Waves“ entdeckt hat. Das sind elektrostatische Wellen in komplexen Plasmen, die mit bloßem Auge sichtbar sind.



**Schon mancher ist von den großen
Stücken, die man auf ihn gehalten hat,
erschlagen worden.**

Gabriel Laub
poln. Schriftsteller u. Satiriker, 1928-1998

APPLIED BIOSYSTEMS in Europa wird jetzt von dem Schweden Lars Holmkvist (45) geführt. Zu seinem Verantwortungsgebiet zählt auch noch der Mittlere Osten und Afrika. Er führt damit ca. 1000 Mitarbeiter und berichtet direkt an Catherine M. Burzik, Präsidentin von Applied Biosystems. Holmkvist war zuvor verantwortlich für das Europageschäft von Medtronic auf dem Gebiet der Herz- und Gefäßchirurgie. Davor arbeitete er bei Boston Scientific. Die Applied Biosystems Gruppe gehört zusammen mit Calera Genomica zur Applera Corporation.

MWG BIOTECH AG Der Vorstandsvorsitzende des Unternehmens **Thomas Becker** hat sein Amt niederlegt. Für sein Ausscheiden nennt Thomas Becker persönliche Gründe. Bis zur Berufung eines Nachfolgers wird das Unternehmen von den beiden Vorständen **Dr. Wolfgang Pieken** und **Dr. Volker Muschalek** geführt. Dr. Wolfgang Pieken übernimmt die Bereiche Finanzen und IR und Dr. Volker Muschalek die Bereiche Personal und IT.

MEDIGENE AG Das deutsch-amerikanische Biotechnologie-Unternehmen konnte **Dr. Uwe Michaelis**, bisher Vorstand bei der Munich Biotech AG, und zwölf weitere hochqualifizierte Spezialisten für die Weiterentwicklung der neu erworbenen EndoTAG-Produkte zur Behandlung von Krebs gewinnen.

SGL CARBON AG Als neuer Aufsichtsratsvorsitzender wurde der Jurist **Max Dietrich Kley**, bislang in leitenden Positionen bei der BASF AG und Infineon Technologies AG, gewählt. Weiterhin wurde zum 1. Januar 2005 **Sten Dugaard** zum Nachfolger des Finanzvorstands Dr. Bruno Toniolo gewählt. Herr Dugaard ist seit Januar 2004 Executive Vice President Finance bei SGL Carbon. Zuvor war er als Vorsitzender der Geschäftsführung bei der privaten Fluggesellschaft LTU in Düsseldorf tätig.

Jugend forscht: Mit Grips zum nächsten Level

Ab sofort können sich wieder alle Jugendlichen bis 21 Jahre bei Jugend forscht, Europas größtem Nachwuchswettbewerb in Naturwissenschaft, Mathematik und Technik, anmelden. Unter dem Motto „Der nächste Level“ startet der Schülerwettbewerb in die Jubiläumssaison 2005. Das Thema können die Nachwuchsforscher aus den sieben Fachgebieten Arbeitswelt, Biologie, Chemie, Geo- und Raumwissenschaften, Mathematik/Informatik, Physik und Technik frei wählen. Sowohl Einzel- als auch Teamarbeiten mit maximal drei Teilnehmern sind

zugelassen. Anmeldeschluss ist der **30. November 2004**. Für die Anmeldung reicht zunächst das Thema. Die schriftliche Arbeit muss erst im Januar 2005 eingereicht werden. Ab Februar finden dann bundesweit die Regionalwettbewerbe statt. Wer sich hier qualifiziert, steigt auf bis zur Landes- oder sogar Bundesebene. Auf allen Wettbewerbsebenen werden Geld-, Sach- und Sonderpreise im Gesamtwert von mehr als 900 000 Euro vergeben. Weitere Informationen und online-Anmeldung unter www.jugend-forscht.de.

Helmholtz-Preis 2005

Für Arbeiten zur Präzisionsmessung in Physik, Chemie und Medizin schreiben Helmholtz-Fonds und der Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft den mit 20 000 Euro dotierten Helmholtz-Preis 2005 aus. Die aktuellen Arbeiten müssen aus dem europäischen Raum stammen oder in Zusammenhang mit Wissenschaftlern aus Deutschland entstanden sein; Bewerbungsschluss ist der **15. Dezember 2004**. Informationen bei Helmholtz-Fonds e.V., Braunschweig; Dr. Jürgen Helmcke, juergen.helmcke@ptb.de, www.helmholtz-fonds.de

Bundeswettbewerb Informatik

Die Gesellschaft für Informatik (GI) und die IuK-Gruppe der Fraunhofer-Gesellschaft (FhG) schreiben zum 23. Mal den Bundeswettbewerb Informatik aus. Bis zum **15. November 2004** können Jugendliche die Aufgaben der ersten Runde lösen, die nun an die Schulen versandt wurden und auch im Internet (www.bwinf.de) erhältlich sind. Bei der diesjährigen Ausschreibung sind vor allem Auszubildende der IT-Berufe angesprochen, für die ein Sonderpreis ausgeschrieben wurde. Zum Erreichen der zweiten Runde sind allein oder in der Gruppe mindestens drei Aufgaben zu lösen. In der ersten Runde werden erste und zweite Preise und Anerkennungen vergeben. Die Erfolgreichen der zweiten Runde nehmen in etwa einem Jahr an der Endrunde teil, die das Potsdamer Hasso-Plattner-Institut mit Unterstützung der SAP AG ausrichten wird. Dort winken weitere Preise und der Bundessieg, der mit der Aufnahme in die Studienstiftung des deutschen Volkes verbunden ist. Die jüngeren Endrundenteilnehmer können sich für das Team qualifizieren, das Deutschland bei der Internationalen Informatikolympiade 2006 in Mexiko vertreten wird.

EURYI Award

Zur Förderung des exzellenten Nachwuchses aus aller Welt wird zum zweiten Mal der European Young Investigator (EURYI) Award ausgeschrieben. Ziel des EURYI Award ist es, herausragende junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler über einen Zeitraum von fünf Jahren in einem der teilnehmenden europäischen Länder effektiv zu fördern. Bewerber um einen EURYI Award müssen einen herausragenden wissenschaftlichen Werdegang nachweisen. Vor dem Hintergrund des unterschiedlichen Promotionsalters in den einzelnen europäischen Ländern gibt es keine Altersgrenze. Stattdessen wird eine zwei- bis maximal zehnjährige Forschungserfahrung nach der Promotion vorausgesetzt. Besondere Bedeutung kommt darüber hinaus einer qualifizierten Einladung sowie der Zusage des gastgebenden Instituts zu, die Nachwuchsgruppe aufzunehmen. Die vollständige Ausschreibung des EURYI Award mit Angaben zu den Antragsvoraussetzungen ist unter www.dfg.de/internationales/nachwuchs/euryi_awards/index.html abrufbar. Dort kann auch das Antragsformular heruntergeladen werden. Anträge, die in englischer Sprache abzufassen sind, können bis zum **30. November 2004** gestellt werden.

Umweltschutz

Die Stiftung Pro Aqua-Pro Vita verleiht zum 5. Mal den mit 50 000 Schweizer Franken dotierten „Umweltpreis der Schweiz“. Der Preis wird am 24. Mai 2005 im Rahmen einer feierlichen Preisverleihung während der ILMAC, der Industriemesse für Forschung und Entwicklung, in Basel verliehen. Bewerbungsschluss ist der **15. Dezember 2004**. Ausgezeichnet werden innovative Technologien, Verfahren, Konzepte oder Produkte, die zum Umweltschutz und zum schonenden Umgang mit natürlichen Ressourcen beitragen. Weitere Informationen unter www.umweltpreis.ch.

Laborgeräteservice

Reparatur und Wartung von verschiedensten Geräten in Labor und Praxis

Testlösungen für LC und GC

M-LTech
Pfaffenhäule 50, 78224 Singen
Tel: 07731 143216
Mobil: 0160 5523969
E-mail: info@m-ltech.de
www.m-ltech.de

M-LTech
Mess- und Labortechnik
Max Miller



Glauber und sein Wundersalz

Prof. Dr. Georg Schwedt / TU Clausthal

Als Johann Rudolph Glauber im Jahre 1604 in Karlstadt am Main geboren wurde, umgab sich der römisch-deutsche Kaiser Rudolph II. von Habsburg (1552-1612) in Prag mit zahlreichen Alchemisten. Die bekanntesten dieser Zeit um 1600 waren Michael Maier (1569-1622), Michael Sendivogius (1566-1636) und Oswald Croll (1560-1609). Kaiser Rudolph stand über Fragen der Alchemie auch in brieflichem Kontakt mit dem Kölner Erzbischof und Kurfürsten Ernst von Bayern sowie dem Herzog Friedrich I. von Württemberg. In seiner Privatbibliothek sammelte er zahlreiche alchemistische Handschriften und Druckwerke, die teilweise erhalten geblieben sind (1).

Glauber war der Sohn eines Barbiers. 1618 begann der Dreißigjährige Krieg. Aus einem Glaubenskrieg entwickelte sich ein antihabsburgischer Eroberungskrieg, der sich von Böhmen (Prager Fenstersturz am 23. Mai 1618) aus über Europa ausweitete. Glauber selbst schreibt über seine Jugend, dass er sich wegen des Krieges oder auch zur Verbesserung seiner Lebensbedingungen an verschiedenen Orten aufgehalten habe. Einen Überblick über die historischen gesicherten Stationen seines Lebensweges vermittelt der Kasten auf der Seite 329.

Im „Brockhaus der Naturwissenschaft und Technik“ 2003 ist zu lesen:

„Glauber, Johann Rudolph, Chemiker und Apotheker, *Karlstadt 1604, †Amsterdam 10.3.1670; erwarb, auf alchimistischer Überlieferung fußend, seine Kenntnisse als Autodidakt; er stellte neue Substanzen dar, verbesserte chem. Apparate und Geräte und lieferte theoretische Beiträge (u.a. zur Affinitätstheorie); ferner entwickelte er zahlreiche chemisch-techn. Prozesse und wurde so einer der Begründer der chem. Industrie.“

Im „Bilder-Conversations-Lexikon“ (2) 175 Jahre früher, ebenfalls im Brockhaus-Verlag 1838 erschienen, heißt es:

„Glauber (Joh. Rud.), ein berühmter Chemiker, welcher 1668 in Amsterdam starb. Er war von Geburt



Abbildung 1: Porträt Glaubers von 1653

ein Deutscher, und sein Name hat sich besonders in dem von ihm durch Zufall aufgefundenen *Glaubersalz* (schwefelsaures Natron) erhalten, welchem er selbst den Namen *sal mirabile* (d.h. das wunderbare Salz) gab. Man findet dieses Salz auch in der Natur, bereitet es aber größtenteils künstlich. Es wird als Abführmittel gebraucht, ist aus Natron, Schwefelsäure und Wasser zusammengesetzt und krystallisiert in großen wasserhellen, plattgedrückten sechsseitigen Säulen von bitterem, salzigem, kühlendem Geschmack. In trockener Luft verwittert er leicht, bildet ein weißes Pulver und heißt *zerfallenes schwefelsaures Natron*.“

Die Wanderjahre

Aus seinen Schriften (s. Kasten S. 333) ist zu entnehmen, dass er sich um 1625 zur Zeit Kaiser Ferdinands II. (regierte in Böhmen ab 1617, als Kaiser



Der Autor

Der Buchautor und Mitherausgeber der CLB, Prof. Dr. Georg Schwedt, ist seit 1987 Professor für Anorganische und Analytische Chemie an der Technischen Universität Clausthal.

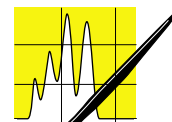
des Heiligen Römischen Reiches ab 1619) in Wien aufgehalten hatte, wo ihn die „Ungarische Krankheit“ (Flecktyphus) befiel. Nach seiner Genesung sei er im Winter nach Wiener Neustadt gereist, dort erneut erkrankt und durch den Genuss der dortigen Mineralquelle geheilt worden. Jedoch erst später erkannte er den hohen Gehalt an Natriumsulfat und dessen Wirkung, worüber er in *Natura salium* (Amsterdam 1657) berichtete. Nach Forschungen um 1911 enthalten vor allem zwei Quellen in der Nähe von Wiener Neustadt wesentliche Konzentrationen an Natriumsulfat, später von Glauber *sal mirabilis* und dann nach ihm *Glauber-salz* genannt: in Pötsching (eine gute Stunde Fußweg von Wiener Neustadt entfernt) ein Sauerbrunnen (kohlenstoffreicher Natroneisensäuerling) und am Hang des etwa gleich wie entfernten Rosaliengebirges, als „kleiner Säuerling“ bezeichnet. Glaubers Wanderungen führten von Wiener Neustadt über Salzburg, wo er das Grab des Paracelsus besuchte, nach Basel und weiter nach Frankreich – nach Straßburg und Paris. Glauber verehrte den Mediziner und Naturforscher Paracelsus (1494-1541), übernahm einen Teil seiner Lehren und wird auch oft als der „Paracelsus des 17. Jahrhunderts“ bezeichnet.

Laboratorien in Amsterdam, Wertheim und Kitzingen

In der Amsterdamer Heiratsurkunde (s. Kasten) bezeichnete sich Glauber als „apothecaris“. Jedoch wirkte er nicht in diesem Beruf, sondern wollte „etwaß Rechtes ins grosse in Alchimia“ tun. Er mietete ein großes Haus, richtete ein Laboratorium mit Öfen und Blasebälgen ein und beschäftigte mehrere Gehilfen. Er betrieb dort „alchemische“ Forschungen und widmete sich auch der gewerblichen Herstellung chemischer Produkte, worüber Einzelheiten jedoch nicht bekannt sind. Zu seinem Haus sollen sechs große, aus Stein gebaute Werkhäuser mit hohen und starken Schornsteinen gehört haben. In seiner Schrift „De tribus lapidibus“ (1667) klagte er über die hohen Kosten.

In seinem Werk „Glauber ridividus“ (Amsterdam 1656) beschreibt Glauber dann ausführlich seine Reise vom zweiten Aufenthalt in Amsterdam (nach einem wirtschaftlichen Ruin) nach Wertheim am Main – auf dem Landweg bis Bremen, dann mit dem Schiff weseraufwärts bis Kassel, von dort auf dem Landweg bis Hanau und zuletzt auf dem Main. In Wertheim mietete er 1651 ein großes Haus und richtete sich darin ein Laboratorium ein, wo zwei Studenten ihm zu Hand gingen – und als Gegenleistung in „Metallicis und Medicinalibus“ unterwiesen werden sollten. Sie seien ihm jedoch weggelaufen, weil sie der Meinung gewesen seien, sie wüssten mehr als ihr Meister, der keine akademische Ausbildung genossen hätte. Auch musste Glauber bald wieder ausziehen, da der Eigentümer das Haus selbst nutzen wollte. So entschloss er sich, nach Kitzingen am Main überzusiedeln.

In Kitzingen wollte er auch mit Wein handeln. Er kaufte 1652 von einem „Kriegs-Obristen unnd Amtmann“ ein freistehendes, gut gelegenes steinernes Haus mit einem schönen Garten und mit „Wasser versehen“, das „ins gemein das Schlößlein genant“ würde. Dort könne er gut laborieren, er habe das Haus bar bezahlt und sich ein Laboratorium eingerichtet. Hier entsteht 1653 das einzige überlieferte Porträt – ein Kupferstich (Abbildung 1), auf dem er sich als „Chymicus und Laborant“ bezeichnet – d.h. er verstand sich nicht nur als handwerklich tätiger Chemiker (Laborant) sondern auch als Naturforscher (Chymicus). Zum Unterhalt der Familie betreibt er seine Verfahren zur Gewinnung von Essig und Weinstein aus der Weinhefe, für die er ein Privileg der Kurfürsten von Mainz und des Bischofs von Würzburg für drei Jahre erhalten habe (Glauber ridividus 1657). In diese Zeit fällt auch der Streit mit Christoph Farner, der nach Glauber ein früherer Gerber, dann Schulmeister und zuletzt Schaffner (Aufseher oder Verwalter) des Domstiftes zu Speyer gewesen sei. Farner kam zu Glauber, um von ihm Vorschriften für gewerblich zu nutzende Verfahren zu erlernen. Er bot schließlich



AUFSÄTZE

Der Lebensweg des Johann Rudolph Glauber (1604-1670) – Daten nach seinen Werken

1604	Geburt in Karlstadt am Main (vor Oktober)
1625	Wien und Wiener Neustadt (Erkrankung an Flecktyphus, Genesung durch Brunnenkur)
1626 bis 1632	Als Spiegelmacher auf Reisen. Salzburg, Basel, Paris, Straßburg, Frankfurt am Main
1635/36	Tätigkeit in Gießen in der Hof-Apotheke – Erste Eheschließung mit Rebecca Jacobs
1638/39	Von Frankfurt am Main nach Bonn am Rhein
1640	Erster Aufenthalt in Amsterdam (Elandsgracht) Zweite Eheschließung mit Helene Cornelis aus Flensburg Aufenthalte in Utrecht, Arnheim, Leiden
1644	Apotheker in der Fürstlichen Hof-Apotheke zu Gießen
1645	Zweiter Aufenthalt in Amsterdam – Werk Furni novi Philosophici erscheint
1650/51	Wirtschaftlicher Ruin (1618 Ende des Dreißigjährigen Krieges) Flucht nach Bremen – weiter über Kassel, Hanau nach Wertheim
1651	Laboratorium in Wertheim
1652/53	Laboratorium in Kitzingen
1654/55	Aufenthalte in Frankfurt am Main und Köln
1656	Endgültige Übersiedlung nach Amsterdam
1666	Schwere Erkrankung
1668	Verkauf der Laboreinrichtungen und Bücher
1670	Tod am 10. März (Grab in der Westerkerk in Amsterdam)



Abbildung 2:
Titelblatt
einer Glauber-
Gesamtausgabe
- Calvörsche
Bibliothek in der
UB Clausthal

von Glauber geheimgehaltene Verfahren sogar zum Kauf an und versuchte darüber hinaus, ihn durch böartige Schriften zu verleumden. Dieser Streit schlug sich in mehreren Schriften Glaubers nieder, die später eine wertvolle Quelle zur Biographie Glaubers bilden sollten (2).

1654 zog Glauber bereits von Kitzingen nach Frankfurt am Main, wozu ihn nach eigenen Angaben Anfeindungen und Bedrohungen von Büttnern wegen des Ankaufs größerer Mengen von Weinhefe gezwungen hätten. Dort mietete er ein Haus des Patriziers und Ratsherrn Johann von Holtzhausen. Nach Ablauf des einjährigen Mietvertrages gelangte er über einen kurzen Zwischenaufenthalt in Köln, wo er als Berater in Bergwerksfragen tätig wird, wieder nach Amsterdam.

Die letzten Jahre Glaubers sind von Krankheiten überschattet, er kann nicht mehr im Laboratorium arbeiten. 1667 bezieht er kleines Haus an der Loiersgracht. Er widmet sich jedoch weiterhin dem Schreiben seiner Werke, jetzt meist mit esoterischen Inhalten. 1668 bietet er seine noch vorhandenen Laborgeräte, Chemikalien und Bücher zum Kauf an. 1715 erscheinen seine Werke unter dem Titel „Glauberus concentratus Oder Kern der Glauberischen Schriften“ (Abbildung 2).

Glaubers *philosophische Öfen*

1646 veröffentlichte Glauber in Amsterdam sein Werk „Furni novi Philosophici...“ (Abbildung 3) in zwei Teilen, das mehrfach nachgedruckt wurde und in deutscher, lateinischer, englischer und franzö-

sischer Sprache erschien. Er konstruierte und verbesserte zahlreiche Öfen für sehr unterschiedliche Anwendungen, vor allem zum Destillieren und Sublimieren aber auch für metallurgische Arbeiten, zum Schmelzen und zur Metallgewinnung. Ein Ofen, in dem sehr hohe Temperaturen erreicht werden konnten, beschreibt er im ersten Teil seines Werkes: In diesem Ofen werden Stoffe direkt auf glühende Kohle gegeben. Auf diese Weise gewann Glauber Mineralsäuren und Sublimate. Insgesamt gibt Glauber Anleitungen zum Bau von vier „Philosophischen Öfen“. Er beschreibt detailliert die Arbeiten, die man mit diesen Öfen ausführen kann – bis zur trockenen Destillation von Zersetzungsprodukten aus pflanzlichen und tierischen Stoffen im zweiten Teil des Werkes. In Anhängen erfahren wir Einzelheiten über von ihm entwickelte weitere Laboratoriumsgeräte, über Kunstkniffe und spezielle Handgriffe (s. auch Abbildung 4).

Der organische Chemiker und Chemiehistoriker Paul Walden (1863-1957) bescheinigte Glauber, dass dieser durch seine Studien über das Verhalten organischer Naturstoffe bei höheren Temperaturen, durch seine Arbeiten mit den Destilliergeräten, Vorarbeiten geleistet habe, die, in unabhängiger Weise erst im 19. Jahrhundert durch Neuentdeckungen zum Besitz der Chemie geworden seien. (3)

Glauber reinigte z.B. den „Weingeist“, der Spiritus vini oder ardens, durch eine fraktionierte Destillation und Rektifikation – bei der Rektifikation (Gegenstromdestillation) wird der Gemischdampf in einer Kolonne mit herabfließendem Kondensat (Rücklauf) in Kontakt gebracht. Glauber entwässerte (oder dephlegmierte) den Alkohol über geglühter Pottasche (Kaliumcarbonat), also über Kaliumoxid. Beim „Dephlegmieren“ wird ein Kühler verwendet, dessen Kühlwassertemperatur nur wenig unter der Siedetemperatur des schwerer siedenden Anteils liegt. Das erste große Destillierbuch erschien 1512 unter dem Titel „Liber de arte distillandi de compositis“ von Hieronymus Brunschwig (1430-1513). Eine breite und technische Anwendung fanden Glaubers Destillationsverfahren aber erst im 19. Jahrhundert.

Durch die gezielte Anwendung seiner Destillationskunst und der „philosophischen Öfen“ (abgeleitet von Naturphilosophie in der Bedeutung von Naturwissenschaft) gewann er auch Ethylchlorid. Glauber schrieb: „*Wann man zu einem solchen starken Spiritus Salis (Salzsäure) einen dephlegmirten Spiritum Vini geust (gießt) und eine Zeitlang digerirt, so macht er bei dem Spiritu Vini eine Scheidung, tödtet sein Sal volatile, dass ein liebliches klares Oleum Vini oben auff schwimmt.*“ Ethylchlorid bildet eine farblose Flüssigkeit von durchdringend ätherischem Geruch; auch dieser Stoff wurde erst im 19. Jahrhundert näher untersucht.

In einem der zahlreichen Kapitel seines Werkes hat Glauber erstmalig die Destillation des Holzes-



Abbildung 3: Titelseite mit „Philosophischen Öfen“

sigs durch trockene Destillation beschrieben. Er berichtet „Wie man einen sauren Spiritum oder Acetum von allen vegetabilischen Dingen, als Kräutern, Hölzern, Wurtzeln, Samen und dergleichen machen soll.“ Seinen Darstellungen ist zu entnehmen, dass er bei der Destillation von Holz ein Produkt erhielt, das er „Holzsäure“ nannte, die im Geschmack dem gewöhnlichen Essig gleich komme. Er betrachtet dieses „Holzsäure“ als gleichwertig mit dem Acetum vini, dem Weinessig. Er stellt weiterhin durch die Umsetzung mit „Holzasche“ das Kaliumacetat her und beschreibt es als ein schönes, helles und klares Salz, das nicht laugig, sondern „lieblich“ an Geschmack sei. Erst in der Mitte des 19. Jahrhunderts wandten sich die Chemiker erneut dem Holzessig zu, so z.B. 200 Jahre nach Glaubers Veröffentlichung in „Muspratt`s enzyklopädischem Handbuch der technischen Chemie“ (2. Auf. 1866) nachzulesen. Und wiederum fast 150 Jahre später wird die Holzdestillation noch immer u.a. zur Gewinnung von Essigsäure eingesetzt.

Nicht nur in seinem Werk über die *Furni*, sondern auch in seiner *Spagyrica* (s. Kasten S. 333) beschreibt Glauber zahlreiche Destillationsverfahren, u.a. auch die Gewinnung von *Olea aromatum*. Er übergießt zunächst die zerkleinerten Pflanzenteile mit Salzwasser, lässt sie darin einige Tage stehen und unterwirft sie dann der Destillation. Die obere Ölschicht des wasserhaltigen Destillats wird durch ein hitziges Scheide-Gefäß abgetrennt und rektifiziert. Auch beschreibt er die mehrmalige Wiederholung der fraktionierten Destillation, durchgeführt über ein calciniert Salz zum Zweck der Entwässerung (*Dephlegmirung*): „Darbey sie dann ihre verborgene Wässerigkeit lassen

und ganz subtil übergehen.“ Auch übergießt er zur Erhöhung der Ausbeute Pflanzenteile mit Salzsäure und beobachtet beim Destillieren: „es steigt mit wenig Phlegmate alles Oel über, dann der Spiritus Salis durchdringet wegen seiner Schärffe das Lignum, machet das Oel ledig, dass es desto lieber übersteiget.“ Und er fährt fort: „...Wilt du nun das übergegangene Oelum noch lieblicher haben, so rectificire es noch einmal mit frischen Spiritus Salis, so oft, biß es dir an Geruch und Farb gefällig ist.“ (4)

Der Chemiehistoriker Pietsch (5) beurteilt Glaubers erstes Werk *Furni novi philosophici* wie folgt: „Dieses Werk muß eine Fundgrube für den zeitgenössischen Chemiker gewesen sein: es vermittelte die Bekanntschaft mit zahlreichen neuen oder wesentlich verbesserten Geräten, es führte zu Einsichten in wohl durchdachte Arbeitsmethoden, in Verfahrensweisen für die Herstellung von Verbindungen sowie zur Trennung von Substanzgemischen, die gegenüber von Verfahren, die von früheren Chemikern beschrieben worden waren – sofern es sich nicht überhaupt um neu dargelegte Wege handelt – zu erheblich größerer Reinheit der Substanzen führten, gewährleistet durch die Zuverlässigkeit seiner Destillationsmethoden und Apparate.“

Das Glaubersalz und sein Werk *Natura salium*

In seiner Schrift *De Natura salium* (Amsterdam 1658) bezeichnet Glauber das Natriumsulfat bereits als *Sal*

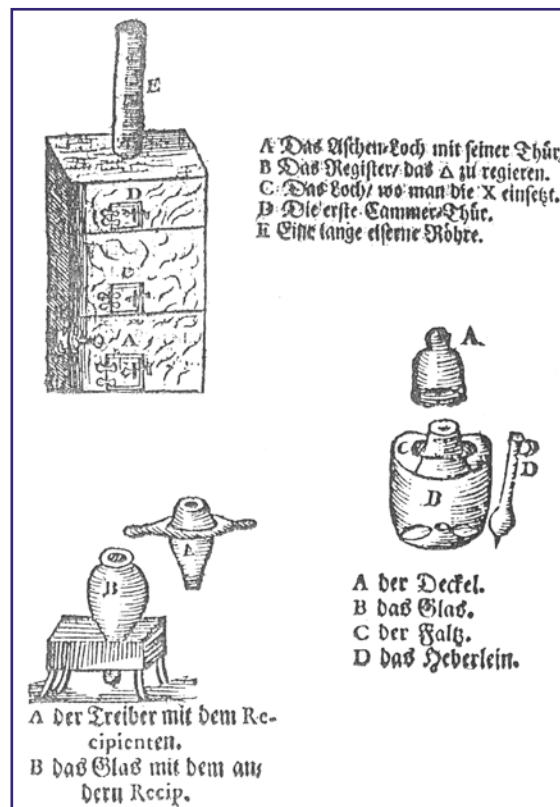


Abbildung 4: Öfen aus „Philosophischer Oefen Vierdter Theil“ (1650)

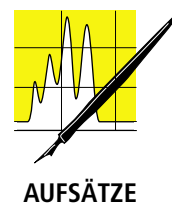
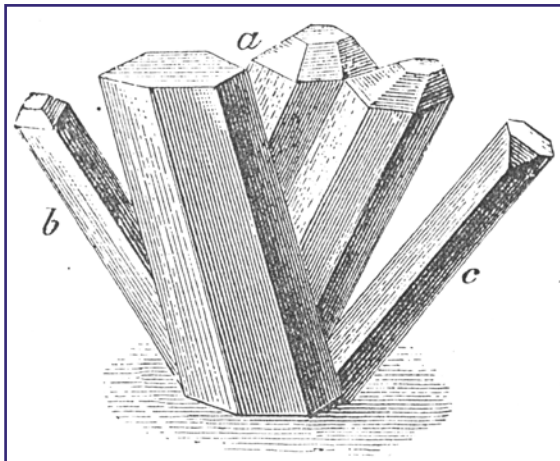


Abbildung 5:
Kristalle des
Glaubersalzes
aus: G. A.
Buchheister und
G. Ottersbach,
Handbuch der
Drogisten-Praxis,
12. Aufl., Berlin
1917 - s. auch
Text



mirabile. Und er beschreibt die Eigenschaften dieses Salzes mit folgenden Worten: „Von der eusserlichen Gestalt/ Farb/ Geschmack/ und Geruch des Salis Mirabilis: Dieses Saltz/ wanns wohlbereitet/ ist es anzusehen/ wie ein gefroren Wasser oder Eis; langlicht wie ein Salpeter angeschossen/ gantz hell und durchsichtig; auff der Zungen leicht schmelzend wie ein Eiß; am geschmack nicht scharff oder sonderlich gesaltzen; doch etwas adstringirent; auff glühende Kohlen gelegt nicht springend wie ein gemein Kochsaltz; noch brennend/ wie ein Salpeter/ sondern keinen Geruch von sich gebende/ sich glühen lest/ welches sonst kein Saltz zuthun pflaget.“

Im „Handbuch der Drogisten-Praxis“ von 1917 (6) wird das „Sal mirabile Glaubéri“ als „Natriumsulfat. Schwefelsaures Natrium. Glaubersalz...“ mit der Formel $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 10 \text{H}_2\text{O} = 322,23$ wie folgt ausführlich beschrieben – zugleich als Anregung für ein interessantes Experiment:

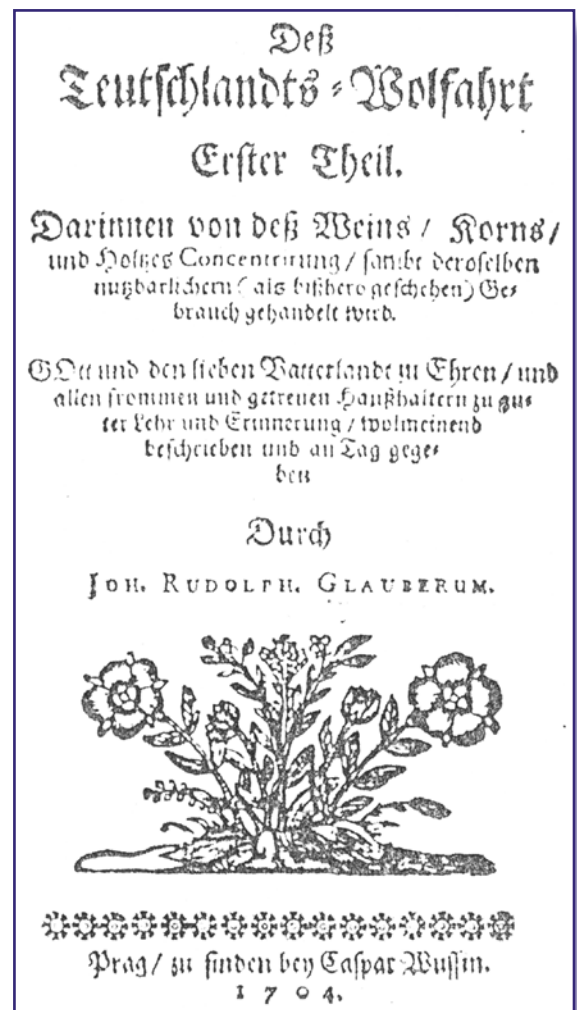
„Große, säulenförmige, durchsichtige, an der Luft verwitternde Kristalle (Abbildung 5), die bei höheren Wärmegraden sehr leicht in ihrem Kristallwasser schmelzen und es schließlich bis auf 1 Molekül H_2O verlieren. Natriumsulfat ist geruchlos, von unangenehm, salzigen Geschmack; löslich in 3 Teilen kaltem, in 0,4 Teilen kochendem Wasser, unlöslich in Weingeist. 100 Teile Wasser lösen bei 33° 322,67 Teile Natriumsulfat auf. Läßt man eine solche gesättigte Lösung ruhig und vor Staub geschützt abkühlen, so scheiden sich für gewöhnlich keine Kristalle aus, sondern man erhält eine sog. übersättigte Lösung, indem sich ein Salz mit weniger Kristallwasser gebildet hat. $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 7 \text{H}_2\text{O}$. Läßt man aber einen kleinen Kristall von gewöhnlichem Glaubersalz in die Lösung fallen, erstarrt diese sofort zu einem Kristallbrei, indem sich wieder Glaubersalz mit 10 Molekülen Kristallwasser bildet.“

Im zitierten Handbuch wird Glaubersalz als „unschädliches abführendes Mittel, auch bei Cholera und Darmerkrankungen in Gaben von 10-30 g“ zur Anwendung empfohlen. Bis heute ist das Natriumsulfat – seit dem 18. Jahrhundert in den Arzneibüchern

verzeichnet – als Laxans, auch als Diuretikum gebräuchlich. Bis einschließlich der siebenten Ausgabe des Deutschen Arzneibuches (DAB 7/1968) wurde das Natriumsulfat auch mit dem Namen Glaubersalz verzeichnet, danach wird es nur noch mit dem chemischen Namen genannt.

In seinem Werk *De Natura salium* beschreibt Glauber weiterhin die wichtigsten Salze, die zu seiner Zeit bekannt waren: Natriumchlorid, das Vitriol (Sulfate des Kupfers und Eisens), den Alaun (Kalium-Aluminium-Sulfat), den Salpeter (Kaliumnitrat), als *fixe salien* Kalium- und Natriumcarbonat (Pottasche und Soda) und den Salmiak (Ammoniumchlorid). Und er führt auch die Verwendungszwecke an – so diene das Seesalz (Sal gemmae: Natriumchlorid) zum Würzen und Konservieren, das Vitriol in der Färberei und zur Arzneibereitung, wie auch der Alaun. Der Salpeter werde „...zur Teufflischen composition des Büchsen-Pulver(s)...“, aber für Medikamente, zur Verbesserung der Metalle und zu vielen chemisch-handwerklichen Arbeiten verwendet (2). Für die *fixen salien* (gewonnen aus Holzasche) und auch Salmiak gibt er die Medizin und Alchemie, das Färben und Seifensieden als Bereiche der Verwendung an. Sulfate und Chloride

Abbildung 6: Titelseite der Prager Ausgabe über „Teutschlandts-Wolfart“ von 1704



stellte er auch durch die Umsetzung anderer Salze mit der von ihm gewonnenen Salz- bzw. Schwefelsäure her.

Im „Großen vollständigen Universal-Lexicon aller Wissenschaften und Künste“ des Leipziger Verlegers Johann Heinrich Zedler (1706-1763), erschienen 1732 bis 1754 in 64 Bänden, wird das Glaubersalz als „Wunderbares Saltz Glaubers, Sal Mirabile Glauberi“ und als „...ein vitriolisches, reines fixes Mittelsaltz, welches aus der Vitriolsäure und dem Alkali des Küchensaltzes bestehet...“ beschrieben. Die „Pharmacopoeia Wurtembergica“ von 1741 war das erste Arzneibuch, in welches das Glaubersalz aufgenommen wurde.

Teuschlands Wohlfahrt

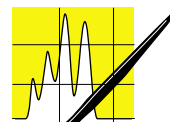
In diesem siebenteiligen Werk (Amsterdam 1656-1661) machte Glauber zahlreiche Vorschläge zur Hebung des Wohlstandes nach dem Dreißigjährigen Krieg (Abbildung 6). Es wird von Pharmazie- und Chemiehistorikern als ein kameralistisch orientiertes chemisches Werk bezeichnet – s. dazu in (2). Glauber fordert darin u.a. die Fürsten auf, Laboratorien zu unterhalten, die Maler, ihre Farben und Pigmente selbst herzustellen und auf Importe zu verzichten. Zu seinen allgemeinen Vorschlägen gehören die Nutzung heimischer Rohstoffe und die Gründung von Manufakturen. Glauber klagt darüber, dass seine deutschen Landsleute den natürlichen Reichtum ihres Landes nicht nutzen würden und ihre Zeit lieber dem Essen und Trinken als den Künsten und Wissenschaften widmen würden (2). Es würde zuviel Wein und Bier produziert, die wegen hoher Transportkosten kaum noch gewinnbringend abzusetzen seien. Daher schlägt er konkret z.B. vor, den Traubenmost bis zur Honigkonsistenz einzudicken, um ihn wirtschaftlicher lagern und transportieren zu können. Das Konzentrat sollte dann bei Bedarf mit Wasser verdünnt und erst dann vergoren werden. Korn sollte zu Malz verarbeitet werden. Weiterhin schlug er von ihm verbesserte Verfahren zu Gewinnung von Metallen aus Mineralien (Erzen) vor, beschäftigte sich mit der rationellen Gewinnung von Salpeter und der kostengünstigen Produktion von Mineralsäuren mit Hilfe der von ihm konstruierten Öfen.

Glaubers Name ist bis in unsere Zeit durch das von ihm erstmals in seiner Wirkung beschriebene Natriumsulfat bekannt geblieben. Sein umfangreiches Gesamtwerk macht aber auch seine Bedeutung als einer der Begründer der gewerblichen Chemie deutlich, als erfolgreicher Experimentator und Labortechniker und auch als Chemiatriker, d. h. als Vorläufer der pharmazeutischen Chemiker.

Literatur

- (1) Priesner, Claus und Karin Figala: Alchemie. Lexikon einer hermetischen Wissenschaft, Verlag C. H. Beck, München 1998.

- (2) Link, Arnulf: Johann Rudolph Glauber 1604-1670. Leben und Werk, Inaugural-Dissertation der Naturwiss.-Math. Gesamtfakultät der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg 1993.
- (3) Walden, Paul: Glauber, in: Bugge, G. (Hrsg.): Das Buch der großen Chemiker, Band I, Weinheim 1979.
- (4) Eschnauer, H.R. und G. Schwedt: Johann Rudolph Glauber. Alchemist, Chemiker, Arzt, Apotheker – Weinhändler und Oenologe -, Deutsches Weinbau-Jahrbuch 55, 337-344 (2004).
- (5) Pietsch, F.: Johann Rudolph Glauber. Der Mensch, sein Werk und seine Zeit. Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte 24, Heft 1 (1956).
- (6) Buchheister, G.A. und Georg Otterbach: Handbuch der Drogisten-Praxis. Ein Lehr- und Nachschlagbuch für Drogisten, Farbwarenhändler usw., 12. Aufl., Verlag von Julius Springer, Berlin 1917.



AUFSÄTZE

Zusammenstellung seiner Einzelwerke (Ersterscheinung) in deutscher Sprache (mit meist lateinischem Kurztitel)

- 1646 De Auri Tinctura Furni Novi Philosophici oder Beschreibung einer New-erfundenen Distillir-Kunst
- 1651 Operis Mineralis oder vieler künstlichen und nützlichen metallischen Arbeiten
- 1653 Miraculum Mundi oder: Außführliche Beschreibung der wunderbaren Natur...
- 1654 Auß der Weinhefen (...) Weinstein (...zu...) extrahiren Pharmacopaeae Spagyricae
- 1655 Apologia oder Vertheidigung gegen Christoff Farners Lügen und Ehrabschneidung
- 1656 Zweyte Apologia Des Teuschlands Wohlfart Glauberus Ridividus
- 1657 Tractatus de Medicina Universali (...) oder Außführliche Beschreibung einer wahren Universall Medicin ...
Trost Der Seefahrenten
Testimonium Veritatis oder Gründlicher beweis/ daß Farners Widerlegung oder Warnung (...) auß lauterem Neidt/ und Haß/ und viler erdichten Lügen...
- 1658 Tractatus De Natura salium
- 1660 Reicher Schatz= und Sammelkasten
- 1663 Libellus Ignium oder Feur Büchlein
Libellus Dialogorum oder Gespräch-Buchlein/ Zwischen einigen Liebhabern der Hermetischen Medicin, Tincturam Universalem betreffend.
Explication (...) über die Wohrten Salomonis
- 1664 Novum Lumem Chicum
- 1667 Kurtze Erklärung uber die Höllische Göttin Prosperpinam...
De tribus Lapidibus Ignium secretorum. Oder Von den drey Alleredelsten Gesteinen..
- 1668 De Elia Artista (...) Die Wahre Spagirische Medicin...
Di Purgatorio Philosophorum Oder Von dem Fegfeuer der Weisen...
Glauberus Concentratus Oder Laboratorium Catalogus
- 1669 De Igni Secreto Philosophorum Oder Geheimen Feuer der Weisen...
De Lapide Animale Oder Von dieser Animalischen Materi...

Vom Glühdraht zum Supermetall

Wolfgang Hasenpusch (Universität Siegen)

In Schmelz- und Siedepunkt übertrifft es kein anderes Element, seine Dichte liegt auf gleicher Höhe mit der des Goldes, und wenn es um die Härte geht, gehört es im Verbund mit Kohlenstoff zu den Widerstandsfähigsten unter den Metallen. Lange Zeit kümmerte sich kaum jemand um dieses Supermetall. Heute jedoch hat das Wolfram mannigfaltige Einsatzgebiete gefunden. Mit 80 Prozent der Weltproduktion im Jahre 2000 können die Chinesen den Metallpreis bestimmen. Und der schwankte in den letzten Jahren erheblich zwischen sieben und zwölf Euro je Kilogramm Wolframtrioxid.

1. Geschichte des Wolframs

Schon im Mittelalter wussten Bergleute im Erzgebirge, dass bestimmte Minerale bei der Zinn-Gewinnung aus Zinnstein, SnO_2 , die Reduktion mit Kohle stören und das Gewünschte Geschirrmetall Zinn verspröden. Sie nannten diese Minerale in der bildreichen Sprache des Mittelalters *Wolfram*, weil es das helle Zinn-Metall wegriß, wie der schwarze Wolf das weiße Lamm.

Es dauerte aber noch bis in das Jahr 1758, als der schwedische Chemiker und Mineraloge Axel Fredrik Cronstedt das außergewöhnlich gewichtige Mineral als *Tungsten* (= schwerer Stein) beschrieb. Im Jahre 1781 isolierte sein Landsmann, der Apotheker Carl Wilhelm Scheele daraus das Wolframtrioxid, WO_3 .

Zwei spanische Chemiker, die Brüder Fausto und Juan Jose Elhuyar de Suvisa konnten das Mineral Wolframit (Fe, MnWO_4) zwei Jahre später in reines Wolfram-Metall überführen.

Jöns Jacob Berzelius (1816) und später auch Friedrich Wöhler (1824) beschrieben die Oxide und Bronzen als Verbindungen des *Wolframs*. Die IUPAC (International Union of Pure and Allied Chemistry) empfiehlt heute, den noch in angelsächsischen Ländern

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.



gebräuchlichen Namen *Tungsten* zugunsten von *Wolfram* aufzugeben.

Erste Versuche, im Jahre 1855 die Produktion von Wolfram-Stählen aufzunehmen, scheiterten an dem hohen Preis.

Ende des 19. Jahrhunderts gelangten mit der Stahllegierung und der Stahlhärtung die ersten industriellen Anwendungen. Sie nahmen nach der Weltausstellung 1900 in Paris schnell größere Ausmaße an. Einen weiteren bedeutenden Anwendungsschritt gelang 1903 W. D. Coolidge durch Verfahren zur Herstellung von Wolfram-Pulver sowie feingezogener Drähte. Er legte damit die Grundlagen für die Wolfram-Pulvermetallurgie und die rasante Entwicklung der Lampen-Industrie.

Eine entscheidende Entwicklung lag auch in der Erfindung von Hartmetall: K. Schröter kombinierte 1923 Wolframcarbid, WC, und Kobalt durch Flüssig-Phasen-Sinterung. Heute liegt in der Herstellung von Hartmetall, dem Einschluss von Carbiden, die Hauptanwendung des Wolframs.

Das Zentrum der deutschen Wolfram-Chemie liegt im Harz. Die Firma H.C. Starck GmbH in Goslar, ein Unternehmen der Bayer AG, beteiligt sich zu einem großen Teil an der Versorgung der westlichen Welt mit Wolfram und seinen Produkten. Ihre historischen Wurzeln der Wolfram-Aufarbeitung reichen bis in das Jahr 1889 zurück. Die H.C. Stark GmbH zählt neben Osram Sylvania, Pennsylvania (USA) zu den bedeutendsten Herstellern von Wolfram und Wolframprodukten. Das Recycling industrieller Wolfram-Rückstände hat wie bei den Edelmetallen eine große Bedeutung. Zur wachsenden Bedarfsdeckung müssen aber auch Ausgangskonzentrate importiert werden.

2. Vorkommen, Mengen und Preise

Wolfram lässt sich, trotz seiner chemischen Resistenz gegen Sauerstoff, Säuren und Laugen, in der Natur nicht gediegen finden. Erst in den letzten Jahrzehnten fand man in China große Erzvorkommen. Mussten durch den Preisverfall des Metalls schon einige Minen schließen, wird der Preis seit einigen Jahren von der Chinesischen Regierung immer wieder abrupt in die Höhe getrieben.

2.1 Vorkommen und Mengen

In der bis auf 16 Kilometer Tiefe untersuchten Erdkruste liegt der Wolfram-Gehalt bei 0,5 bis 64 ppm. So weit differieren die Angaben. In den Weltmeeren ist es mit 10^{-6} ppm praktisch nicht vorhanden. Grö-

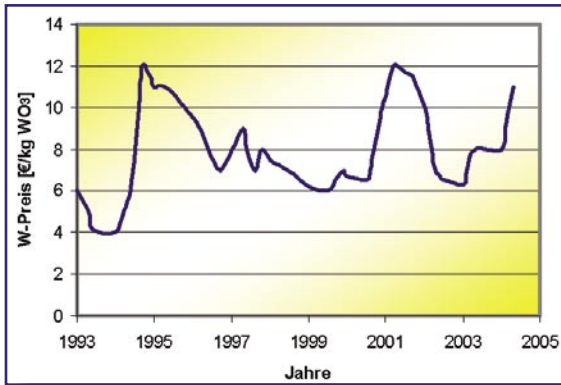


Abbildung 1: Internationaler Wolfram-Preis [Euro/kg WO₃]

Bere Lagerstätten findet man in China und Russland. Reserven liegen auch in Kanada, Kasachstan und den USA.

In der Natur kommt das Wolfram in der Oxidationszahl +6 als Wolframat im Wolframit (Fe,MnWO₄), als Scheelit (CaWO₄) und Stolzit oder Scheelbleierz (PbWO₄) vor.

Auf dem Weltmarkt liegen die gehandelten Wolframmengen seit einiger Zeit über 40 000 Tonnen pro Jahr. Das Metall wird zumeist als Ammoniumparawolframat, NH₄WO₃, mit einem Wolframtrioxid-Gehalt von 89 Prozent aus China auf den westlichen Markt gebracht. Aus dem Bereich der früheren Sowjetunion gelangt auch reines Wolframtrioxid (99,5 Prozent) in den Handel.

Wolframit, Fe/MnWO₄, enthält neben einer Reihe von Verunreinigungen, wie Kieselsäure, SiO₂ (bis sieben Prozent), Arsen (0,2-1,0 Prozent), Calcium, Zinn und Phosphor (bis ein Prozent) sowie Kupfer und Molybdän (bis 0,4 Prozent) mindestens 65 Prozent WO₃. Im Scheelit, CaWO₄, liegt der Calcium-Gehalt naturgemäß höher. Aber auch dieses Wolfram-Mineral wird nach dem Gehalt an Wolframtrioxid gehandelt.

Im Jahre 2001 lag die Weltproduktion an Wolfram bei 44 600 Tonnen. Davon entfielen 37 000 auf China, 3 600 auf Russland und 1 700 Tonnen auf Österreich. Nicht zu vernachlässigen ist das Recycling aus Industrie-Rückläufen: In den USA machte das Wolfram-Recycling im Jahre 2001 etwa 6 000 Tonnen aus, entsprechend 43 Prozent des gesamten Wolfram-Verbrauches.

2.2 Wolfram-Preise

Der Preis für Wolframtrioxid, wie es international angegeben wird, lag vor 45 Jahren einmal relativ niedrig: Das Kilo war noch für wenige DM erhältlich, wie im Handbuch für Metallmärkte (Springer-Verlag) nachzulesen ist. Heute schwankt der Kilo-Preis für Wolframtrioxid stark zwischen sieben und zwölf Euro (Abbildung 1). Für das reine Wolfram-Pulver muss man mit über 15 Euro je nach Reinheit, Spezifikation und Los-Größe rechnen. Labormengen bieten die Chemikalien-Kataloge mit Preisen von über 100 Euro pro Kilogramm an.

3. Physikalische und chemische Eigenschaften

Wolfram verhält sich mit dem im Periodensystem der Elemente darunter platzierten Molybdän sehr ähnlich. Dennoch bestehen erstaunliche Unterschiede: Wolfram findet sich beispielsweise in der Natur fast ausschließlich in Form der Sauerstoff-Verbindungen, der Wolframate, während Molybdän überwiegend als Sulfid, MoS₂, anzutreffen ist. Auch wurde für Wolfram bisher keine biologische Wirksamkeit gefunden. Eine besondere Eigenart von Molybdän und Wolfram ist die Bildung von Iso- und Heteropolysäuren.

3.1 Physikalische Eigenschaften

Vom Wolfram mit der Ordnungszahl 74 existiert eine ganze Reihe stabiler Isotope, die zu einem Atomgewicht von 183,84 führen:

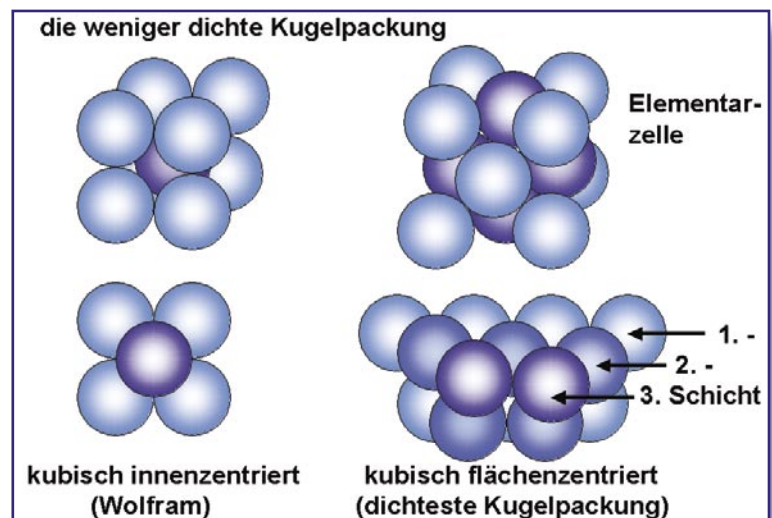
Isotop:	Häufigkeit:	
180	0,13	%
182	26,31	
183	14,30	
184	30,65	
186	28,61	
	<hr/>	
	100,00	%

Auffällig ist die hohe Dichte des Metalls: mit 19,30, entsprechend einem Molvolumen von 9,47 [Liter/Mol], liegt es auf gleicher Höhe mit der des Goldes. Diese Tatsache hat so manchen Ganoven auf dumme Gedanken gebracht. Die Asservaten-Kammern der Edelmetallscheidereien bergen so manche Materialstücke und Versuche, Gold durch das wesentlich billigere Wolfram zu ersetzen. Ein Grund, weshalb auch Banken über Goldbarren-Prüfgeräte verfügen, um nicht durch einen Goldbarren mit Wolfram-Inlay hereingelegt zu werden. Wolfram-Pulver mit einer Durchschnittskorngröße von etwa 30 Mikrometer besitzt immerhin noch eine Klopfdichte von elf bis zwölf Gramm pro Kubikzentimeter.



AUFsätze

Abbildung 2: Elementarzelle des Wolframs



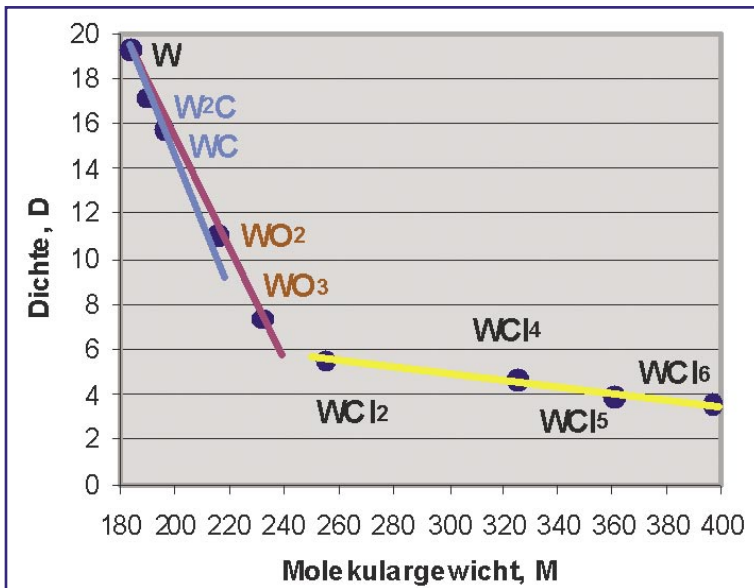


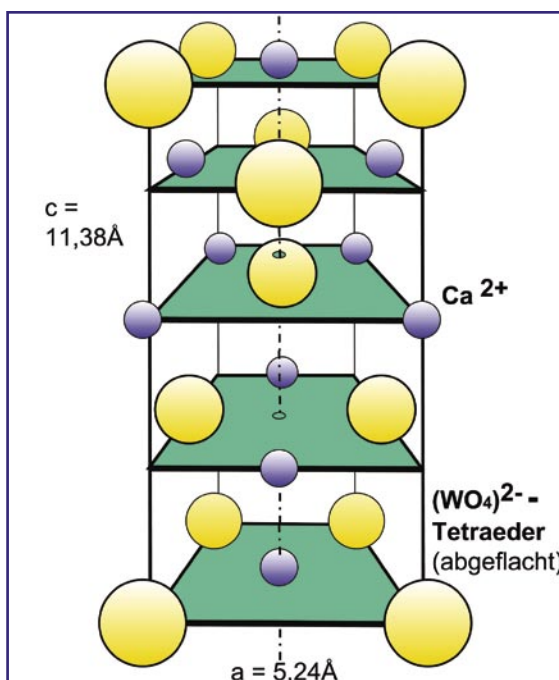
Abbildung 3:
Dichte von
Wolfram-
Verbindungen.

Schmelz- und Siedepunkt des Wolframs mit 3422 und 5555 Grad Celsius sind unter den Elementen unübertroffen. Allerdings findet man in der Literatur auch 3400 und 5900 Grad Celsius.

Der Atomradius von 135 Pikometer (1,35Å), der deutlich von dem aus Atomgitterabständen berechneten Radius von 193Pikometer abweicht, sowie die Elektronenkonfiguration [Xe] 4f¹⁴ 5d⁴ 6s² strukturieren das Metallgitter kubisch raumzentriert (Abbildung 2), also in der weniger dichten Kugelpackung, wie auch die Alkalimetalle und das Barium sowie die in der Mitte des Periodensystems stehenden Elemente V, Cr, Fe; Nb, Mo und Ta.

Reines Wolfram lässt sich wegen seiner Duktilität gut schmieden und verformen. Man kann es sogar unter hohem Druck extrudieren. Verunreinigungen,

Abbildung 4:
Scheelit-Struktur,
CoWO₄
(schematisch).



besonders auch Kohlenstoff, bewirken schon in geringen Konzentrationen eine deutliche Versprödung des Metalls. Die Härte des Elements steigt mit dem Kohlenstoffgehalt. Reines Metall weist eine Mohs-Härte von lediglich 4,5 auf. Das entspricht der Härte unseres Zahnschmelzes.

Übliches Wolfram kann aber auch durch Fremdelement-Spuren eine entsprechende Härte von acht erreichen. Für die Brinell-Härte (Kugeleindruck) sind in der Literatur Werte um 250 zu finden. Wolfram besitzt so gemeinsam mit dem Vanadium die größte Härte aller Metalle.

Die elektrische Leitfähigkeit des Wolframs liegt mit $18,9 \cdot 10^6$ pro Meter mal Ohm bei 28 Prozent von der des Silbers, die thermische Leitfähigkeit (27 Grad Celsius) mit 1,74 Watt pro Zentimeter mal Kelvin sogar bei 40 Prozent der des Silbers.

Unter allen Metallen besitzt das Wolfram die geringste thermische Ausdehnung. Der lineare Ausdehnungs-Koeffizient beträgt nur $4,5 \cdot 10^{-6}$ pro Kelvin. Die spezifische Wärmekapazität liegt bei 130 Joule pro Kilogramm mal Kelvin.

Linus Pauling plazierte die Elektronegativität auf seiner Skala von 0 bis 4 bei 1,7 bis 2,36 (differierende Angaben). Vom Wolfram sind in der Tat auch Verbindungen mit den Oxidationsstufen -1 und -2 bekannt.

Während sich der Schall in tockener Luft bei Null Grad Celsius mit einer Geschwindigkeit von 332 Meter pro Sekunde ausbreitet und in Wasser schon 1407 Meter pro Sekunde schnell ist, liegt die Schallausbreitung in Wolfram wellenlängenunabhängig bei 5174 Meter pro Sekunde. Übertroffen wird sie in Quarz mit 5370 Meter pro Sekunde. Zusammen mit der Dichte führt die Schallgeschwindigkeit c in stabförmigen Körpern über die Gleichung:

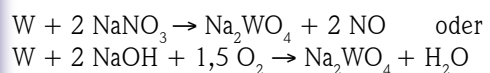
$$\text{Dichte } \times (\text{Schallgeschwindigkeit})^2 = E,$$

zum Elastizitätsmodul E .

Für die Kernresonanz-Spektroskopie hat das Wolfram-Isotop 183 Bedeutung.

3.2 Chemische Eigenschaften

Wolfram reagiert aufgrund einer dichten Passivschicht bei moderaten Temperaturen nicht mit Sauerstoff, Säuren oder Laugen. Nur sehr langsam wird es von einer Salpetersäure-Flußsäure-Mischung aufgelöst. Alkalische Oxidationsschmelzen greifen das Metall schnell an. So oxidieren Soda-Salpeter-Schmelzen bei 800 Grad Celsius oder Natronlauge unter Druck zum Natriumwolframat(VI):



In den Verbindungen bevorzugt Wolfram die Oxidationsstufe +6, ist aber auch in 2, 3-, 4- und 5-wertiger Wertigkeit anzutreffen.

Durch Behandlung mit Calciumchlorid und Salzsäure erhält man die schwerlösliche Wolframsäure, H₂WO₄

oder $\text{WO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Durch glühen ist das gelbe Wolframtrioxid, WO_3 , zugänglich, das mit Wasserstoff zum Metall reduziert wird. Da mit Wasserstoff reduzierte Metallpulver auch erhebliche Wasserstoff-Mengen in ihren Gittern eingelagern und dadurch pyrophor (= selbstentzündlich) wirken, ist eine thermische Nachbehandlung unter Inertgas empfehlenswert.

Heißes Wolfram reagiert auch mit Wasserdampf. Von Fluor wird es schon bei Raumtemperatur angegriffen. Für die übrigen Halogene sind höhere Temperaturen (Chlor: 300, Brom, Iod: 500 Grad Celsius) notwendig. Die Chemie des Wolframs gehört ähnlich der des Molybdäns zu den komplexesten aller Metalle.

3.3 Chemische Verbindungen des Wolframs

Vom Wolfram sind die Carbide W_2C und WC , die Oxide WO_2 und WO_3 sowie die Chloride WCl_2 , WCl_4 , WCl_5 und WCl_6 bekannt und gut untersucht. Ihre Dichten liegen im Vergleich zum Molekulargewicht jeweils auf Geraden der Gleichungen

für Wolfram und Carbide: $D = -0,314 M + 77,2$;
 für Wolfram und Oxide: $D = -0,259 M + 67,3$ und
 für Wolframchloride: $D = -0,0136 M + 8,9$
 (Abbildung 3).

Wolframtrioxid, WO_3 , stellt eine der wichtigsten Verbindungen des Wolframs dar. Die zitronengelben Kristalle schmelzen erst bei 1200 Grad Celsius. Das violette Pentoxid, W_2O_5 , lässt sich in der Wärme von Säuren lösen. Es ist aus dem Trioxid mit Wolframpulver bei 750 Grad Celsius herstellbar.

Feuchtes Wolframtrioxid überzieht sich schon bei der UV-Licht-Bestrahlung mit einem blauen Schimmer durch Reduktion zu fünfwertigen Wolframverbindungen.

Mit Natronlauge werden die Oxide zum Wolframat überführt. Von diesem zweiwertigem Anion, das auch in der Natur weit verbreitet ist, sind eine Reihe von Metallsalzen bekannt. Sie kristallisieren im Wolframit (FeWO_4), wie Wolframate mit Mg, Mn, Co, Ni und Zn, oder im Scheelit-Gitter (CaWO_4) (Abbildung 4).

In der Wolframit-Struktur liegen abgeflachte WO_4 -Tetraeder vor, wobei die Eisen-Ionen von sechs Sauerstoffatomen verzerrt oktaedrisch umgeben sind. Größere Kationen mit einem Radius über 0,95 Ångström formieren sich im Kristallgitter zum Scheelit-Typ, bei dem sie die Koordinationszahl 8 einnehmen.

Eigenartigerweise zeigt sich die Beziehung der Dichten in Abhängigkeit vom Molekulargewicht, unabhängig vom Kristall-Typ, in einer dornförmigen Graphik mit dem Kobalt(II)wolframat an der Spitze (Abbildung 5).

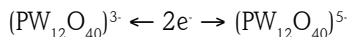
Die Wasser-Löslichkeit der Schwermetallwolframate ist durchweg sehr gering. Für die Blei-, Silber- und Kupferwolframate beschreibt die Literatur 0,03; 0,05 und 0,1 Prozent. Die Löslichkeit des Scheelits liegt mit 6,4 ppm noch weit darunter. Die Natrium- und Kaliumverbindungen lösen sich dagegen mit ca. 55g/100g Wasser (20°C) relativ gut.

Reduziert man das Natriumwolframat bei Rotglut mit Wasserstoff, so entstehen „Wolfram-Bronzen“ vom Typ „ Na_nWO_3 “. Ihre Farbe variiert stark mit der nicht-stöchiometrischen Zusammensetzung von $n=0,9$ (goldgelb) und $n=0,3$ (blauviolett).

Mit sinkendem pH-Wert unterhalb 6,7 entstehen aus den Wolframaten, isomorph mit den Molybdaten, die „Isopolyverbindungen“ bestimmter Zusammensetzung: $(\text{W}_{12}\text{O}_{41})^{10-}$ (Parawolframat) oder $(\text{W}_{12}\text{O}_{39})^{6-}$ (Metawolframat).

Mit anderen Oxoanionen, wie PO_4^{3-} oder SiO_4^{4-} und vielen anderen Heteroatomen, bilden die Isopolywolframate eine Reihe von Heteropoly-Verbindungen. Sie sind gut in Wasser und sauerstoffhaltigen organischen Lösungsmitteln (Alkohole, Ketone, Ether) löslich.

Der Wertigkeitswechsel von Heteropolyverbindungen, der mit einem Farbwechsel einhergeht, lässt sich auch industriell in der Kommunikations-Technik nutzen:



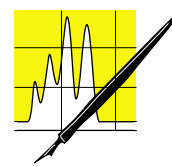
Die Chemie der Halogenide ähnelt der vieler anderer Übergangsmetalle. Das Wolframpentachlorid setzt sich mit Ammoniumhalogenid zum grünen Hexahalogenwolframat(V) um, das bei auf 300 Grad Celsius reversibel zum roten Salz mit der vierwertigen Oxidationsstufe disproportioniert:



Daneben sind auch kondensierte Verbindungen, wie beispielsweise $(\text{W}_2\text{Cl}_9)^{3-}$ und $(\text{W}_6\text{Cl}_{12})^{6+}$ bekannt.

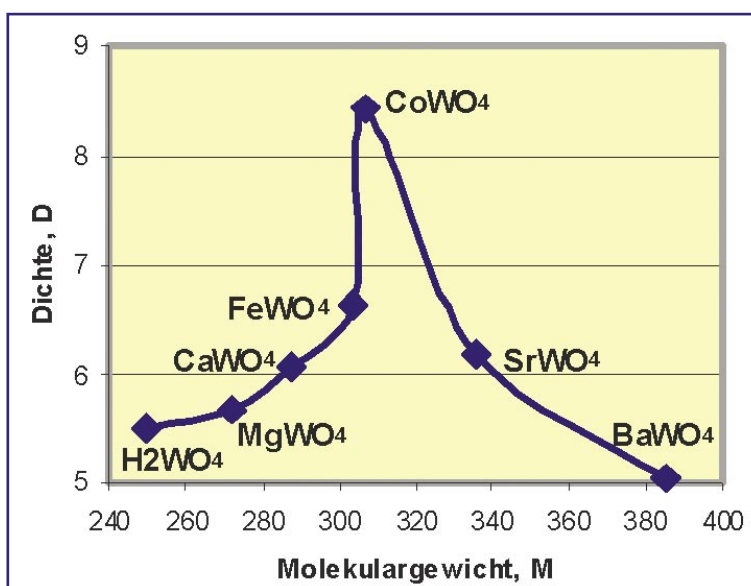
Cyanokomplexe kommen in der Regel in Form der Octacyanowolframate, $[\text{W}(\text{CN})_8]^{4-}$ vor.

In niedrigen Oxidationsstufen bilden Wolfram- und Molybdän-Verbindungen Metall-Cluster, bei denen die Struktureinheit $(\text{M}_6\text{X}_8)^{4+}$ zugrunde liegt. Die Metallatome bilden einen regulären Oktaeder, über deren acht Seiten beispielsweise Halogenide verteilt sind.



AUFSÄTZE

Abbildung 5: Dichte der Wolframate.



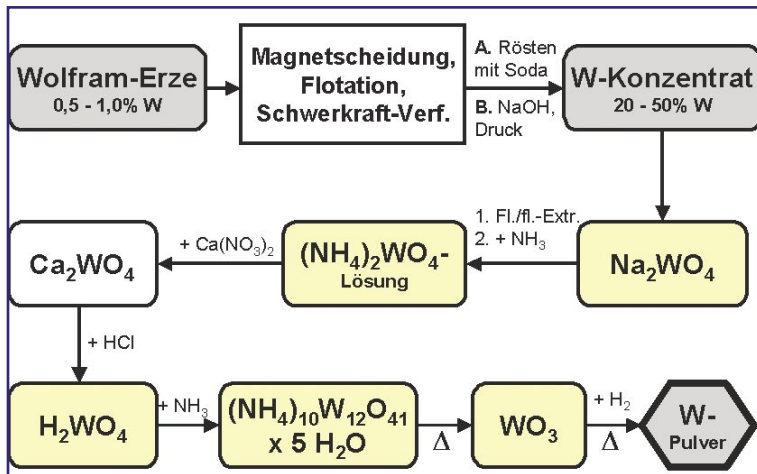


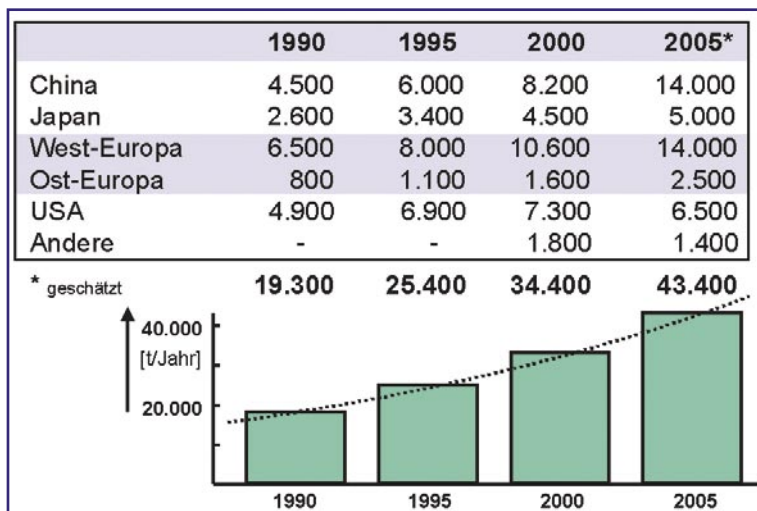
Abbildung 6: Herstellung und Recycling von Wolfram.

4. Herstellung von Wolfram

Bei der Suche nach Wolframern kommt den Prospektierern die Fluoreszenz der Scheelite zu gute. Das Wolframit ist dagegen magnetisch und kann mit Magnetabscheidern leicht von der Gangart abgetrennt werden. Auf diese Weise sind aus den Wolframern mit Metallgehalten im Prozentbereich Konzentrate bis zu 60 Prozent erreichbar. Durch Oxidation und Drucklaugungen in konzentrierter Natronlauge lässt sich das Wolfram in die Form löslicher Wolframate überführen. Nachfolgende Fällungs- und Filtrationsprozesse dienen der Abtrennung von Begleitstoffen, die sich in der Natriumwolframat-Lösung befinden. Die Solvent-Extraktion der Wolframat-Anionen mit anschließender Ammoniak-Reextraktion sind weitere Schritte zur Erzeugung hochreinen Ammonium-Parawolframats, das durch Eindampfen der ammoniakalischen Lösung entsteht.

Über Kalzination des gewonnenen Ammonium-Parawolframats erhält man das gelbe Wolframtrioxid, das mit Wasserstoff zum Metall reduziert wird. Abbildung 6 gibt den Herstellungsverlauf schematisch wieder.

Abbildung 7: Hartmetall-Produktion.



Für die Herstellung hochreiner Wolfram-Spezifikationen kommt das Zonenschmelz-Verfahren oder die Hochtemperatur-Chlorierung zum Einsatz. Kompakte Metallstücke und Halbzeuge, wie Drähte, Bleche und Profile entstehen durch Verdichtung und Druckverformung. Ein Großteil des Wolframs stammt auch aus recycelten Industrie-Schrotten. Sie stellen eine wertvolle Rohstoffquelle dar. Ihr Aufarbeitungsweg entspricht dem der Erzkonzentrate.

5. Anwendungen des Wolframs

Die Hauptanwendungen liegen in den exzeptionellen Eigenschaften dieses Metalls: Die Hitzebeständigkeit und die Duktilität des reinen Wolframs ebenso wie die gute Stromleitfähigkeit haben das Metall zu einem idealen Glühlampen-Material werden lassen. Auch die Schweißtechnik bedient sich in ihrem WIG (Wolfram-Inertgas)-Verfahren der Hitzebeständigkeit und Härte des Metalls und seiner Legierungen.

Die Hitzebeständigkeit des Metalls wird auch in Heizleitern von Hochtemperaturöfen, Raketenspitzen und -düsen sowie Hitzeschilden in der Raumfahrt genutzt.

Hartmetall-Legierungen, wie das Ferro-Wolfram mit 60-80 Prozent Wolfram dienen zur Herstellung von Spezialstählen, die sich durch extreme Härte und Hitzebeständigkeit auszeichnen. Aus ihnen werden Schneidwerkzeuge und Gewindebohrer gefertigt. Auch Wolframcarbid eignen sich als härtende Zusätze für diese Anwendungen. Den leicht überproportional zunehmenden Einsatz von Hartmetallen auf der Welt, mit den Schwerpunkten im Erzeugerland China und Europa, zeigt die Abbildung 7.

Als Legierungsbestandteil von Stahllegierungen findet Wolfram seit über 70 Jahren breiten Einsatz auf der ganzen Welt, besonders aber in China (Abbildung 8). Verschleißfeste Schnellarbeitsstähle sowie Wälzlager, Werkzeug- und Sägestähle enthalten bis zu 20 Prozent Wolfram. In der Radio-Chemie, wie sie in Kliniken, Instituten und der Industrie betrieben wird, dient Wolfram als Strahlungsschutz.

Die hohe Dichte macht das Wolfram attraktiv für Schwungmassen von Armbanduhren bis in größeren Motoren.

Als Pulver in Kunststoffen eingebettet, kann Wolfram andere Metalle ökonomisch durch verbesserte Eigenschaften ersetzen.

Besonders nutzen Sportschützen, Polizei und Militär die Vorteile des Wolframs gegenüber denen des herkömmlichen Bleis in Geschossprojektilen:

- Wolfram ist als Metall nicht giftig und in der Natur nicht korrosiv,
- Geschosse erreichen eine höhere Drehgeschwindigkeit und damit auch bessere Stabilität,
- konventionelle Geschosse können bei gleichem Gewicht und geringerem Volumen mit zusätzlichem Pulver gefüllt werden,

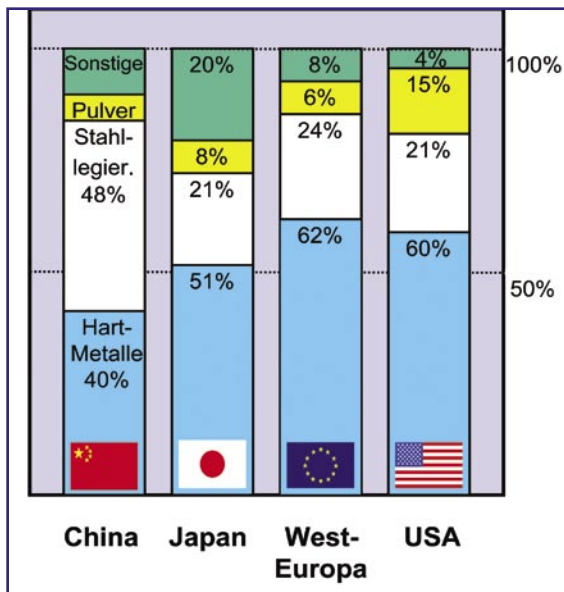


Abbildung 8: Prozentuale Verwendung von Wolfram

- die Lage des Geschoss-Schwerpunktes ist ausballancierbar,
- durch die höhere Geschoss-Energie kann der Materialdurchschlag im Ziel reduziert werden.

Auch beim Ersatz des Bleis in Tauchgewichten versprechen sich die Hersteller, dass

- weniger Gift in die Umwelt gelangt,
- Wolfram-Pulver in Kunststoffsäckchen sich angenehmer an die Haut schmiegt als Bleischrot oder gar kompakte Bleigewichte,
- kleinvolumige Gewichtsbeutel mit Wolframpulver direkt in den Tauchanzug gesteckt werden können, was besonders für Handicap-Taucher von Vorteil sein kann,
- das geringere Volumen weniger beengt, besonders bei Trockenanzügen,
- die Verleihung von Umweltzeichen, wie der „Blaue Engel“, die Nachfrage trotz des höheren Preises unterstützt.

6. Chemische Wolfram-Analysen

Wolframsalze geben mit verschiedenen Komplexbildnern stabile farbige Verbindungen, die auch in Gegenwart von Molybdän und Eisen, die ständigen Begleiter des Wolframs, eine quantitative photometrische oder gravimetrische Bestimmung ermöglichen.

Zu nennen wären neben den gebräuchlichen physikalischen Analyseverfahren die in der analytischen Literatur viel zitierten Methoden der Hexathiocyanatowolframat-Bildung und der Dithiol-Komplexierung.

6.1 Bestimmung mit Thiocyanat

Wolframat-Lösungen werden mit Zinn(II)-chlorid zum fünfwertigen Wolfram reduziert und mit einer verdünnten Tribenzylamin-Lösung in Cyclohexan

extrahiert. Der gelbliche Farbkomplex kann bei 405 Nanometer gegen eine entsprechende Blindprobe photometrisch ausgemessen und mit Hilfe einer Eichgerade ausgewertet werden.

Statt der Extraktion ist auch eine Fällung mit Tetra-butylammoniumchlorid, (TBA)Cl, möglich:

$$\text{Na}[\text{W}(\text{SCN})_6] + (\text{TBA})\text{Cl} \rightarrow \text{TBA}[\text{W}(\text{SCN})_6] + \text{NaCl}$$

Da der Wolfram-Gehalt im Niederschlag nur theoretisch 27,3 Prozent ausmacht, ist er hinreichend genau bestimmbar.

6.2 Bestimmung mit Dithiol

Vielfach angewandt und recht spezifisch auf Wolfram ist die Komplexbildung mit Toluol-3,4-dithiol (Dithiol) in salzsaurer Lösung. Nach Reduktion mit Zinn(II)-chlorid und der Dithiol-Zugabe wird auf 90-95° Grad Celsius erhitzt. Die intensiv blaugrün gefärbte Koordinationsverbindung $\text{H}[\text{W}(\text{dithiol})_3]$ mit einem Absorptionsmaximum bei 680 Nanometer wird mit Butyl- oder Amylacetat extrahiert und photometrisch ausgemessen.

7. Ausblick

Wolfram verfügt über außergewöhnliche Eigenschaften, die dieses Metall vor allem für die Herstellung von Hartmetallen, Gewichten mit hoher Dichte und spezielle Gerätetechnik prädestiniert.

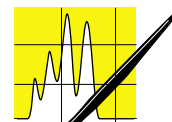
Zwar sind in einigen Fällen in Spezialstählen Substitutionen des Wolframs durch Vanadin, Chrom, Nickel, Kobalt und Molybdän teilweise möglich, ein vollständiger Ersatz wird jedoch mit technischen Nachteilen verbunden.

Eine Reihe von Wolfram-Legierungen dienen als Katalysatoren. Auch auf dem Gebiet der Homogenkatalysatoren mit organischen Liganden und Wolfram wurden Fortschritte erzielt.

Was die Chemiker am Wolfram und Molybdän schon immer fasziniert hatte, die pH-abhängige Dimerisierung und Clusterung wird auch weiterhin neue Möglichkeiten in der Aufbereitung, Katalyse, Photolyse und Nanotechnik sowie vielen anderen Anwendungen ermöglichen.

Im Vergleich zu anderen Rohstoffmärkten ist der Markt für Wolfram-Konzentrate durch extreme Preisschwankungen gekennzeichnet. In den 70iger Jahren bestimmte auch das Militär mit seinem hohen Bedarf an Wolfram für Geschoßkerne den Marktpreis. Dieser Einfluss hält weiter an.

Da gut 70 Prozent der Wolframerze von der Chinesischen Regierung kontrolliert werden und dort auch ein hoher Bedarf an Wolfram besteht, kann sich der Preis nur dann stabilisieren, wenn neue Erzfunde prospektiert werden oder bereits geschlossene Wolfram-Hütten ihre Tore wieder öffnen. Mit zunehmendem Metallpreis kommt auch dem Recycling eine gesteigerte Bedeutung zu.



AUFSÄTZE

Chemie anschaulich machen

Hans-Dietrich Martin

Fünfzig Jahre freie Mitarbeit bei CLB. Dieses Jubiläum feiert in diesem Monat unser Autor Hans-Dietrich Martin, und er erinnert sich in seinem „Jubiläumsheft“ an Ereignisse der Chemie in dieser Zeit.

Ein Rückblick

Vor genau 50 Jahren, in der CLB-Ausgabe vom September 1954, erschien ein kurzer Beitrag mit dem Titel: „Eine Signalanlage für Destillationsapparaturen“ (Abbildung 1) – meine erste Veröffentlichung. Ich war 19 Jahre alt, Schüler an der Chemieschule Dr. Erwin Elhardt in München (Abbildung 2) und stand wenige Monate vor der Abschlussprüfung. Ich ver-
 ra-

te kein Geheimnis: Ich war schon ein wenig stolz auf diese literarische Leistung, und die zehn Mark Honorar waren bei meiner chronischen Geldnot ebenfalls hochwillkommen. Eine lange Zeit ist seither vergangen, und ich will versuchen, diese fünfzig Jahre, in denen ich die Chemie als Fachjournalist begleitet habe, wieder hervorzuholen aus der Erinnerung, Entwicklungslinien nachzuzeichnen und auch das eine oder andere persönliche Erlebnis einzubeziehen.

Der ersten Kurznotiz folgten viele weitere Beiträge, bereits Anfang 1955 ein längerer Aufsatz über Sicherheitspipetten. Damals war es noch gang und

Abbildung 1: Der erste Beitrag von Hans-Dietrich Martin im Jahre 1954 erbrachte zehn Mark Honorar.

Der Autor

Nach der Ausbildung an der Chemieschule Dr. Erwin Elhardt in München zum Chemotechniker arbeitete Hans-Dietrich Martin (Foto: in diesem Sommer bei einem Besuch mit seiner Frau in der CLB-Redaktion) von 1955 bis 1961 in der Kunststoff-Anwendungstechnik beim Consortium für elektrochemische Industrie, dem Münchner Forschungslabor der Wacker GmbH. 1962/63 leitete er bei Siegle in Stuttgart das Technikum zur Prüfung von PVC-Stabilisatoren. In dieser Zeit absolvierte er zusätzlich ein Fernstudium als Maschinenbau-Ingenieur. 1964 kam eine berufliche Wende; er wurde Redakteur bei der Zeitschrift Kunststoff-Berater, wo er bis 1969 blieb. Anschließend war er bei Dynamit Nobel in der Presseabteilung zuständig für die technische Berichterstattung über Kunststoffprodukte, und von 1974 bis 1995 war er Leiter des Referats Fachpresse in der Kommunikationsabteilung der Bayer



AG. Mit der Pensionierung begann er eine freiberufliche Tätigkeit als PR-Berater vorzugsweise für kleinere und mittlere Chemieunternehmen (Presse-dienst Chemie) und als Wissenschaftsjournalist. Den Lesern von CLB ist er bekannt durch seine Serie „Labors für spezielle Aufgaben.“

494

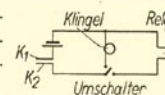
Labor

Die Bestimmung von Kupfer in Pflanzen ist kolorimetrisch mit Bicyclohexanon-oxalyldihydraton möglich. Eine Probe (2 g) des Materials wird mit $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ verascht. Die Asche wird in verdünnter Salzsäure ($2\text{ cm}^3\text{ HCl}$ mit $50\text{ cm}^3\text{ H}_2\text{O}$) 15 Minuten gekocht, 10 cm^3 10%iger $\text{NH}_4\text{-Citrat-Lösung}$ zugesetzt, konzentriertes NH_3 bis zum Gelbumschlag von Neutralrot zugegeben und nach Zufügen von 1 cm^3 0,5%iger Reagenzlösung in Mischung von Alkohol-Wasser auf 100 cm^3 aufgefüllt. Es entwickelt sich ein blauer Komplex, der mehrere Stunden beständig ist und dessen Absorption bei $595\text{ m}\mu$ photometrisch ermittelt wird. Als Standard dient eine angesäuerte $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O-Lösung}$ (1 g/cm^3). (Angew. Chem. 66, 342 [1954].)

Eine Signalanlage für Destillationsapparaturen. Hat man größere Flüssigkeitsmengen zu destillieren, so ist es oft zweckmäßig, eine Signalanlage zu benutzen, die ausgelöst wird, wenn die Vorlage gefüllt ist. Arbeitet man bei Tage, so wird man eine Klingel verwenden, während man nachts etwa über ein Relais einen Ausschalter betätigen läßt. In unserem Labor hat sich folgendes kleine Gerät gut bewährt, das allerdings nur bei nicht-brennbaren Flüssigkeiten anwendbar ist:

In ein weites Glasrohr ($30\text{ mm } \varnothing$) werden 2 Drähte eingeschmolzen und senkrecht abwärts geführt. Darauf

wird ein Schwimmer hergestellt, indem man ein 8 mm weites Glasrohr an einem Ende zur Kugel bläst, etwas Bleischrot einfüllt und etwa 40 mm von der Kugel zuschmilzt. Der obere Teil des Schwimmers wird mit etwas Stanniol beklebt.



Nach Einbringen des Schwimmers in das Rohr wird dieses auf etwa 3 mm verengt. Die Kontaktenden werden zum Schluß noch mit der Signalvorrichtung verbunden.

Hat man die Kontaktstifte gut eingepaßt, so sind kaum Störungen zu befürchten.

D. Martin

„Flüssig-Flüssig-Extraktion“ ist der Titel einer neuen Blattfolge, die soeben im Dechema-Erfahrungsaustausch erschien. (57 Blätter DIN A 4 mit 62 Abbildungen; Unkostenbeitrag DM 18,24 für Dechema-Mitglieder, DM 22,80 für Nichtmitglieder, zuzüglich DM 1,— für Porto und Verpackung.)

Die Extraktion von Flüssigkeiten gewinnt in der Chemischen Technik ständig an Bedeutung. Nach einem kurzen Überblick über die Extraktionsverfahren werden die Extraktionsapparate im einzelnen beschrieben. In einem weiteren Abschnitt sind die Berechnungsgrundlagen angegeben und durch Beispiele erläutert.

Auch diese Blattfolge erschien als Manuskriptdruck, der nur bei der DECHEMA Deutsche Gesellschaft für chemisches Apparatewesen Frankfurt/M. West 13, Postfach, erhältlich ist.

CLB – Memory

Die CLB-Beilage für Ausbildung in Chemie, Labortechnik,

Chemietechnik, Biologie und Biotechnik

September 2004

Doppel-Wolframate machen Laser effizienter

Monoklin und dotierbar

Das Stückchen Kristall ist durchsichtig, etwa so groß wie ein Daumnagel. Man könnte es für Glas halten. Oder für einen großen Diamanten. Wertvoll und selten ist es ja, doch seinen Wert machen vor allem seine Anwendungsmöglichkeiten in der Lasertechnik und der Optoelektronik aus. Es handelt sich um einen Doppel-Wolframat-Kristall mit einer speziellen Gitterstruktur; er ist monoklin.

Doppel-Wolframat-Kristalle werden im Labor hergestellt („gezüchtet“). Die Kristalle können auch gezielt verunreinigt werden, man spricht von Dotieren. Dann ändert sich nicht nur die Farbe, sondern es ergeben sich auch neue Eigenschaften. Fügt man etwa Ytterbium hinzu, eignen sich die Kristalle als aktives Medium in Festkörperlasern. Sie können aber auch zur Frequenzverschiebung genutzt werden, um beispielsweise aus einem grünen Laserstrahl einen roten zu erzeugen. Das von der EU geförderte Projekt DT-CRYS untersucht systematisch die Herstellung, die Eigenschaften und die Anwendungsmöglichkeiten der monoklinen Doppel-Wolframate. Koordinator ist Dr. Valentin Petrov vom Max-Born-Institut, Berlin.

„Was uns reizt, ist die Multifunktionalität des Materials“, erläutert Petrov. Allein die nichtlinearen optischen Eigenschaften sowie die Eignung als Lasermedium sei-

en zwei grundverschiedene Dinge, deren Untersuchung sich jeweils lohne. Das Problem dabei ist nur, dass Doppel-Wolframat-Kristalle weltweit sehr schwer verfügbar sind. In Novosibirsk wurden die Doppel-Wolframate vor rund 35 Jahren erstmals aus einer Lösung gezüchtet. Schon damals ging es um Anwendungen in der Lasertechnik, doch die Kristalle setzten sich nicht für kommerzielle Laser durch. Stattdessen befinden sich in den meisten Festkörperlasern von heute Elemente aus Yttrium-Aluminium-Granat, dotiert mit Neodym. Im Fachjargon heißen diese Lichtquellen Neodym-YAG-Laser (oft auch geschrieben als Nd:YAG). Die 1064-Nanometer-Wellenlänge des Nd:YAG-Lasers ist so etwas wie ein Standard für die Charakterisierung optischer Materialien geworden. „Einfach weil die Lichtquellen sehr verlässlich mit dieser Wellenlänge strahlen“, wie Petrov sagt. Damit vergleicht man normalerweise alle anderen Festkörperlaser.

Bestens für Laser geeignet

In den neunziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts hat man dann die Doppel-Wolframate wiederentdeckt. „Sie sind besser als die YAG-Elemente“, sagt Petrov, „sie haben eine niedrigere Pumpschwelle“. Das heißt, man muss weniger Energie hineinstecken, um Laserlicht zu erzeugen. Überdies ist der Wirkungsgrad hö-

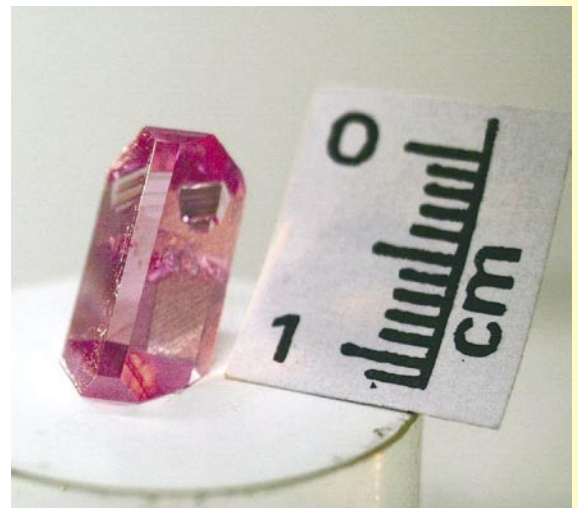
Monoklines Kristallsystem

Monoklin ist ein Begriff aus der Kristallchemie. Er setzt sich zusammen aus „mono“ (griech. mónos: allein, einzig) und „kline“ (griech. klínein: beugen sich neigen). In Kristallgittern gibt es 32 verschiedene Möglichkeiten Symmetrieelemente miteinander zu kombinieren: die Kristallklassen. Die Grundform eines monoklinen Kristalls ist ein Prisma mit einer zweizähligen Drehachse. Alle drei Achsen des Achsenkreuzes sind verschieden lang. Zwei davon schneiden sich im rechten Winkel, der Winkel der dritten zu diesen beiden ist beliebig aber ungleich 90 Grad.

Beispiele für Substanzen mit monoklinem Kristallsystem sind Anthracen, Ascorbinsäure, Borax, Feldspäte, Gips, Glimmer, Kryolith, Malachit, Milchzucker, Natriumcarbonat-Dekahydrat (Soda), Naphthalin, Rohrzucker (Saccharose), Weinsäure und Titanit.

Andere Kristallsysteme sind triklin, rhombisch, trigonal, hexagonal, tetragonal und kubisch.

Ist er dotiert, kann er rot werden – und erhält neue Eigenschaften: ein Doppel-Wolframat-Kristall (Foto: MBI).



her. Ein Ziel der Forschungen sei es, Nd:YAG durch Ytterbium und Doppel-Wolframate zu ersetzen.

Raman-aktiv

Ebenfalls interessant sind die nichtlinearen optischen Eigenschaften. So sind Doppel-Wolframate „Raman-aktiv“. Der Begriff geht auf den indischen Physiker Chandrasekhara Raman (1888 - 1970) zurück. Er erkannte, dass einfarbiges („monochromatisches“) Licht, das an Materie gestreut wird, unterschiedliche Spektrallinien aufweist. Neben der Linie des eingestrahnten Lichts sind auch schwächere Linien zu erkennen, die auf die bestrahlte Materie hinweisen. Laserlicht stimuliert diesen Effekt und verstärkt ihn. Strahlt nun ein Laser auf Doppel-Wolframate, so

wird die Wellenlänge des Strahls verändert, und zwar in Richtung langwelliges Spektrum.

Optische Kühlung

Doppel-Wolframate eignen sich auch zur optischen Kühlung. „Hitze ist ein limitierender Faktor in der Lasertechnologie“, sagt Petrov. „Über Fluoreszenz kann Wärme abgeführt werden.“ Wenn ein Laserelement also fluoresziert – wie es Doppel-Wolframate tun –, kann dies seine Erhitzung bis zu einem gewissen Grad kompensieren.

Das MBI ist Konsortialführer des Projekts DT-CRYS. Zugleich ist es federführend im Bereich Anwendung. Die beiden anderen „Workpackages“ betreffen zum einen die Herstellung und Charakterisierung der Kristalle (Universität Rovira I

Virgili; Spanien), zum anderen die Strukturierung der Materialien, etwa die Erzeugung hauchdünner Schichten durch spezielle Verfahren wie Epitaxie (École Polytechnique Fédérale de Lausanne; Schweiz). Hinzu kommen sechs weitere Partner, drei davon kleine oder mittelständische Unternehmen. Über die Ziele sagt Petrov: „Auch wenn wir mit Firmen kooperieren, geht es bei DT-CRYS nicht in erster Linie um Produktentwicklung.“ Das Projekt sei vielmehr auf grundlegende Erkenntnisse ausgerichtet. Letzten Endes verspreche sich die EU davon aber doch einen Vorteil für europäische Unternehmen.

Für weitere Informationen zum (Forschungsverbund Berlin, zu dem das MBI gehört, siehe auch <http://www.fv-berlin.de>).

Lehrerfortbildung im SuperLab in Clausthal

Experimente zu Alltagsprodukten

Zu einer Lehrerfortbildung mit Experimenten zu Alltagsprodukten lud Prof. Dr. Georg Schwedt, Mitherausgeber und Autor der CLB, ins Clausthaler SuperLab ein. Das Konzept besteht in Versuchen mit Produkten, die es in jedem Supermarkt zu kaufen gibt und die gefahrlos im Schulunterricht eingesetzt werden können; in rund 100 Experimentalvorträgen und sieben Büchern verbreitete Professor Schwedt sein Konzept: mit einfachsten Mitteln chemisches Basiswissen zu vermitteln.

„Und indem die Schüler herausfinden, was in einem Backpulver, einer Apfelsine oder einem Gummibärchen so alles drin ist, lernen sie, mit kritischem Blick einzukaufen und auch manche Behauptung – beispielsweise, isotonische Getränke seien der Gesundheit zuträglicher als ein normales Mineralwasser – als das, was sie in Wahrheit ist, ein Bluff der Marketingabteilung, zu durchschauen“, sagt Schwedt. Dass dieses

Konzept aufgeht und viele für die Chemie interessieren kann, zeigt der Zuspruch der rund 100 Experimentalvorträge, die Professor Schwedt in den letzten Jahren an ganz unterschiedlichen Orten hielt – beispielsweise kürzlich im Bonner Wasserwerk zum Deutschen Lebensmittelchemikertag.

Mittlerweile sind fünf Bücher erschienen: „Experimente mit Supermarktprodukten“, „Chemische Experimente in Schlössern, Klöstern und Museen“, „Noch mehr Experimente mit Supermarktprodukten“, „Chemische Experimente in naturwissenschaftlich-technischen Museen“ und „Experimente rund ums Kochen, Braten, Backen“. Eine wesentliche Bestätigung seiner Bemühungen, die Einsicht zu verbreiten, dass alles, was unser Leben betrifft, Chemie ist, erfuhr Schwedt durch die Förderung seines Vorhabens im Rahmen des Aktionsprogramms PUSH des Stifterverbandes für die deutsche Wissenschaft, die seinem Projekt 1999 einen der Förderpreise zuerkannte.

„Jetzt habe ich mich ausgeschrieben“, sagt mit einem Augenzwinkern Schwedt – zwei verwandte Bücher werden aber noch in den kommenden Wochen erscheinen: „Ruff! – damit ins Ofenloch – Alltägliche Chemie bei Wilhelm Busch“ und „Chemie in Flammen – mit Kerze, Zündholz und Feuerzeug“.

Prof. Dr. Georg Schwedt im SuperLab mit Teilnehmern des Fortbildungskurses (Foto: Uni Clausthal).



Büffeln und experimentieren für die Zukunft Jülicher „Neutronenpraktikum“

Peter Schäfer, FZ Jülich

Europas künftige Neutronenforscher sind mobil: Zum 8. Laborkurs Neutronenstreuung im Forschungszentrum Jülich reiste die Hälfte der insgesamt 55 teilnehmenden Studenten aus dem Ausland an. Der Kurs wird vom Jülicher Institut für Festkörperforschung (IFF) gemeinsam mit der RWTH Aachen und der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster organisiert und von der Europäischen Union gefördert.

Unter Studierenden heißt er „Neutronenpraktikum“ – gemeint ist der zweiwöchige Spezialkurs über Neutronenstreuung. Der Kurs richtet sich an Studierende der Physik, Chemie und anderer Naturwissenschaften. „Gerade in der Neutronenforschung ist Mobilität gefragt. Die Forschung mit Neutronen ist an wenige Großgeräte weltweit gebunden“, betont IFF-Institutsleiter Prof. Thomas Brückel, Organisator und Vorsitzender des Komitees „Forschung mit Neutronen“. „Je früher wir Studierenden Zugang zur Praxis geben, umso klarere Vorstellungen haben sie von der Arbeit und umso motivierter sind sie.“

Während der letzten zwei Wochen gingen die Kursteilnehmer den Fragen nach, wie Neutronen erzeugt werden und wie sich ihre besonderen Eigenschaften zur Untersuchung von kondensierter Materie nutzen lassen. In der ersten Woche standen hierzu Vorlesungen auf dem Programm. In der zweiten Woche folgte die Praxis: Aus einem Angebot von elf Instrumenten wählten sich die Studierenden für jeden Tag eines aus. So führte jeder insgesamt fünf Neutronenexperimente durch. Von erfahrenen Wissenschaftlern lernten sie die Tricks und Kniffe kennen und werteten ihre Messungen aus.

Der Laborkurs Neutronenstreuung ist fester Bestandteil im Lehr-

plan der beteiligten Universitäten und als Studienleistung anerkannt. Er wird vom Forschungszentrum Jülich und der Europäischen Union im Rahmen des Infrastruktur- und Mobilitätsprogramms NMI3 (Initiative für Neutronenstreuung und Myonenspektroskopie) finanziert. Die Reisekosten ausländischer Teilnehmer werden vollständig getragen – ein wichtiger Baustein, um die Mobilität der Studierenden innerhalb Europas und weltweit zu fördern.

Wozu Neutronenforschung?

Neutronen sind „Kundschafter im Mikrokosmos“ mit vielen nützlichen Eigenschaften. Wissenschaftler der unterschiedlichsten Forschungsrichtungen verwenden Neutronen, um zu verstehen, was Materie und Magnetismus eigentlich sind, wie Atome sich in Materie anordnen und wie sie sich bewegen. Denn Neutronen tragen keine elektrische Ladung und dringen deshalb tief und zerstörungsfrei in die Materialien ein. Außerdem „sehen“ Neutronen die Atomkerne in einem

Material, erkennen ihre Anordnung und Bewegungen. Und die Teilchen verhalten sich wie kleine Magnete, die die magnetische Umgebung von Atomen abtasten. Die Forscher untersuchen mit Neutronen beispielsweise neue magnetische Phänomene in der Nanowelt der Polymere, die die Waschkraft von Tensiden (Seifen) steigern.

Das Forschungszentrum Jülich gehört weltweit zur Spitze der Neutronenforschung. Es baut eine Außenstelle seines Jülicher Zentrums für Neutronenforschung am neuen Münchner Forschungsreaktor (FRM-II) in Garching auf. Der FRM-II ist die leistungsfähigste deutsche Neutronenquelle. In der Jülicher Außenstelle werden insgesamt rund 30 Mitarbeiter (Wissenschaftler, Ingenieure, Techniker, Verwaltungsangestellte) vor Ort arbeiten und sieben eigene Instrumente im Wert von 45 Millionen Euro betreiben.

Schon während des Studiums die Großforschung mit Neutronen kennen lernen: Hier untersucht eine Gruppe von Studierenden den atomaren Aufbau eines Kristalls mit einem Vier-Kreis-Diffraktometer (Foto: FZ Jülich).



Pro und Contra Brotkruste: Melanoidine und Acrylamid

Auswirkungen hochmolekularer Röstprodukte

Eines der wichtigsten Qualitätsmerkmale von Brot ist neben dem charakteristischen Aroma und der Krumentextur die braune Farbe der Kruste. An der Krustenbräunung sind hochmolekulare Röstprodukte – Melanoidine – beteiligt. Über ihre physiologischen Wirkungen existieren bislang kaum Daten, obwohl der tägliche Verzehr des Grundnahrungsmittels Brot in Deutschland mit circa 180 Gramm pro Tag im Vergleich zu anderen Lebensmitteln hoch ist. Erste Ergebnisse der Arbeitsgruppe von Dr. Veronika Somoza, Privatdozentin für Lebensmittelwissenschaften der TU München zeigen: Die Röstprodukte könnten der Gesundheitsvorsorge dienen. Auch zu Acrylamid in Lebensmitteln wie zum Beispiel Brot hat die Lebensmittelchemische Gesellschaft, die größte Fachgruppe in der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), kürzlich zusammenfassende Erkenntnisse veröffentlicht.

Während der Hitzebehandlung von Lebensmitteln bilden sich im Verlauf der Maillard-Reaktion Melanoidine als braun gefärbte, stickstoffhaltige Makromoleküle (siehe Kasten). Die Bildung von gesundheitlich abträglichen Röstprodukten wird vielfach diskutiert. Inwiefern diese Wirkungen auch im Organismus bestehen, ist jedoch noch völlig ungeklärt, zumal bisher nicht nur die chemische Zusammensetzung von Röstprodukten, sondern auch deren Resorption und weitere Metabolisierung, also deren Stoffwechsel im menschlichen Organismus, nur unzureichend untersucht ist.

Andererseits existieren für Extrakte aus Röstprodukten auch Hinweise auf positive gesundheitliche Wirkungen. So zeigen komplexe Modellmischungen dieser

Verbindungen im Reagenzglas (in vitro) zum Beispiel eine antioxidative Wirksamkeit. Es könnten also Eigenschaften vorhanden sein, die die Entstehung von Krebs beeinflussen und schädlichen Wirkungen von nicht im Organismus gebildeten Verbindungen oder Stoffen vorbeugen.

Roggenmischbrot enthält antioxidativ wirkende Stoffe

In Brotkrustenfraktionen sowie an lebensmittelnahen Modellen bestimmten die Forscher nun das antioxidative Potential von chemisch definierten Melanoidinen. Untersuchungen an Roggenmischbroten ergaben, dass die mit Ethanol extrahierbaren Melanoidine aus Brotkruste die höchsten antioxidativen Aktivitäten in vitro aufweisen, während die entsprechenden, aus der Krume sowie dem Ausgangsmehl isolierten Fraktionen kaum wirksam waren. Aktivitätsorientierte Untersuchungen an Modellmelanoidinen führten zur Identifizierung einer Kohlenhydratmodifikation von proteingebundenen Lysin-Seitenketten, dem Pronyl-Lysin, das in vitro eine hohe antioxidative Aktivität aufweist.

Melanoidine können Luftsauerstoff binden und durch diese antioxidative Wirkung den Verderb von Lebensmitteln verzögern. Durch einen langen Röstprozess können aber andere Stoffe zerstört werden, in Kaffee etwa die Polyphenole. Diese wirken auch antioxidativ und damit ebenfalls konservierend und positiv auf den Organismus.

Der Mensch konsumiert mit der Nahrung täglich verschiedene Arten von Maillard-Reaktionsprodukten, die bei Röst-, Back- und Bratvorgängen bei hohen Temperaturen durch Reaktion von Aminosäuren mit reduzierenden Zuckern entstehen. Ihre Auswirkungen auf die menschliche Ge-

sundheit sind in Bezug auf ihre Sicherheit oder mögliche nützliche Effekte immer noch unklar. Es können dabei auch toxikologisch bedenkliche Stoffe entstehen, wie das Beispiel Acrylamid kürzlich zeigte.

Acrylamid minimieren

Zweieinhalb Jahre ist es her, dass Acrylamid in erhitzten pflanzlichen Lebensmitteln entdeckt wurde. Acrylamid entsteht, abhängig von Erhitzungsbedingungen, aus Vorläuferverbindungen (insbesondere aus dem natürlicherweise vorkommenden Inhaltsstoff Asparagin) vor allem in frittierten, gebratenen und gebackenen kartoffel-beziehungsweise getreidehaltigen Lebensmitteln – sowohl im Haushalt, in der Gastronomie oder in der Lebensmittelindustrie. Es ist nach wie vor wissenschaftlich ungeklärt, ob Acrylamid, wenn es über die Nahrung aufgenommen wird, beim Menschen Krebs erzeugen kann. Dennoch, wurden im Sinne des vorbeugenden gesundheitlichen Verbraucherschutzes Maßnahmen ergriffen, um diesen Stoff in Lebensmitteln weitmöglichst zu minimieren. Eine ständig fortschreitende Minimierung bis herab auf „Null“ ist jedoch sicher nicht möglich, es sei denn, man würde Erhitzungstechniken wie Braten, Frittieren, Backen und Rösten bei Lebensmitteln mit signifikanten Gehalten an Asparagin verbieten. Asparagin aber ist eine weit verbreitete Aminosäure der Natur, die gerade in Kartoffeln und in Getreide vorkommt.

Die neuen toxikologischen Untersuchungen hinsichtlich der Wirksamkeit von mit der Nahrung aufgenommenem Acrylamid beim Menschen sind zwar noch nicht abgeschlossen, aber der jetzige Erkenntnisstand deutet darauf hin, dass das Gefährdungs-

potential deutlich geringer ist als ursprünglich befürchtet. Weitere Untersuchungen zur Toxikologie der Stoffwechselprodukte von Acrylamid (insbesondere Glycidamid) müssen für eine umfassende Sicherheitsbewertung noch abgewartet werden. Es deutet sich zum jetzigen Zeitpunkt an, dass es für Acrylamid bezüglich seiner genotoxischen Wirkung als Grundlage für Kanzerogenität beim Menschen einen Expositionswert (Schwellenwert) geben könnte, unterhalb dessen keine Schädigung zu erwarten ist.

Bildungswege von Acrylamid

Die chemischen Bildungswege von Acrylamid in Lebensmitteln sind inzwischen aufgeklärt. Hauptweg: Reaktion der Aminosäure Asparagin mit reduzierenden Zuckern (wie Glucose, Fructose) unter Hitzeeinwirkung im Rahmen der Maillard-Reaktion. Nebenwege: Reaktion anderer Aminosäuren mit Zuckern (im Rahmen der Maillard-Reaktion); thermischer Abbau bestimmter Aminosäuren; thermischer Abbau von Triglyceriden über Acrolein und Acrylsäure und nachfolgende Reaktion mit Ammoniak. Neu entdeckter Weg: Enzymatische Vorstufenbildung über die Decarboxylierung von Asparagin zu 3-APA (3-Amino-propionamid; in Kartoffeln nachgewiesen, jedoch kommt 3-APA in Kartoffeln in wesentlich geringerer Konzentration als Asparagin vor) und weiter über den thermischen Abbau zu Acrylamid, das heißt ohne Beteiligung der Maillard-Reaktion.

Analytik von Acrylamid

Eine Reihe analytischer Methoden zum Nachweis von Acrylamid in Lebensmitteln ist zwischenzeitlich ausgereift: Etabliert hat sich in den Prüflaboratorien die Flüssigchromatographie mit Tandemmassenspektrometrie (LC-MS/MS). Ziel laufender Forschungsarbeiten ist es, Schnellmethoden zu entwickeln, um gleich bei der Lebensmittelherstellung zügiger und günstiger Messungen – und

gegebenenfalls Prozesssteuerungen – durchführen zu können. Die generell zu beobachtenden, nicht unerheblichen statistischen Streubreiten der Ergebnisse haben sich bestätigt, das heißt sie werden unabdingbar hervorgehoben einerseits durch analytisch bedingte Messunsicherheiten und andererseits durch schon geringe Schwankungen der Rohstoffzusammensetzung beziehungsweise bei den Prozessparametern. Diese Besonderheit erschwert die Ableitung von Grenzwerten.

Die Entdeckung der endogenen Bildung von Acrylamid in Lebensmitteln lässt grundlegend neue Fragen der Lebensmittelsicherheit in das Blickfeld des Interesses rücken. Es ist schon seit langem bekannt, dass beim Erhitzen (auch unter 100 Grad Celsius, also auch beim Kochen) von Lebensmitteln eine Vielzahl verschiedener Umwandlungsprodukte entsteht. Viele davon sind für Geruch und Geschmack wichtig. Während einige noch gar nicht identifiziert sind, stellt sich bei charakterisierten Stoffen – ähnlich wie beim Acrylamid – auch die Frage nach der wirklichen toxikologischen Relevanz der jeweiligen Konzentration im Lebensmittel sowie deren Bioverfügbarkeit und Aufnahme-

menge. Allein der Nachweis einer Substanz, der mit den heutigen modernen analytischen Messmethoden bekanntlich weit in den ppb- oder ppt-Bereich (parts per billion, parts per trillion) herab betrieben werden kann, reicht nicht aus. Die Lebensmittelchemische Gesellschaft setzt sich dafür ein, dass ihre Mitglieder derartige Fragestellungen der Lebensmittelsicherheit immer mit Sachverstand angehen und sich an vorschnellen Spekulationen nicht beteiligen. Insbesondere gelte es, so Professor Dr. Reinhard Matissek, Vorstandsmitglied der Lebensmittelchemischen Gesellschaft, die Relationen im Vergleich zu anderen Risiken des Alltags nicht aus den Augen zu verlieren.

Beispielsweise auch die Annahme, dass antioxidativ wirkende Substanzen wie Vitamin E und β -Carotin eine wirksame Prävention für Herz-Kreislauf- oder Krebserkrankungen bieten können, ist durch wissenschaftliche Daten keineswegs ausreichend belegt. Vielmehr haben zum Beispiel Überprüfungen dieser Hypothesen in großen Interventionsstudien ergeben, dass bei einer langjährigen zusätzlichen Zufuhr von β -Carotin die Lungenkrebshäufigkeit bei Rauchern gesteigert war.

MB

Die Maillard-Reaktion

Der französische Biochemiker Louis Maillard (1878-1936) beschäftigte sich 1918 erstmals mit der nicht-enzymatischen Bräunung – der Maillard-Reaktion.

In einer mehrstufigen Reaktion kommt es hierbei ausgehend von reduzierenden Zuckern (zum Beispiel Glucose und Fructose) und Aminoverbindungen (Aminosäuren, Proteinen und Peptiden) unter der Einwirkung von Hitze (150-180 Grad Celsius) zur Bildung heterozyklischer Verbindungen, die für die Farbgebung und das Aroma von Lebensmitteln von Bedeutung sind.

Zunächst bilden sich Glykosylamide (N-Glycoside). Diese lagern sich in der Amadori-Umlagerung zu 1-Amino-1-desoxyketosen um. Hieran schließen sich weitere Umlagerungen, unter anderem die Heyns-Umlagerung, an. In einer zweiten Reaktionsphase durchlaufen die sehr reaktiven Zwischenprodukte unter anderem sehr leicht Eliminierungsreaktionen. Dabei wird primär entweder Wasser oder der Amin-Rest abgespalten. Anschließend kann es zusätzlich zur Fragmentierung oder Cyclisierung kommen. Zu den entstehenden Produkten gehört zum Beispiel das Hydroxymethylfurfural (HMF), Furane, Furone und viele weitere Substanzklassen. Die sich aus den Amadori-Verbindungen bildenden Substanzen sind außerordentlich reaktiv und können sich spontan mit Amin-Komponenten weiter umsetzen. Dabei entstehen dann braune Substanzgemische höherer Molekülmassen.

Sanierung eines „Phenolsees“ durch Flockung mit Eisen-III-Salzen Von der Altlast zum natürlichen See

Doris Böhme, UFZ

Die Sanierung einer Altlast ist erfolgreich beendet. Wissenschaftler des Umweltforschungszentrums Leipzig-Halle (UFZ) haben bewiesen: Durch die Aktivierung der natürlichen Selbstreinigung können selbst aus hochtoxischen Altlasten wieder naturnahe Lebensräume werden.

Die Altlast

In unmittelbarer Nähe des Dorfes Trebnitz, einer kleinen Gemeinde zwischen Zeitz und Weißenfels in Sachsen-Anhalt, wurde nach der Wende eine der spektakulärsten Altlasten auf dem Territorium der ehemaligen DDR „entdeckt“. Hochkonzentrierte phenolische Abwässer der Braunkohlen-Verschmelzung des Werkes Deuben bei Zeitz wurden zwischen 1950 und 1968 in einen ehemaligen Tagebau geleitet. Es entstand ein See mit zwei Millionen Kubikmetern Inhalt, einer Fläche von neun Hektar und einer Tiefe bis zu 27 Metern. Der Gestank des fast schwarzen und stark kontaminierten „Wassers“ belästigte die Anwohner und war zudem ungesund. Die Sichttiefe betrug gerade mal drei Zentimeter, der Sauerstoffgehalt war gleich Null und Grundwasserkontaminationen konnten nicht ausgeschlossen werden. Eine praktikable und

bezahlbare Sanierung erschien bei dieser Dimension und der Besonderheit der Schadstoffe unmöglich – zumindest mit herkömmlicher Sanierungstechnik.

Das UFZ-Sanierungskonzept

Ab 1992 entwickelten Wissenschaftler des UFZ für diese Altlast ein Sanierungskonzept, das mit finanzieller Hilfe der LMBV (Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbauverwaltungsgesellschaft) und der Aufgeschlossenheit genehmigender Behörden des Landes Sachsen-Anhalt verwirklicht werden konnte. Die Grundidee war, in dieser hochtoxischen Industrialtlast die natürliche Selbstreinigung zu initiieren und so zu steuern, dass ein ungefährliches Ökosystem entsteht. Dazu sollten die stark gehemmten und außerordentlich langsam verlaufenden biologischen Abbauprozesse durch einfache technische Maßnahmen unterstützt werden, denn trotz des hohen Gehaltes an giftigen Substanzen – vorherrschend Phenole und Ammonium – war das Wasser keineswegs biologisch tot – es wurden Mikroorganismen nachgewiesen. Für diese Art der Sanierung verwendet man auch Begriffe wie „ökotechnische“ Sanierung oder „bioremediation“, auch „enhanced natural attenuation“.

Das Sanierungskonzept sah vor, die schwer abbaubaren huminstoffähnlichen Polymerverbindungen, die für die Schwarzfärbung des Deponiewassers verantwortlich waren, aus dem Wasserkörper durch eine einfache Flockung mit Eisen-III-Salzen zu beseitigen. Setzen sich die Flocken am Seeboden ab, wird das Deponiewasser klar und ungefärbt, gleichzeitig werden 50 Prozent der ursprünglichen organischen Verbindungen gebunden. Steigt die Sichttiefe auf mehrere Meter an, kann das Sonnenlicht besser in die oberen Wasserschichten eindringen. Die

Folge: das Wasser erwärmt sich in Abhängigkeit von den Jahreszeiten, die Mikroorganismen werden aktiv, der Sauerstoffgehalt in den oberen Wasserschichten nimmt durch die Photosynthese von Algen allmählich zu.

Getestet wurde zunächst im Labor, danach folgten Versuche in verschiedenen großen Maßstäben im See. Dazu nutzten die Wissenschaftler Enclosures: Das sind unterschiedlich große, schwimmende Folienschläuche, die als geschlossene Experimentalgefäße im See – in situ – dienen. Der Erfolg dieser Tests im See und die vergleichsweise niedrigen Sanierungskosten waren für die LMBV überzeugend – sie übernahm sie die Finanzierung für die Behandlung der gesamten Deponie. Nach Vorgaben des UFZ wurde in einer logistischen Meisterleistung unter Nutzung spezieller Injektionstechnologien der gesamte See geflockt (1997), neutralisiert (1997) und mit Nährstoffen für die Mikroorganismen ergänzt (1998).

Das Gewässer heute

Bis heute ist ein belebtes naturnahes Ökosystem entstanden, dessen Wasser gegenüber Bakterien, Algen und niederen Wasserlebewesen – dazu zählen Räder- und Wimperntiere, Stech- und Büschelmückenlarven sowie Zuckmücken – nicht mehr giftig ist. Diese neue biologische Vielfalt, die sich in der sauerstoffreichen Oberflächenschicht heute nicht mehr von der eines natürlichen Sees unterscheidet, sorgt dafür, dass nach und nach die restlichen gelösten organischen Schadstoffe sowie der Ammoniumstickstoff abgebaut werden. Letzterer ist die Ursache dafür, dass man auf Fische noch viele Jahrzehnte warten muss, denn er ist für sie schon in sehr geringen Konzentrationen giftig. Wasservögel hingegen haben das Ökosystem inzwischen akzeptiert.

Wasser aus der Schwelwasserdeponie vor und nach der Sanierung (Foto: UFZ).



Mit Ozon gegen Chemikaliencocktail Pharmaka in der Kläranlage

Flammschutzmittel, Pestizide, Arzneimittelrückstände und Hormone – in Kläranlagen bildet sich ein wahrer Chemiecocktail. In einer Studie mit dem Titel „Untersuchung zum Eintrag und zur Elimination von gefährlichen Stoffen in kommunalen Kläranlagen“ untersuchten die Universität Dortmund, die Deutsche Projekt Union GmbH und das Landesumweltamt Essen mehr als 70 Einzelstoffe auf ihr Abbauverhalten.

Eine graubraune, trübe, stinkende Brühe drängelt zum Großklärwerk in Köln Stammheim. Die Kläranlage wird ganze Arbeit mit etlichen Pumpen, einigen Menschen und Milliarden Mikroorganismen leisten. Klärwerke arbeiten nach einem bewährten, aber teilweise über 80 Jahre alten Prinzip (siehe Kasten). Und die Chemie hat sich weiter entwickelt, chemische Stoffe sind komplexer geworden und hochwirksam. Vorsorglich dürfen diese Stoffe deshalb nicht in die Umwelt gelangen und spätestens das Klärwerk sollte ihnen einen Riegel vorschieben. So sieht es die „Europäische Wasserrahmenrichtlinie“ von 2000 vor, die vor zwei Jahren in das deutsche Wasserhaushaltsgesetz übernommen wurde.

Doch erst einmal muss klar sein, welche Stoffe überhaupt in

unserem Abwasser vorkommen. Man findet Pflanzenbehandlungsmittel aus der Landwirtschaft, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), die bei der Verbrennung beispielsweise beim Auto entstehen, Weichmacher aus Kunststoffen, Desinfektionsmittel aus Krankenhäusern und Haushalten sowie Pharmaka. Eine Möglichkeit zur Reinigung der Abwässer wäre die Bestrahlung mit ultraviolettem Licht, wie sie bereits zur Entkeimung von Trinkwasser eingesetzt wird. Auch die Adsorption an Aktivkohle ist möglich. „Am wirkungsvollsten wäre wohl O₃, Ozon, das dem Abwasser zugesetzt würde und hartnäckige Verbindungen regelrecht knackt.“, schlägt Dr. Thomas Ries vor (Deutsche Projekt Union GmbH).

Bis Oktober 2005 sollen die Forscher solche Fragen beantwortet haben. Danach folgt die Perfektionierung der neuen Klärmethoden im Labormaßstab und der anschließende Test an realem Abwasser in einer „Halbtechnischen Kläranlage“, einer Dauerbetriebs-Versuchsanlage in Neuss. Ein Patentrezept für die Abwassereinigung erwarten die Wissenschaftler aber nicht. Die neuen Verfahren müssen für jede Kläranlage individuell zusammengestellt und angepasst werden, je nachdem, welche Giftstoffe jeweils die Oberhand haben.

Typische Stationen einer Kläranlage

Rechenanlage: Rechen halten beispielsweise Papier oder Holz zurück.

Sand- und Fettfang: Eingeblassene Luft erzeugt eine Walzenströmung. Dadurch trennen sich die schweren Sandpartikel und die leichten Fette und Ölteilchen vom organischen Material.

Vorklärbecken: Die Fließgeschwindigkeit des Wassers verringert sich, so dass sich die meisten Sink- und Schwebstoffe absetzen können.

Belebungsbecken: Mikroorganismen zersetzen organische Stoffe.

Phosphatfällung: Metallsalze fällen Phosphat.

Nachklärbecken: Schlammflocken sedimentieren.

Vorfluter: Das kann beispielsweise ein Fluss sein, in den das gereinigte Abwasser eingeleitet wird.

Aus der Bildungslandschaft

- Die Europa Fachhochschule Fresenius (EFF) hat in Zwickau ihre vierte Außenstelle – nach Darmstadt, Wien und Köln – eröffnet. Man startet in Zwickau mit dem **Studiengang Diplomingenieur (FH) Chemie**, weitere Studienrichtungen sollen folgen.

- Schüler der Oberstufe, Grundwehrdienst- und Zivildienstleistende sowie Auszubildende mit Abitur können beim **Juniorstudium** an ausgesuchten Vorlesungen der Universität Hannover teilnehmen. Im Wintersemester 2004/2005 stehen den Interessierten 27 Vorlesungen aus neun mathematisch-, natur- und ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen sowie der Informatik offen. Weitere Informationen unter www.juniorstudium.net.

- Zum Wintersemester 2004/05 wird an der Fakultät für Angewandte Naturwissenschaften (FAN) der Universität Bayreuth der Bachelorstudiengang **Engineering Science** eingeführt. Der Kerngedanke des Studiengangs ist eine umfangreiche interdisziplinäre Ausbildung in Natur- und Ingenieurwissenschaften.

- Zum Sommersemester 2005 bietet die Fachhochschule Ludwigshafen einen neuen MBA-Fernstudiengang **Unternehmensführung** an, der sich derzeit im Akkreditierungsverfahren befindet. Der neue Studiengang mit internationalem Abschluss ebnet Akademikern ohne wirtschaftswissenschaftliche Vorbildung den Weg in das gehobene Management, zur Unternehmensführung oder -übernahme.

- Lehrstellen suchen und finden kann man seit neuestem beim **Deutschen Bildungsserver** unter www.bildungsserver.de/jobboerse/baa_browse.html. Neben dem Zugang zu Stellenangeboten für Pädagogen, Lehrer und Erziehungswissenschaftler im Bildungsbereich können jetzt auch Jugendliche freie Lehrstellen in allen Branchen recherchieren.

- Ebenfalls beim Bildungsserver gibt es ein neues Themendossier zur Einführung von **Bachelor- und Masterstudiengängen** in Deutschland. Unter <http://www.bildungsserver.de/zeigen.html?seite=2534> sind Informationen, Beschlüsse und Übersichten, Hintergrundgründe und Details zum neuen gestuften Studiensystem zusammengestellt.

- Zum Studiengang **Umweltechnik** (M.Sc.) können sich Schnell-Entschlossene noch kurzfristig zum Wintersemester 2004/2005 bewerben. Zulassungsvoraussetzung für den dreisemestrigen Master-Studiengang: Bachelor-Abschluss bzw. Fachhochschul- oder Universitätsdiplom, vorzugsweise im Bereich Ingenieur- oder Naturwissenschaften. Es sind sieben Module erfolgreich zu absolvieren: Biotechnischer Umweltschutz, Kreislaufwirtschaft, Siedlungswasserwirtschaft, Kolloid- und Grenzflächenchemie, Prozessführung, Mathematik, Wissenschaftliches Seminar.

Strahlende Chemie

Mehrere richtige Antworten sind möglich.

- 1 Welche der folgenden elektromagnetischen Strahlungen hat die kürzeste Wellenlänge?
A Infrarot
B Röntgenstrahlen
C Blaues Licht
D Ultraviolett
E Radio
- 2 Was ist ein Alpha-Teilchen?
A Ein Wasserstoff-Atom
B Ein Helium-Kern
C Ein Helium-Atom
D Ein Proton
E Ein Elektron
- 3 Wovon hängt die Halbwertszeit einer strahlenden Substanz ab?
A Von der Temperatur der Umgebung
B Von der Masse der Substanz
C Von der Dichte der Substanz
D Von der Entfernung zum Nordpol
E Von keinem der genannten Punkte
- 4 In welchem der folgenden Fälle ist Strahlung die Hauptursache für die Wärmeübertragung?
A Wärme entweicht aus einem verschlossenen Dewar-Gefäß
B Wärme entweicht aus einem Zimmer mit Einfachverglasung
C Ein Zimmer wird mit einem Warmwasser-Heizkörper erwärmt
D Wärme gelangt von einer elektrischen Kochplatte in einen Suppentopf
E Wärme gelangt von der Sonne zur Erde
- 5 Mit welchem Gerät kann man Radioaktivität nachweisen?
A Barometer
B Geigerzähler
C Daniellzelle
D Spektroskop
E Hitzdrahtinstrument
- 6 Bei der Untersuchung einer gefärbten Substanz gilt das Lambert-Beersche Gesetz. Die Lösung läßt 30 Prozent des eintretenden Lichts durch. Wieviel Prozent des eintretenden Lichts läßt die Lösung durch, wenn die Konzentration halbiert wird?
A 15 Prozent
B 45 Prozent
C 50 Prozent
D 60 Prozent
E 75 Prozent
- 7 Bei welchem Analyseverfahren gilt das Lambert-Beersche Gesetz?
A IR-Spektroskopie
B Atomabsorptionsspektroskopie
C NMR-Spektroskopie
D UV-Vis-Spektroskopie
- 8 Rechnen Sie die Wellenlänge $4 \mu\text{m}$ in die Wellenzahl um. Welches ist das richtige Ergebnis?
A 500 cm^{-1}
B 1500 cm^{-1}
C 2500 cm^{-1}
D 4000 cm^{-1}
E 8000 cm^{-1}
- 9 Welche Zeile enthält einen Fehler?
A $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$
B $1 \text{ nm} = 10^{-3} \text{ mm}$
C $1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$
D $1 \text{ \AA} = 10 \text{ nm}$
E $1 \text{ cm}^2 = 100 \text{ mm}^2$
- 10 Welche der folgenden Aussagen ist falsch?
A Beim radioaktiven Zerfall können α -Partikel austreten
B Beim radioaktiven Zerfall können β -Partikel austreten
C Beim radioaktiven Zerfall kann γ -Strahlung austreten
D Beim radioaktiven Zerfall entsteht ein neues Element mit einer anderen Ordnungszahl
E Beim radioaktiven Zerfall ist die Aussendung von jeder Partikelart von einer Verringerung der Atommasse begleitet
- 11 Welche Strahlung hat die größte Wellenlänge?
A Rotes Licht
B infrarotes Licht
C ultraviolettes Licht
D Gammastrahlen
E Röntgenstrahlen
- 12 Welche der folgenden Wellen gehören nicht zum elektromagnetischen Spektrum?
A Radiowellen
B blaues Licht
C Röntgenstrahlen
D infrarotes Licht
E Schallwellen
- 13 Welches Element hat die längste Halbwertszeit?
A C^{14}
B Cs^{137}
C Rn^{220}
D Th^{232}
E U^{237}
- 14 Wie lange benötigt Licht von der Erde zum Mond?
A 1,25 Sekunden
B 12 Minuten
C 1 Stunde
D 0,5 Millisekunden
E 1 Jahr
- 15 Wer hat erstmals nachgewiesen, dass Sonnenlicht aus einer Mischung von Spektralfarben besteht?
A Johannes Kepler um 1600
B Johann Glauber um 1650
C Isaac Newton um 1700
D Michail Lomonosov um 1750
E Dalton um 1800
- 16 Wodurch wird zur Zeit in Deutschland im Durchschnitt die größte Strahlenbelastung hervorgerufen? (In der Antwort findet man alle Strahlungsemitter ihrer Relevanz nach geordnet)
A Nahrung
B medizinische Anwendungen
C kerntechnische Anwendungen
D Bodenstrahlung
E kosmische Strahlung
F Radongas

(Alle Antworten in CLB 10/2004 sowie auf www.clb.de)



Abbildung 2: 1954 – Im Labor der Chemieschule Dr. Elhardt mit einer Mitschülerin.

gäbe, das Pipettenrohr in den Mund zu nehmen und anzusaugen – heute undenkbar. Auch Schutzbrillen, heute bei jeder Laborarbeit unverzichtbar, gab es kaum, lediglich beim Arbeiten mit Vakuum waren sie vorgeschrieben. Für den persönlichen Schutz der Mitarbeiter wird heute wesentlich besser gesorgt.

Chemie als Wirtschaftsfaktor

Im gleichen Septemberheft der CLB von 1954 steht auch eine Wirtschaftsmeldung über die deutsche Kunststoffproduktion: 1953 wurden in der Bundesrepublik 237 000 Tonnen Kunststoffe erzeugt, gegenüber 190 000 Tonnen im Vorjahr, also 25 Prozent mehr. In den USA betrug die Produktion 1,2

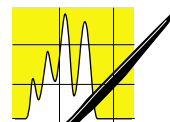
Millionen Tonnen. Im Jahr 2003 wurden weltweit 221 Millionen Tonnen Kunststoffe und Kautschuke produziert – knapp das Hundertfache von damals. Regional hat sich der Kunststoffverbrauch stark nach Osten verschoben. Auf die asiatischen Länder entfallen heute etwa 38 Prozent des Weltverbrauchs, etwas über 30 Prozent auf Nord- und Südamerika und 25 Prozent auf Europa. Deutschland verarbeitet etw 15 Millionen Tonnen jährlich.

Die damaligen Mengen erscheinen niedrig gegenüber heutigen Produktionszahlen, aber die jährlichen Zuwachsraten waren gewaltig. Sie lagen in der Chemie in den Jahren von 1960 bis 1974 in Deutschland bei 9,7 Prozent – wir erlebten gerade das Deutsche Wirtschaftswunder. Und solche Steigerungsraten gab es in allen Bereichen. Übrigens auch bei meinem ersten Gehalt. Nach dem Examen im April 1955 trat ich meine erste Stelle an, für 300 DM im Monat, aber schon im Herbst des gleichen Jahres gab es eine Tarifsteigerung um neun Prozent. Es ging überall rapide aufwärts.

Ein paar wenige Zahlen aus der Statistik (Abbildung 3). Die Umsätze der chemischen Industrie in Deutschland stiegen von sechs Milliarden Euro im Jahr 1954 – heutiger Jahresumsatz eines mittleren Chemieunternehmens – über 64,7 Milliarden Euro 1980 bis auf 136,4 Milliarden Euro 2003, also um etwa das Fünfundzwanzigfache.

Entwicklungsmotor Erdöl

Mitte der Fünfziger Jahre erlebten wir eine Umwälzung, die unsere Weltwirtschaft entscheidend beeinflusst hat: Das Erdöl löste die Kohle als Energie- und Rohstoffbasis mehr und mehr ab. Wir hatten an der Chemieschule noch die alten kohlebasierten Verfahren gelernt, mit denen die wichtigsten chemischen Grundstoffe hergestellt wurden, jetzt mussten wir



AUFSÄTZE

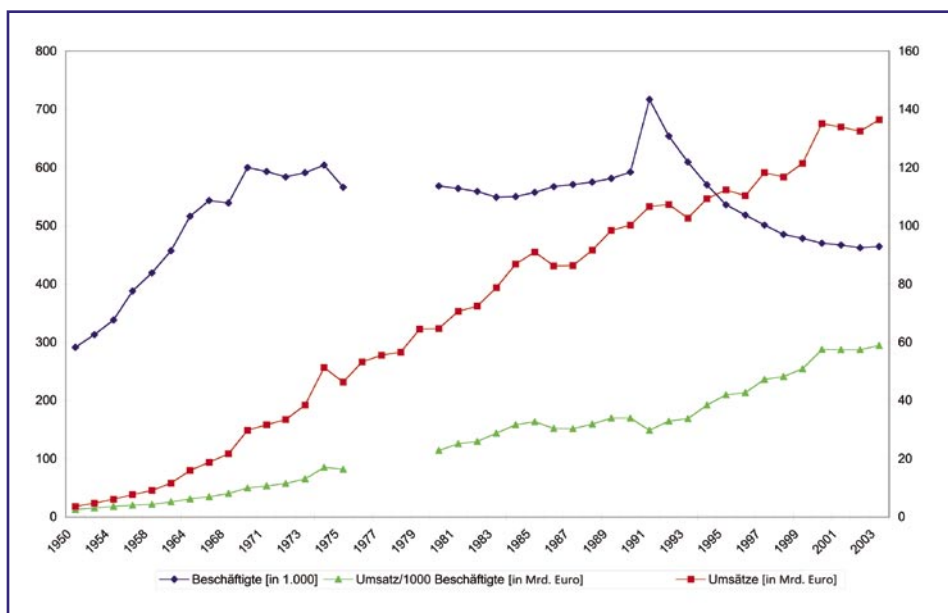
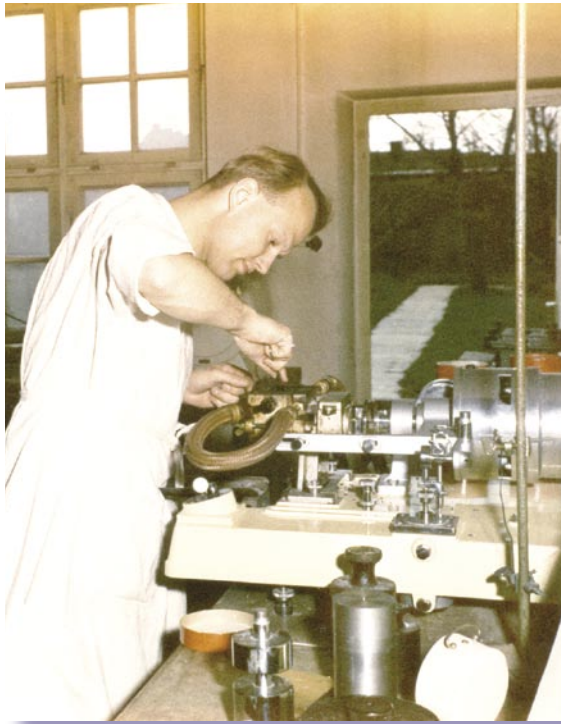


Abbildung 3: Umsätze und Beschäftigtenzahlen der deutschen chemischen Industrie. Die Kurve zeigt deutlich, dass immer höhere Umsätze von immer weniger Mitarbeitern erwirtschaftet wurden, vor allem in den Jahren seit 1985. Das Diagramm zeigt auch, dass die Umsätze pro Beschäftigtem sich seit 1980 verdreifacht haben. (Die Zahlen sind nicht ganz vergleichbar: Bis 1970 gelten sie für das alte Bundesgebiet ohne Saarland und Berlin, bis 1990 für die alten Bundesländer und ab 1991 für das wiedervereinigte Deutschland). (Quelle: VCI, Frankfurt).

Abbildung 4:
Etwa 1960
- Beim Arbeiten
am Brabender
Plastographen,
einem Gerät zur
Bestimmung der
rheologischen
Eigenschaften
von Kunststoff-
schmelzen.



umdenken. Die Industrie entwickelte neue Synthesewege, die sich vom Erdöl ableiteten, preiswerter und konkurrenzfähiger als bisher. Im „Consortium für elektrochemische Industrie“, dem Münchner Forschungslabor der Wacker GmbH – meinem ersten Arbeitgeber – liefen um 1957 Entwicklungen, statt wie bisher Carbid-Acetylen nun das billigere Ethylen als Rohstoff zur Synthese von Acetaldehyd zu verwenden. Der Wacker-Acetaldehyd-Prozess durch Direktoxidation wurde zum Standardverfahren zur Acetaldehydproduktion. Zwei Jahre später entwickelte das Consortium ein weiteres Verfahren für Aceton aus Propylen, ebenfalls durch Direktoxidation.

Ich war mit diesen Arbeiten nur am Rande beschäftigt, mit der Materialprüfung. Dabei betraten

wir Neuland: Weil die extrem korrosiven Katalysatorlösungen jeden bekannten Werkstoff angriffen, prüften wir in der Anwendungstechnik so lange Musterbleche, bis wir schließlich Titan und Tantal als geeignet fanden – Metalle, die vorher noch nie im technischen Maßstab eingesetzt wurden.

Rohstoff für Polymere

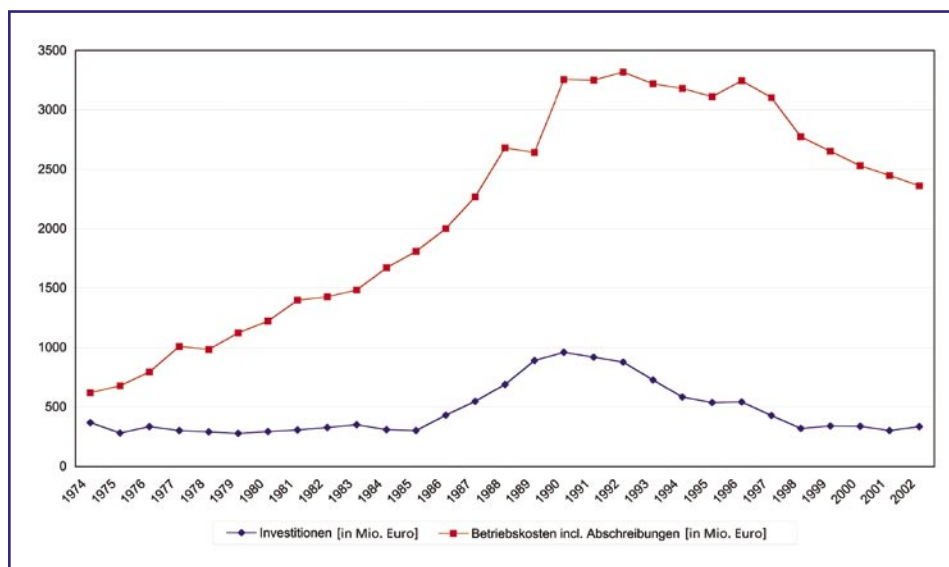
Erdöldestillate gaben vor allem der Kunststoffindustrie starken Auftrieb. 1953 entwickelte Ziegler das Niederdruckverfahren für Polyethylen, und Natta nutzte ähnliche Katalysatoren zur Herstellung von isotaktischem Polypropylen, das wesentlich bessere mechanische Eigenschaften hatte als PP mit ungeordnetem Kettenaufbau. Ebenfalls 1953 fand Schnell bei Bayer die Reaktion zwischen Bisphenol A und Phosgen zu Polycarbonaten, die sich zu einem der wichtigsten technischen Kunststoffe entwickelten. Erste Proben von Makrolon verarbeiteten wir etwa 1958 auf einer uralten Spritzgießmaschine, bei der der Einpressdruck noch mit Muskelkraft über einen kräftigen Handhebel aufgebracht werden musste. Die Probestäbchen zeigten tolle Werte! Andere Kunststoffe, die wir damals untersuchten – PVC, PE, Polystyrol, PVA, Cellulosederivate – kamen da bei weitem nicht mit (Abbildung 4).

Beim Consortium blieb ich bis Ende 1961. Nach einem zweijährigen Zwischenspiel bei Siegle in Stuttgart begann für mich ein völlig neuer Lebens- und Berufsabschnitt. Vorausgegangen war ein Aufsatzwettbewerb, den der Verband Deutscher Chemotechniker in Zusammenarbeit mit CLB veranstaltet hatte. Ich gewann dabei mit einer Arbeit über „Chemie und Technik der Epoxyharze“ (heute würde man Epoxidharze sagen) den zweiten Preis, und der Artikel wurde in der November-Ausgabe des Jahres 1962 abgedruckt (Nachdruck in dieser CLB auf den inneren

Umschlagseiten). Einige Wochen später suchte der Umschau Verlag in Frankfurt, in dem auch CLB damals erschien, einen Redakteur für die Zeitschrift „Kunststoff-Berater“. Ich überlegte mir das eine Weile, bewarb mich, man kannte mich vom Aufsatzwettbewerb her, und ich wurde angestellt. Es war damals viel einfacher, eine neue Stelle zu finden.

Beim „KB“ lernte ich nun das journalistische Handwerk. Die Arbeit in der Redaktion machte mir vom ersten Tag an viel Spaß, sie war interessant, vielseitig und anregend, so dass mir nach einigen Wochen klar war, dass ich dabei bleiben würde. So gab letztlich CLB den Anlass, beruflich umzu-

Abbildung 5:
Investitionen
und Betriebs-
kosten (inklusive
Abschreibungen)
der deutschen
chemischen
Industrie für den
Umweltschutz in
Mio. Euro. (Quelle
VCI).



satteln und etwas Neues zu beginnen – das Schreiben über Chemie.

Das „Aus“ für die Säuregrube

Mitte der 60er Jahre wurde die Chemie mit einer davor nicht sonderlich beachteten Problematik konfrontiert, mit der Zerstörung der Umwelt durch den Menschen. Besonders die Chemie kam ins Schussfeld der Umweltschützer. In dieser Zeit erschien das Buch „Der stumme Frühling“, wurde fast zu einem Kultbuch, und bei vielen Chemieprodukten mußte man, dass sie Mensch, Tier und Pflanzenwelt schädigen – ungerechtfertigt oder gerechtfertigt. So nahm man das Insektenmittel DDT vom Markt, ein hervorragendes Mittel gegen die Malariamücke. Es wird jedoch in der Umwelt schlecht abgebaut und reichert sich in der Nahrungskette an. Folge der ausbleibenden Insektenbekämpfung war, dass sich die Anopheles-Mücke wieder ausbreiten konnte und mit ihr die Malaria; eine der gefährlichsten Tropenkrankheiten gewann wieder Raum.

In dieser Zeit gerieten namentlich chlorhaltige Verbindungen ins Schussfeld der oft ideologisch festgelegten Umweltschützer, später auch die FCKW, deren schädliche Wirkung auf die Ozonschicht heute kaum noch angezweifelt wird. Und der Chemieunfall von Seveso brachte Dioxine in Misskredit.

Die Chemie tat sich zunächst schwer mit der neuen Situation, aber die öffentliche Meinung zwang sie dazu, umweltgerechtere Verfahren und Entsorgungswege zu entwickeln; und zunächst widerwillig, im Laufe der Jahre aber mit wachsender eigener Überzeugung wurden entsprechende Maßnahmen durchgeführt. Ein frühes Verfahren aus dem Jahr 1964 war die Verbesserung des Doppelkontaktverfahrens bei der Schwefelsäureherstellung, das dafür sorgte, dass das Rest-SO₂ in der Abluft ganz erheblich zurückging. Primäres Ziel dieser Entwicklung war zweifellos die bessere Ausbeute, die von etwa 90 auf 99,5 Prozent stieg, und damit das wirtschaftliche Ergebnis; aber auch der Nutzen für die Umwelt wurde damals schon erkannt und herausgestellt. Und im Laufe der Jahre geschah eine ganze Menge zum Schutze der Umwelt. Nach und nach verschwanden die farbigen Abwasserfahnen an den Auslässen der Werke, die Schaumbarrieren an den Staustufen der Flüsse, die Wolken nitroser Gase über den Salpetersäurebetrieben, früher euphemistisch als „goldene Wolke“ bezeichnet, und im Umkreis der Chemiewerke roch es nicht mehr „nach Chemie“.

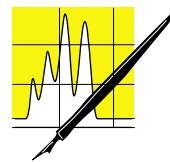
Inzwischen hat man viele Milliarden investiert (Abbildung 5), neue Verfahren entwickelt, den Ausstoß von Schadstoffen verringert. Zunächst wurden Klär- und Müllverbrennungsanlagen verbessert, um den Ausstoß von Schadstoffen in die Umwelt so weit wie möglich zu reduzieren. Das ist inzwischen weitgehend abgeschlossen, die Investitionen dafür sinken etwa seit 1990, dafür sind die Betriebskosten kräftig

angestiegen. Inzwischen liegt das Schwergewicht bei der Entwicklung von neuen Verfahren, bei denen kaum noch Nebenprodukte entstehen. Und auch die Beseitigung von Schadstoffen direkt an der Entstehungsstelle wird gezielt vorangetrieben, denn es ist einfacher, kleine Mengen in höherer Konzentration aufzufangen und zu entsorgen, als alle Nebenprodukte eines Chemiewerks zu sammeln und dann die Gesamtmenge durch die Kläranlage zu schicken. Das Ziel ist kurz gesagt Vermeidung statt Entsorgung unerwünschter Substanzen

Ein kleines Beispiel mag das Umdenken in der Chemie verdeutlichen: Es gab im Hof der Chemieschule und auch beim Consortium eine Säuregrube, in die alles hineingegossen wurde, was zu giftig, zu ätzend oder zu übelriechend für den Ausguss war. Manchmal stiegen aus dieser Säuregrube dann farbige Dämpfe oder Stichflammen auf und es roch „organisch“. Diese Form der Beseitigung entsprach damals dem Stand des Wissens und – nicht zu vergessen – auch den gesetzlichen Vorschriften. Ich bin aber sicher, dass man mit heutigen Analysemethoden im Umkreis dieser Gruben auch heute noch so ziemlich jeden Schadstoff nachweisen könnte, den man sucht. Heute könnte man sich eine solche Entsorgungsmethode allenfalls noch als Thema für einen Fernsehkrimi vorstellen.

Wie gesagt, die Chemie – das heißt die Menschen, die Chemie betreiben – hat in gut dreißig Jahren viel dazugelernt. Von zunächst krasser Ablehnung der Umweltschützer, deren Forderungen nicht realisierbar, ja geradezu utopisch schienen, über die erst widerwillige Entwicklung von Technologien für den Umweltschutz bis hin zu einem selbstverständlichen Umgang mit der Umweltproblematik und der Zusammenarbeit mit anderen Gruppen der Gesellschaft beim Umweltschutz – hier hat sich eine gewaltige Entwicklung vollzogen. Das hat auch seinen Niederschlag in der öffentlichen Meinung gefunden. Wieder ein Beispiel: Meine Söhne waren – das war etwa 1975 – höchst erstaunt, als sie im Rhein Fische sahen, denn in der Schule hatten sie gelernt, dass die inzwischen alle vergiftet wären. Inzwischen scheint die chemiekritische Indoktrination an den Schulen Vergangenheit, vielleicht auch deshalb, weil die „grünen“ Lehrer auf ihrem Marsch durch die Instanzen inzwischen längst den wohlverdienten vorzeitigen Ruhestand angetreten haben.

Nicht alles war wirklich sinnvoll, was Öffentlichkeit und Politik forderten. Ich denke dabei an das Recycling von Abfällen. Für mich macht es wenig Sinn, mit hohem Kostenaufwand Kunststoffe aus Abfällen zu separieren, um dann schließlich ein – vielleicht sogar sortenreines – Produkt zu erhalten, das schlechtere Eigenschaften hat und im Endeffekt teurer ist als Neuware. Und in der Müllverbrennung fehlte jetzt der hohe Heizwert der Kunststoffe, der für die vollständige Verbrennung nötig war. Die Fol-



AUFsätze



Abbildung 6: 1983 – Schleifen eines Whiskyglases bei der Vorbereitung einer Pressekonferenz über ein umweltgerechtes Polierverfahren in einer Fabrik für Kristallgläser.

ge: Man muss jetzt frische Erdölprodukte zudosieren, damit die Abfälle vollständig verbrannt werden. Ein wirtschaftlicher Unsinn, staatlich verordnet, und der Verbraucher zahlt das Ganze!

Dagegen ein Beispiel dafür, dass sich Umweltschutz auch „lohnen“ kann: Ein Hersteller polierte seine geschliffenen Kristallgläser zunächst in Flusssäure mit dem Effekt, dass das bei der Reaktion entstehende Wasser die Säure verdünnte und eine teure Entsorgung nötig machte. Deshalb ersetzte man 1983 die Flusssäure durch Fluorsulfonsäure, die bei der Reaktion das Wasser bindet. Man konnte die teuren Entsorgungskosten für die verdünnte Poliersäure sparen. Bei der Vorbereitung der entsprechenden Pressekonferenz durfte ich mir ein Whiskyglas schleifen (Abbildung 6), das dann nach dem neuen Verfahren poliert wurde. Ich benutze es heute noch.

Fassen wir zusammen: In den letzten 35 Jahren musste die Chemie erkennen, dass ihre Tätigkeit Gefahren bringen kann, die von der Öffentlichkeit nicht mehr akzeptiert werden, und sie hat die nötigen Techniken entwickelt, um eine Gefährdung der Umwelt wenn nicht ganz zu vermeiden, so doch so weit wie möglich zu reduzieren. Und diese Entwicklung geht weiter. Wir haben dazugelernt, dazulernen müssen, und wir können heute sagen: Chemieunfälle wie Bhopal und Seveso oder Arzneimittelkatastrophen wie Contergan dürften der Vergangenheit angehören. Jedoch sind wie bei jeder menschlichen Tätigkeit Fehler nicht völlig auszuschließen. Ein Restrisiko ist nicht zu vermeiden.

Vom Hundertstel zum Milliardstel

An der Chemieschule arbeiteten wir bei quantitativen Analysen auf 0,1 Prozent genau; was darunter lag, waren Spuren, um die wir uns nicht weiter kümmern mussten. Unter anderem die Umweltdiskussion aber brachte es mit sich, dass die Analysemethoden

extrem verfeinert wurden. Eine Zeitlang ging der Spruch um: „Trau keinem unter 1 ppm“, aber inzwischen sind winzige Mengen von einem ppb und darunter gut und reproduzierbar zu erfassen. Das brachte für die Umweltdiskussion neue Aspekte, denn auch Chemiegegner konnten nun Schadstoffe in kleinsten Mengen nachweisen. Es war nicht ganz einfach, der Öffentlichkeit zu erklären, dass nicht alles, was man messen kann, auch bereits giftig ist. Die Verfeinerung der Messtechnik stieß aber auch neue Entwicklungen an, die zu neuen Trends wurden – die Biochemie und die Nanotechnik wären ohne entsprechend feine Nachweismethoden und Strukturaufklärungen nicht denkbar.

In diesen Zusammenhang gehört auch der Einzug von Computern in die Labors. Heute wäre Laborarbeit ohne Rechner kaum noch vorstellbar. Damals musste jeder Messwert einzeln mit Rechenschieber oder Logarithmentafel ausgewertet und von Hand auf Millimeterpapier in ein Diagramm eingetragen werden, ein überaus zeitraubendes Verfahren. Umfangreiche Versuchsreihen wären ohne elektronische Auswertung heute kaum noch bezahlbar. Ebenso können heute Computer Chemieanlagen viel feinfühler und genauer fahren als dies per Hand möglich wäre.

Biochemie – Chemie des Lebens

1953 wurde die Doppelhelix als Basis der Zellteilung gefunden, und diese Entdeckung signalisiert den Beginn der Biochemie, die sich inzwischen längst zu einem eigenen Fachgebiet entwickelt hat. Die Biochemiker fanden staunenswerte Dinge, allen voraus die Erkenntnis, dass alle Lebensvorgänge auf chemischen Vorgängen beruhen. Wir haben sie noch längst nicht alle aufgeklärt, denn sie sind oft sehr komplex und laufen über viele Stufen, weil die Natur eine „sanfte Chemie“ betreibt. Aber wir begreifen heute schon viel davon und wissen: Leben ist ohne chemische Vorgänge nicht möglich.

Biochemie brachte Entwicklungen, die uns allen nützen und deren Bedeutung noch nicht annähernd abgeschätzt werden kann. Mit synthetisch hergestellten Arzneimitteln kann man bereits seit längerem die meisten bakteriell verursachten Infektionskrankheiten heilen. Eine höhere Stufe sind biochemisch oder gentechnisch hergestellte Mittel, mit denen wir vielleicht schon bald wirksam Krebs, Aids und Erbkrankheiten bekämpfen können – ein weites Feld. Zu ihrer Entwicklung ist die Kenntnis der Zellchemie unabdingbar. Und nicht zu vergessen: Unter anderem auch die Chemie hat bewirkt, dass wir heute älter werden als die Generationen vor uns, dass wir auch im Alter gesund bleiben, und möglicherweise wird uns die Biochemie einen weiteren Schub zu höherer Lebenserwartung bringen – vielleicht sogar den Alchimistentraum vom Jungbrunnen erfüllen.

Von den jato zu „quaki's“

Es beginnt ein Trend von der jato hinunter zum Quartalskilo „quaki“, wie es scherzhaft genannt wurde. Lange Zeit galt: je größer die Produktionsanlagen, desto günstiger die Kosten, desto rationeller die Herstellung. Hier ist ein Wandel eingetreten, gekennzeichnet durch die Schlagworte „sanfte Chemie“ und „biochemische Produktion mit gentechnisch veränderten Zellkulturen“. Die Produktion großer Mengen von 100 000 bis zu 300 000 jato in riesigen Anlagen mit hohen Temperaturen und Drücken hat in der Grundstoffchemie noch ihre Rechtfertigung. Daneben treten jetzt gleichberechtigt kleine Reaktoren, oft nur mit Kapazitäten von wenigen Kilogramm oder Gramm, manchmal sogar nur im Mikrogramm-Bereich. Sie arbeiten bei sanften Bedingungen, wie es uns die natürlichen biochemischen Vorgänge gelehrt haben – bei Raumtemperatur und im beinahe neutralen pH-Bereich. Dennoch lohnt sich die Produktion im kleinen Maßstab, denn die Stoffe, die man dabei erhält, sind teilweise extrem teuer. Dieser Trend, vor allem Wirkstoffe für Medikamente in kleinen Mengen zu produzieren, wird sich verstärken.

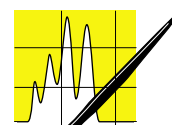
Bleibt Deutschland ein Chemiestandort?

Etwa Mitte der achtziger Jahre begann – nicht nur in der Chemie – der Trend, ältere Mitarbeiter vorzeitig in den Ruhestand zu schicken. Fünf Jahre später gab es kaum noch Kollegen, die über 55 Jahre alt waren, und es wurden immer jüngere Jahrgänge pensioniert. Die Folge war ein massiver Abbau von beruflicher Erfahrung, ohne dass dadurch die bestehende und ständig wachsende Arbeitslosigkeit gelindert wurde; im Gegenteil, trotz statistischer Tricksereien stieg sie weiter an. Zunächst sparten die Unternehmen „nur“ weggefallene Stellen ein, aber die heutige Entwicklung geht dahin, ganze Produktionen auszulagern – nach Osteuropa, China, Indien, Thailand usw., eben in Länder mit niedrigem Lohnniveau. Allein in China haben die Firmen BASF, Bayer und Degussa inzwischen 6000 Arbeitsplätze geschaffen. In Bild 3 wird der Trend deutlich: Anfang der 50er Jahre beschäftigte die Chemie etwa 300 000 Mitarbeiter. Die Zahl stieg bis 1990 auf knapp 600 000, erreichte nach der Wiedervereinigung den Höchstwert von 717 000 und sank dann kontinuierlich auf jetzt 470 000. In nur zwölf Jahren wurden fast eine Viertelmillion Arbeitsplätze eingespart – nur in unserer Industrie.

Die massenhafte Verlagerung von Arbeitsplätzen ins Ausland halte ich für wirklich besorgniserregend. Und leider ist diese Entwicklung zwangsläufig. Menschliche Arbeitskraft wird im Zuge der Globalisierung an Standorten im Ausland günstiger angeboten; und die Unternehmen investieren logischerweise dort, wo gut ausgebildete Arbeitskräfte am billigsten zur Verfügung stehen und die Lohnnebenkosten niedrig sind. Wenn Politiker von vaterlandslosen Managern reden, trifft das nicht die Ursache, denn Aufgabe der Firmenchefs ist es, ihr Unternehmen konkurrenzfähig zu machen und für die Zukunft zu rüsten. Und sie werden je länger je mehr dorthin gehen, wo sie die günstigsten Kosten, die besten Rahmenbedingungen (und auch die geringsten politischen und behördlichen Hindernisse) finden. Die Investitionen im Ausland sind in den letzten Jahren erheblich stärker gestiegen als in Deutschland (Abbildung 7). Und diese durch Investitionen im Ausland geschaffenen Arbeitsplätze gehen in Deutschland für viele Jahre, vielleicht für Jahrzehnte verloren.

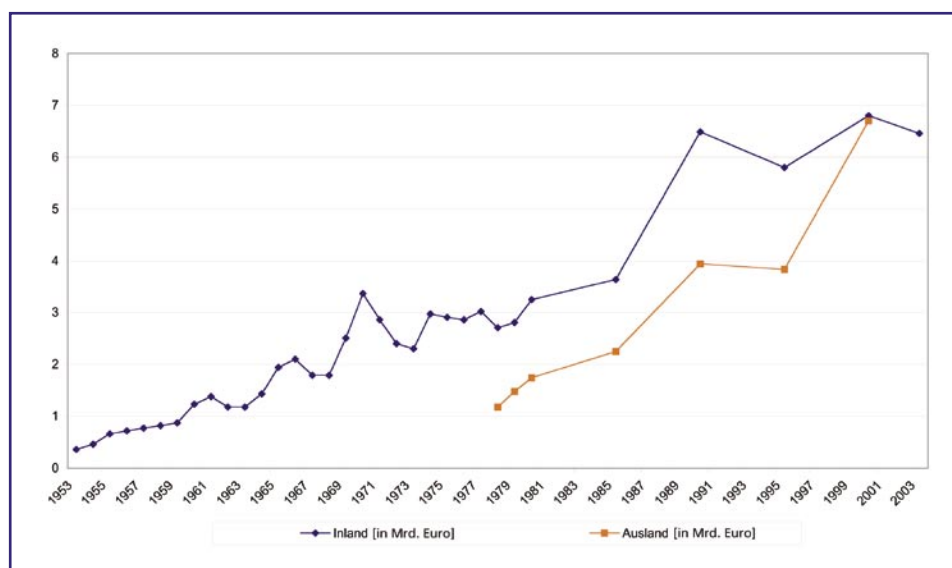
Als Beispiel eine Fehlinvestition Ende der 70er Jahre. Damals wurde in einem norddeutschen Chemiepark eine Anlage für Farbstoff-Vorprodukte gebaut. Die Anlage lief kurze Zeit, dann musste sie stillgelegt werden, weil die Produktionskosten in Deutschland höher waren als die Verkaufspreise, zu denen die gleichen Stoffe aus indischer Produktion angeboten wurden. Zum Teil lag das an den Umweltinvestitionen, die in Deutschland vorgeschrieben waren und um die sich der indische Produzent damals noch nicht kümmern musste, zum Teil auch an den niedrigen Lohnkosten. Die Folge: Da stand das modernste und umweltfreundlichste Werk der Welt, aber es musste stillgelegt werden, weil es nicht konkurrenzfähig war.

Ein Eigentor schossen die Synthesefaserproduzenten in den späten 60ern. Die deutschen Chemiekonzerne hatten üppig verdient mit Nylon, Perlon & Co,



AUFSÄTZE

Abbildung 7: Seit 1980 haben sich die Investitionen im Ausland fast vervierfacht, während sie in Deutschland nur knapp verdoppelt haben. Heute investiert die chemische Industrie im Ausland genau so viel für neue Produktionsanlagen wie im Inland. (Quelle VCI).



und weil Chemiefasern so gefragt waren, baute man im Ausland Produktionsstätten, exportierte das Know how und musste dann wenig später feststellen, dass die dortigen Produkte zu Dumpingpreisen nach Europa reimportiert wurden, die Märkte überschwemmen und die Preise kaputt machten. Die Folge war, dass die deutsche Faserproduktion bis heute nicht aus der Krise herausgekommen ist.

Alarmsignal Forscherschwind

In vielen neuen Chemiestandorten im Ausland stehen gut ausgebildete Arbeitskräfte zur Verfügung, die dort die Produktion fahren können. Damit läuft Deutschland Gefahr, mehr und mehr die großen Massenprodukte und damit weitere Arbeitsplätze zu verlieren. Und auch Forschungsaktivitäten verlagern sich. Mit großer Besorgnis sehen Fachleute das Abwandern der gentechnischen Forschung ins Ausland, weil diese in Deutschland vom Gesetzgeber zu stark eingeschränkt und reglementiert wird. Ein kleines Indiz dafür mag es sein, dass die Zahl der akademisch ausgebildeten Forscher zurückgegangen ist: Während 1989 noch 13 400 Wissenschaftler in der Chemie arbeiteten, waren es 2000 nur noch 12 800. Dr. Martin Elhardt, der Sohn meines verehrten Lehrers und heutige Leiter der Münchner Chemieschule, erzählte mir, dass der Großteil seiner Schüler in staatliche Stellen geht, nicht mehr wie früher hauptsächlich in die Industrie. Und die Zahl der Chemiestudenten sank zwischen 1991 bis 2002 von 38 600 auf 23 700 – kein gutes Zeichen.

Die relevanten Gruppen – Unternehmer, Gewerkschaften, Politik – scheinen das inzwischen erkannt zu haben. Ein Lösungsansatz – ich schreibe diese Zeilen Ende Juli 2004 – ist die Vereinbarung von Daimler mit Mitarbeitern und Gewerkschaft zum Lohnverzicht, um jährlich 500 Millionen Euro einzusparen. Auch in Chemiefirmen gibt es inzwischen Bestrebungen, durch Lohnverzicht Arbeitsplätze zu sichern. So schmerzlich es für die Betroffenen ist, nur durch Senkung der Arbeitskosten kann Deutschland wieder konkurrenzfähig werden. Wir haben über unsere Verhältnisse gelebt.

Ist die Großchemie am Ende?

Ein paar Zahlen über die Entwicklung der drei großen Chemiekonzerne: 1955 lagen die Umsätze bei 2,1 Milliarden Euro. Sie stiegen 1970 auf knapp 17 und erreichten 1985 beinahe 70 Milliarden Euro. Nichts schien so fest gefügt wie die drei großen IG-Nachfolger Hoechst, Bayer und BASF. Als ich ins Berufsleben eintrat, wurde oft diskutiert, ob die Großen Drei sich wieder zu einer IG Farben zusammenschließen würden – vielleicht eine faszinierende Idee, aber jedenfalls kam es nicht dazu. Stattdessen begann vor einigen Jahren die Auflösung der großen Strukturen, zunächst bei Hoechst. Man sah die wirtschaftliche

Zukunft nicht mehr bei den riesigen Konzernen, sondern in der Aufteilung und in der Konzentration auf die Kernkompetenzen. Die „Sahnestücke“ von Hoechst finden sich jetzt in französischer Hand bei Sanofi-Aventis wieder. Eine ähnliche Entwicklung begann auch bei Bayer, und die BASF trennte sich beispielsweise von ihren Pharmaaktivitäten. Wirtschaftlich mag dieses neue Denken sinnvoll sein, für die Mitarbeiter ist die Verunsicherung groß. In vielen Gesprächen mit Mitarbeitern dieser Firmen hörte ich heraus, wie sehr Arbeitskraft und Motivation durch die Sorge um den sicheren Arbeitsplatz litten. Shareholder Value ist eben doch nicht alles.

Faszination Chemie

Seit ich als Junge von vielleicht zwölf Jahren einen Chemiebaukasten geschenkt bekam, hat mich die Chemie begeistert. Wie durch Zauberei färbten sich im Reagenzglas die Lösungen, manchmal sprühten Funken, oder ich stänkerte die Verwandtschaft aus dem Zimmer, und zuerst im Spiel, später systematisch lernte ich die Zusammenhänge, warum sich die Stoffe so verhalten und nicht anders. Einmal war ich in den Schulferien beim Bauern arbeiten, und der Knecht Sepp fragte mich: „Wos wuist Du mal werden?“ Meine Antwort war klar: „Chemiker.“ „So, des san doch die, die wo immer eahnere Frauen vergiften!“ An der Sprache merkt man, das Gespräch fand in Bayern statt.

In den vielen Jahren, in denen ich mich mit Chemie beschäftige, habe ich nicht aufgehört zu staunen. Es gibt immer neue Facetten, neue Entwicklungen, neue Erkenntnisse. Dafür ein letztes Beispiel: Das Römpp-Chemielexikon, 4. Auflage von 1958, hatte drei Bände mit 2550 Seiten und etwa 15 000 Schlagworten. Es wurde von einem einzelnen Mann bearbeitet und herausgegeben, von Prof. Dr. Hermann Römpp. Die neunte Auflage von 1989 bis 1995 umfasst 11 Bände, gut 50 cm im Bücherregal, das Herausgeberteam besteht inzwischen aus elf Wissenschaftlern. Die letzte Ausgabe als Internetlexikon hat 60 000 Stichworte, 200 000 Querverweise und 10 000 Strukturformeln. Das Wissen in der Chemie ist förmlich explodiert.

Und es geht weiter mit neuen Forschungsergebnissen und Produkten, mit neuen Medikamenten, Kosmetika, Werkstoffen, Produkten für Haushalt und Industrie, kurz, es gibt keinen Lebensbereich, in dem nicht chemische Produkte und Verfahren eine wichtige Rolle spielen. Von der Babywindel bis zum Laptop, von der Autokarosserie bis zur Raumfahrt, unsere moderne Welt wäre ohne Chemie nicht möglich.

Fünfzig Jahre Chemie anschaulich machen, fünfzig Jahre schreiben über neue Entwicklungen, über viele Aspekte von Wissenschaft und Wirtschaft. Es war eine interessante Zeit, und für mich hat die Chemie ihren Zauber, ihre Faszination nicht verloren.



Teil 11: Awk – Trennzeichen & Muster

Röbbe Wüschiers

Awk-Skripte bestehen grundsätzlich aus Mustern und Befehlen. Durch die Muster wird bestimmt, auf welche Zeilen der Eingabedatei die Befehle angewendet werden sollen. Dies ist extrem hilfreich: Synthesereaktoren in der chemischen Industrie, um ein beliebiges Beispiel zu nennen, werden rund um die Uhr überwacht. Denken wir uns ein Messgerät, das im Minutentakt Uhrzeit, Temperatur, pH-Wert und Druck aufzeichnet und täglich in einer Ausgabedatei speichert – das sind 86.400 Datensätze pro Tag. Versuchen Sie gar nicht erst die Datei in MS-Excel mit seinem 65.536 Zeilenlimit zu öffnen. Mit Awk können Sie ein Muster bestimmen, das Ihnen die Zeiten und Betriebsdaten ausgibt, als die Temperatur über und der pH-Wert unter einem Grenzwert lagen. Dazu müssen Sie allerdings wissen, durch welche Trennzeichen die Datensätze voneinander separiert sind.

Von unserem Umgang mit Texten sind wir gewohnt, dass Zeilen durch Umbrüche und Wörter durch Leerzeichen voneinander getrennt sind. Dies ist daher auch die Standardeinstellung von Awk. Allerdings trifft man häufig auf Dateien, die nicht diesem Muster entsprechen. Nicht selten werden z.B. Doppelpunkte als Trennzeichen für einzelne Felder (Wörter) in Datensätzen verwendet. Im folgenden Abschnitt werden wir uns daher zunächst damit beschäftigen, wie wir Awk auf neue Trennzeichen umstellen können.

Trennzeichen

Wie in der letzten Ausgabe bereits besprochen bearbeitet Awk Dateien zeilenweise und trennt jede Zeile wiederum in Felder (Wörter) auf. Doch wie sind Zeilen und Felder definiert? Standardmäßig werden Zeilen durch Umbrüche (Zeichenfolge: `\n`) und Wörter

durch Leerzeichen oder Tabulatoren (Zeichenfolge: `\t`) getrennt. Das Beispiel in dem nachfolgenden Terminal soll Ihnen ein Gefühl für die Anwendung von Trennzeichen vermitteln.

Terminal 1

```
01 $ echo -e "Wort1\nWort2"
02 Wort1
03 Wort2
04 $ echo -e "Wort1\tWort2"
05 Wort1 Wort2
06 $ echo -e "Wort1\t\tWort2"
07 Wort1 Wort2
08 $ echo -e "Wort1\aWort2"
09 Wort1Wort2
10 $ echo "Wort1\tWort2"
11 Wort1\tWort2
12 $
```

Sie haben es wahrscheinlich gemerkt: `\a` in Zeile 8 ist kein Trennzeichen, sondern gibt einen Alarmton aus. Den Befehl `echo` versorgen wir mit der Option `-e` (*extended*, erweitert). Nur mit dieser Option werden die Sonderzeichen als solche erkannt, wie in den Zeilen 10 und 11 zu sehen ist. In Tabelle 1 sind weitere erlaubte Sonderzeichen dargestellt; probieren Sie sie mal aus.

Zurück zu Awk. Was können Sie tun, wenn Ihr Text andere Trennzeichen verwendet; wenn z.B. die Zeilen durch Pluszeichen und die einzelnen Felder nicht durch Leerzeichen, sondern durch Minuszeichen, getrennt sind. In Terminal 2 ist beispielhaft ein Auszug einer solchen Datei gezeigt. Jeder durch ein Pluszeichen getrennter Datensatz besteht aus vier, von Minuszeichen getrennten, Feldern: Zeit, pH-Wert, Temperatur und Druck. Der erste Datensatz dient lediglich als Legende.

Terminal 2

```
01 $ cat data.txt
02 time-pH-temp-pres+23:01-13
   .4-73.4-12+23:02-13.5-73.3
   -12+23:03-13.4-73.1-12+23:
   04-13.6-72.6-12+23:05-13.7
   -71.1-12+23:06-14.0-70.4-1
   1+23:07-14.1-71.4-12+23:08
   -13.8-72.3-12+23:09-13.7-7
   3.1-12+23:10-13.3-73.5-12+
   23:11-13.6-73.3-12
03 $
```

Tabelle 1: Sonderzeichen – Diese Sonderzeichen werden von den meisten Linuxprogrammen verstanden.

Zeichenfolge	Bedeutung
<code>\a</code>	Alarmton (<i>alarm</i>)
<code>\b</code>	Rückschritt (<i>backstep</i>)
<code>\n</code>	Zeilenumbruch (<i>new line</i>)
<code>\r</code>	Wagenrücklauf (<i>return</i>)
<code>\t</code>	Tabulator (<i>tabulator</i>)
<code>\\</code>	Backslash
<code>\"</code>	Anführungszeichen

Diese, sehr unübersichtliche, Datei können Sie unter <http://www.clb.de/computare.htm> herunterladen. Um Awk die verwendeten Trennzeichen in der Eingabedatei mitzuteilen gibt es zwei Variablen (Tabelle 2): *RS* (*record separator*, Zeilentrennzeichen) und *FS* (*field separator*, Feldtrennzeichen). Diese Variablen müssen vor der Ausführung von Befehlen definiert werden. Dies geschieht am besten in einem **BEGIN**-Block. Wie in der letzten Ausgabe besprochen (CLB 08/2004, Abb. 3), ist der **BEGIN**-Block optional und wird vor der Bearbeitung der zu editierenden Eingabedatei ausgeführt.

Terminal 3

```
01 $ awk 'BEGIN{RS="+"; FS="-"}
    {print $0}' data.txt
02 time-pH-temp-pres
03 23:01-13.4-73.4-12
04 23:02-13.5-73.3-12
05 23:03-13.4-73.1-12
06 23:04-13.6-72.6-12
07 23:05-13.7-71.1-12
08 23:06-14.0-70.4-11
09 23:07-14.1-71.4-12
10 23:08-13.8-72.3-12
11 23:09-13.7-73.1-12
12 23:10-13.3-73.5-12
13 23:11-13.6-73.3-12
14 $
```

Terminal 3 zeigt ein einfaches Awk-Skript, das neue Trennzeichen zuordnet und jeweils die gesamte Zeile ausgibt. Im **BEGIN**-Block werden die Trennzeichen den Variablen *RS* und *FS* zugewiesen. Diese beiden Befehle werden durch ein Semikolon voneinander getrennt. Der Hauptteil des Skriptes besteht aus dem Befehl `print $0`. Sie erinnern sich? Die aktuell bearbeitete Zeile ist in der Variablen *\$0*, und die einzelnen Felder in den Variablen *\$1*, *\$2*, usw. gespeichert (siehe auch CLB 08/2004, Abb. 2). Sollen nur die Temperaturwerte ausgegeben werden, so lautet der Befehl `print $3`. Dies ist in Terminal 4 gezeigt.

Terminal 4

```
01 $ awk 'BEGIN{RS="+"; FS="-"}
    {print $3}' data.txt
02 temp
03 73.4
04 73.3
05 73.1
06 72.6
07 71.1
08 70.4
09 71.4
10 72.3
11 73.1
12 73.5
13 73.3
14 $
```

Variable	Bedeutung	Standardeinstellung
<i>RS</i>	Zeilen-Trennzeichen bei der Eingabedatei (<i>record separator</i>)	Zeilenumbruch (\n)
<i>FS</i>	Feld-Trennzeichen bei der Eingabedatei (<i>field separator</i>)	Leerzeichen o.Tab.(\t)
<i>ORS</i>	Zeilen-Trennzeichen bei der Datenausgabe (<i>output record separator</i>)	Zeilenumbruch (\n)
<i>OFS</i>	Feld-Trennzeichen bei der Datenausgabe (<i>output field separator</i>)	Leerzeichen

Tabelle 2: Trennzeichen – Vier Variablen bestimmen, welche Zeichen Awk als Feld- und Zeilentrennzeichen bei der Dateneingabe bzw. -ausgabe verwendet.

Erst in Terminal 4 macht sich die Veränderung des Wertes von *FS* bemerkbar und die Temperaturwerte werden als drittes Feld erkannt. Auf die gezeigte Art und Weise lassen sich beliebige Trennzeichen für die Eingabedatei definieren. Wie sieht es aber mit der Datenausgabe aus? Die Beispiele in den Terminals 3 und 4 zeigen, dass der `print` Befehl standardmäßig einen Zeilenumbruch an den auszugebenden Text hängt. Ebenso werden auszugebende Texte, die durch Kommata getrennt sind, automatisch von Leerzeichen getrennt. Ein Beispiel ist im folgenden Terminal gezeigt.

Terminal 5

```
01 $ awk 'BEGIN{print "Chemie",
    "Biologie"; print "Natur"}'
02 Chemie Biologie
03 Natur
04 $
```

Unser Awk-Skript in Zeile 1 verarbeitet keine Eingabedatei. Daher müssen wir das Skript in einen **BEGIN**-Block schreiben und können auf die Angabe einer Eingabedatei verzichten. Das Skript verwendet den `print` Befehl zweimal. Die Ausgabe in der Zeile 2 gehört zum ersten `print` Befehl, die Ausgabe in der Zeile 3 zum zweiten `print` Befehl. Die Werte der Variablen *ORS* (*output record separator*) und *OFS* (*output field separator*) bestimmen die Verwendung von Ausgabe-Zeilen- und Ausgabe-Feldtrennzeichen (Tabelle 2). Wie in Terminal 6 gezeigt entspricht ihre Verwendung der von *RS* und *FS*.

Terminal 6

```
01 $ awk 'BEGIN{ORS=" : ";
    OFS="|"; print "Chemie",
    "Biologie"; print "Natur"}'
02 Chemie|Biologie : Natur : $
03 $ awk 'BEGIN{ORS=" : ";
    OFS="|"; print "Chemie",
    "Biologie"; ORS="\n";
    print "Natur"}'
04 Chemie|Biologie : Natur
05 $
```

In Zeile 1 verwenden wir die Kombination Leerzeichen-Doppelpunkt-Leerzeichen als Ausgabe-Zeilentrennzeichen und den vertikalen Strich als Ausgabe-Feldtrennzeichen. Die Ausgabe ist in Zeile 2

zu sehen. Da wir keinen Zeilenumbruch mehr verwenden, erscheint das Eingabeprompt (\$) direkt hinter der ausgegebenen Zeile. Durch drücken der **ENTER** Taste gelangen wir wieder in eine neue Zeile. Wie lässt sich das ändern? Eine mögliche Lösung ist in der Zeile 3 gezeigt. Vor der letzten Anwendung des **print** Befehls setzen wir die Variable *ORS* wieder auf ihren Standardwert, `\n`.

Ich hoffe die vorangegangenen Beispiele haben den Umgang mit Trennzeichen beim Einlesen und der Ausgabe von Daten verdeutlicht. Im nächsten Abschnitt möchte ich Ihnen vorstellen, wie Zeilen mit bestimmten Information extrahiert werden können.

Muster

Die Beschreibung von Mustern (*pattern*) um Zeilen auszuwählen, auf die Awk-Befehle angewendet werden sollen, entspricht im weitesten Sinne einer Suchaktion. Allerdings ist diese Suche nicht auf Zeilen beschränkt die einen bestimmten Text enthalten. Vielmehr können reguläre Ausdrücke ebenso angewendet werden wie logische Analysen von der Form: ist der Wert in Feld 3 größer als 250? Egal welches Muster verwendet wird, es befindet sich immer unmittelbar von dem Hauptteil eines Awk-Skriptes (siehe CLB 08/2004, Abb. 1 und 3). Außerdem können mehrere Muster mit den Booleschen Ausdrücken *und (&&)*, *oder (| |)* und *nicht (!)* zusammengesetzt werden.

Bevor wir uns einige Muster genauer ansehen, sollten wir die recht unübersichtliche Datendatei *data.txt* umformatieren und in einer Datei namens *data2.txt* speichern. Die Zeilen sollen durch Umbrüche und die Felder durch Leerzeichen getrennt werden. Wir erinnern uns: dies sind die Standardeinstellungen des **print** Kommandos. Das macht die Sache einfach.

Terminal 7

```
01 $ awk 'BEGIN{RS=" "; FS="-"}
    {print $1,$2,$3,$4}'
    data.txt > data2.txt
02 $ cat data2.txt
03 time pH temp pres
04 23:01 13.4 73.4 12
05 23:02 13.5 73.3 12
06 23:03 13.4 73.1 12
07 23:04 13.6 72.6 12
08 23:05 13.7 71.1 12
09 23:06 14.0 70.4 11
10 23:07 14.1 71.4 12
11 23:08 13.8 72.3 12
12 23:09 13.7 73.1 12
13 23:10 13.3 73.5 12
14 23:11 13.6 73.3 12
15 $
```

In Zeile 1 verwenden wir ein kleines Awk-Skript für die Umformatierung und speichern das Ergebnis mit Hilfe einer *redirection* (>) in die Datei *data2.txt*.

Diese geben wir in Zeile 2 mit Hilfe des **cat** Befehls aus, um uns die Struktur der Daten ansehen zu können. Mit dieser Datei werden wir nun die Funktion verschiedener Muster testen.

Reguläre Ausdrücke

Regulären Ausdrücken werden wir immer wieder begegnen. Es lohnt sich auf alle Fälle, sich eingehend mit ihnen vertraut zu machen (siehe auch CLB 04/2004). Reguläre Ausdrücke bilden sehr vielseitige Muster. Sie werden immer in Schrägstrichen (/) eingeschlossen.

Terminal 8

```
01 $ awk '/4\../{print $0}'
    data2.txt
02 23:06 14.0 70.4 11
03 23:07 14.1 71.4 12
04 $ awk '/2\../|/4\../
    {print $0}' data2.txt
05 23:04 13.6 72.6 12
06 23:06 14.0 70.4 11
07 23:07 14.1 71.4 12
08 23:08 13.8 72.3 12
09 $
```

Mit dem Skript in Zeile 1 suchen wir alle Zeilen, in denen eine "Vier-Punkt-Irgendwas" vorkommt. Der Punkt stellt ein beliebiges Zeichen dar. Wenn wir nach einem Punkt suchen, dann müssen wir ihm das Escapezeichen, den Backslash, voranstellen. Durch den Befehl **print \$0** wird jede Zeile der Datei *data2.txt* ausgegeben, auf die dieses Muster zutrifft. In Zeile 4 kombinieren wir zwei Muster mit einem logischen *oder*. Eine Zeile wird ausgegeben, wenn sie entweder mit dem regulären Ausdruck `2\..` oder dem regulären Ausdruck `4\..` übereinstimmt.

Terminal 9 zeigt, wie Sie testen können ob ein einzelnes Feld, anstatt der gesamten Zeile, mit einem regulären Ausdruck übereinstimmt (~) oder nicht übereinstimmt (!~).

Terminal 9

```
01 $ awk '$3~/\.4/{print $0}'
    data2.txt
02 23:01 13.4 73.4 12
03 23:06 14.0 70.4 11
04 23:07 14.1 71.4 12
05 $ awk '$3!~/\.4/{print $0}'
    data2.txt
06 time pH temp pres
07 23:02 13.5 73.3 12
08 23:03 13.4 73.1 12
09 23:04 13.6 72.6 12
10 23:05 13.7 71.1 12
11 23:08 13.8 72.3 12
12 23:09 13.7 73.1 12
13 23:10 13.3 73.5 12
14 23:11 13.6 73.3 12
15 $
```

Mit regulären Ausdrücken haben Sie bereits ein kraftvolles Werkzeug zur Beschreibung von Zeilen die Sie bearbeiten möchten zur Hand. Insbesondere für Textmuster sind sie bestens geeignet. Die Beschreibung von Zahlenmustern geht jedoch noch einfacher.

Relationales Zahlenmuster

Sie bekommen die Aufgabe, aus der Datendatei alle Zeilen auszugeben, an denen der Betriebsdruck unter 12 Bar lag und der pH-Wert 14 oder mehr Einheiten betrug. Nichts einfacher als das.

Terminal 10

```
01 $ awk '$4<12&&$2>=14
    {print $1}' data2.txt
02 23:06
03 $
```

Sie können natürlich alle möglichen Relationen wie größer (>), größer gleich (>=), ist gleich (==), ist ungleich (!=) usw. anwenden. Beachten Sie, dass die „ist gleich“ Relation durch zwei unmittelbar aufeinander folgende Gleichheitszeichen dargestellt wird.

Natürlich gibt es noch mehr Möglichkeiten der Benennung von Mustern. Die hier vorgestellten Beispiele sollen Ihnen einen Eindruck von der Anwendung von Mustern vermitteln. Wie immer finden Sie noch mehr Details in den Manuseiten von Awk, die Sie mit dem Befehl `man awk` oder `man gawk` aufrufen können. Noch ein Wort zu guter Letzt (hoffentlich nicht zu spät): Awk ist ziemlich gutmütig was die Anwendung von Leerzeichen angeht. Eines zu viel oder zu wenig wird selten zu Problemen führen. Seien Sie daher ruhig großzügiger als ich es, aus Platzgründen, bin. Machen Sie auch regen Gebrauch von Kommentaren. Jede Zeile die mit einem #-Zeichen beginnt, wird von dem Awk-Interpreter ignoriert.



FAX: 06223-9707-41

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

Für nur 87 Euro pro Jahr erhalten Sie als persönlicher Abonnent monatlich die CLB mit dem MEMORY-Teil. Das ermäßigte persönliche Abonnement kostet sogar nur 67,10 Euro pro Jahr (jeweils incl. 7 % MWSt., zzgl. Versandkosten).

Abo-Bestellcoupon

- JA, ich möchte die CLB abonnieren. Ich erhalte als persönlicher Abonnent die CLB zunächst für ein Jahr (=12 Ausgaben) zum Preis von 87 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

Das Vergehen eines Sterns im Katzenaugennebel So könnte unsere Sonne in 5 Mrd. Jahren sterben

Romano Corradi und Mitarbeiter von der Isaac Newton Gruppe von Teleskopen in Spanien haben jetzt beschrieben, dass die in der Detailaufnahme (unser Titel) zu sehenden ringartigen Staubschichten des Katzenaugennebels keine Besonderheit im All darstellen.

Vor zehn Jahren entdeckten Astronomen im Sternbild Drache NGC 6543. Der ca. 3000 Lichtjahre entfernte planetarische Nebel, den man aufgrund seines Aussehens Katzenaugennebel nennt, erweist sich als äußerst aktiv.

Die neuen Beobachtungen weisen nach Angaben der Esa darauf hin, dass der Stern in der Mitte des Katzenaugennebels Teile seiner äußeren Schichten in Abständen von jeweils rund 1500 Jahren abgestoßen hat. Dadurch entstanden Staubschichten, von denen jede einzelne so viel Masse besitzt wie alle Planeten unseres Sonnensystems zusammen. Die Hubble-Fotos lassen die Hüllen aussehen wie eine durchschnittene Zwiebel, von der jede Schale sichtbar ist.

Bis vor kurzem hatten Wissenschaftler angenommen, dass solche Ringe um planetarische Nebel ein seltenes Phänomen seien, nicht eine kosmische Alltagserscheinung.

Astronomen sind davon durchaus überrascht, denn sie hatten nicht erwartet, dass sterbende Sterne ihre äußeren Hüllen in Intervallen abstoßen. Erklärungsmodelle reichen von zyklischer magnetischer Aktivität bis hin zu einem Pulsieren des Sterns.

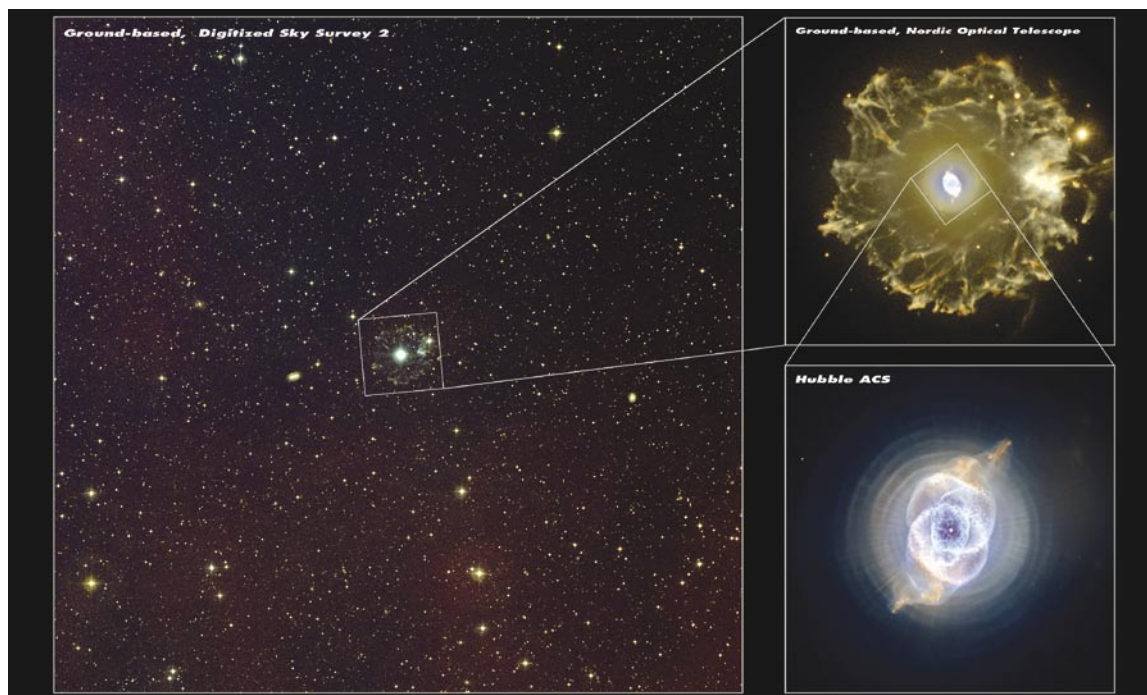
Vor 1000 Jahren aber, so viel scheint sicher, änderte sich das Muster des stellaren Masseverlusts: Der Katzenaugennebel selbst – die von links unten nach rechts oben sich erstreckende Struktur auf unserem Titelbild – entstand im Zentrum der glühenden Materiehüllen. Seitdem dehnt er sich immer weiter aus, wie auf den Hubble-Fotos von 1994, 1997, 2000 und 2002 zu sehen ist. Was den dramatischen Wandel ausgelöst hat, ist für die Forscher bis heute ein Rätsel. Manche meinen, der Grund für die komplexe Struktur liege darin, dass das zentrale Gebilde in Wirklichkeit ein Doppelsternsystem sei. *RK*



Das Bild oben zeigt NGC 6543, aufgenommen 1994 in drei Wellenlängenbereichen (rot: Wasserstoff, blau: Sauerstoff, grün: Stickstoff; Abb: Harrington/Borkowski (University of Maryland and NASA).

Das Poster unten zeigt die Sternregion um den Katzenaugennebel mit einer Ausdehnung von 1×1 Bogengrad am Himmel (Digitized Sky Survey 2), rechts oben der der Großraum des Nebels, aufgenommen mit dem „Nordic Optical Telescope“. Er hat einen Durchmesser von drei Lichtjahren. Das Bild

wurde zusammengesetzt aus zwei Aufnahme, die Emissionen von angeregtem Stickstoff (rot) bzw. Sauerstoff (blau) zeigen. Rechts unten in dem Poster: Die „Iris“ des Auges, ein Bild vom Hubble-Teleskop (siehe auch unser Titelbild; Abbildungen: SA, NASA, HEIC, Hubble Heritage Team, Nordic Optical Telescope, Romano Corradi, Digitized Sky Survey 2).



Proteine, Gene und Hormone

Das körpereigene Protein Endostatin hemmt die Endothelzellen, neue Blutgefäße auszubilden (Angiogenese). Ein Forscherteam vom Deutschen Krebsforschungszentrum untersucht mit einem DNS-Chip, der rund 90 Prozent des menschlichen Erbguts repräsentiert, welche Gene der Endothelzellen unter Einfluss von Endostatin ruhig gestellt oder aber aktiviert werden. Dabei stellte sich heraus, dass das Signalmolekül massiv in den Stoffwechsel der Zelle eingreift: Gene mit bekannter angiogenesefördernder Wirkung wurden gedrosselt, solche, die die Blutversorgung hemmen, wurden aktiviert. Der Vorteil der Methode: Anders als andere Krebsmedikamente wirken Angiogenesehemmer nicht auf die genetisch instabilen Tumorzellen, sondern auf gesunde, genetisch stabile Endothelzellen. Dadurch wird, so hoffen die Wissenschaftler, die Resistenzentwicklung verzögert, die oft die Wirkung klassischer Chemotherapeutika einschränkt.

Das natürlich vorkommende Peptid könnte eine wichtige Rolle im Kampf gegen die Autoimmunität spielen. Das haben Forscher bei Roche in Zusammenarbeit mit Immunologen der Harvard Medical School in Boston, Massachusetts festgestellt. Das CLIP (class II associated invariant chain peptide) vermindert die Produktion derjenigen Zellen des Immunsystems, die beim Auslösen von Reaktionen des Immunsystems vor dem Entzündungsprozess – einschließlich der Autoimmunität – eine kritische Rolle spielen. Diese Entdeckung kann neue therapeutische Strategien im Gebiet der Autoimmunkrankheiten aufzeigen, besonders im Gebiet der rheumatoiden Arthritis.

Das Protein Ptdsr (Phosphatidylserin-Rezeptor) wurde von Wissenschaftlern der Gesellschaft für Biotechnologische Forschung in Braunschweig (GBF) identifiziert. Das Protein ist bei allen höher entwickelten Tieren und beim Menschen für die Bildung gesunder Organe und Gewebe unerlässlich und gehört zur molekularen Grundausstattung einer jeden Zelle.

Das Protein TORTIFOLIA1, das eine maßgebliche Rolle für die räumliche Orientierung von Pflanzenorganen spielt, haben Wissenschaftler des GSF-Forschungszentrums für Umwelt und Gesundheit in München-Neuherberg, der Universität Freiburg und des John Innes Centre im britischen Norwich identifiziert.

Das neue Krebsgen BCL9-2 haben Wissenschaftler des Max-Delbrück-Centrums für Molekulare Medizin (MDC) Berlin-Buch zusammen mit Wissenschaftlern des Max-Planck-Instituts für Immunbiologie in Freiburg entdeckt. BCL9-2 ist entscheidend dafür, welche der beiden Eigenschaften des Proteins beta-Catenin (lat. catena = die Kette) in einer Zelle zum Tragen kommt. Beta-Catenin fungiert einmal als Bindemolekül in Zell-Zellverbindungen, kann aber unter bestimmten Voraussetzungen zum Genregulator werden.

Informatik unterstützt medikamentöse Behandlung Gehirntumoren gezielt adressieren

Neue Software hilft, Medikamente gezielt an bestimmte Stellen des Gehirns einzubringen.

Das Computerprogramm des Münchner Medizintechnikunternehmens BrainLAB zeigt bereits im Vorfeld der Behandlung von Hirntumoren an, wie sich ein Medikament im Gehirn des Patienten verteilen wird. Mit Hilfe dieser Simulation lässt sich dann bestimmen, wo und in welcher Dosis die zur Behandlung erforderlichen Wirkstoffe injiziert werden müssen, um erkrankte Zellen zu erreichen.

Das Gehirn schützt sich äußerst effektiv gegen Umweltgifte. Die Blut-Hirn-Schranke verhindert, dass Fremdstoffe aus dem Blut in das zentrale Nervensystem eindringen. Leider erschwert dieser wichtige Schutzmechanismus aber zugleich die Therapie von Krankheiten des Gehirns, denn viele Arzneimittel können nicht aus dem Blut ins Hirngewebe übertreten. Mediziner injizieren deshalb seit einiger Zeit Medikamente über kleine Schläuche direkt ins Gehirn. Die Verteilung ist für jeden Patienten und für jede Gehirnregion jedoch

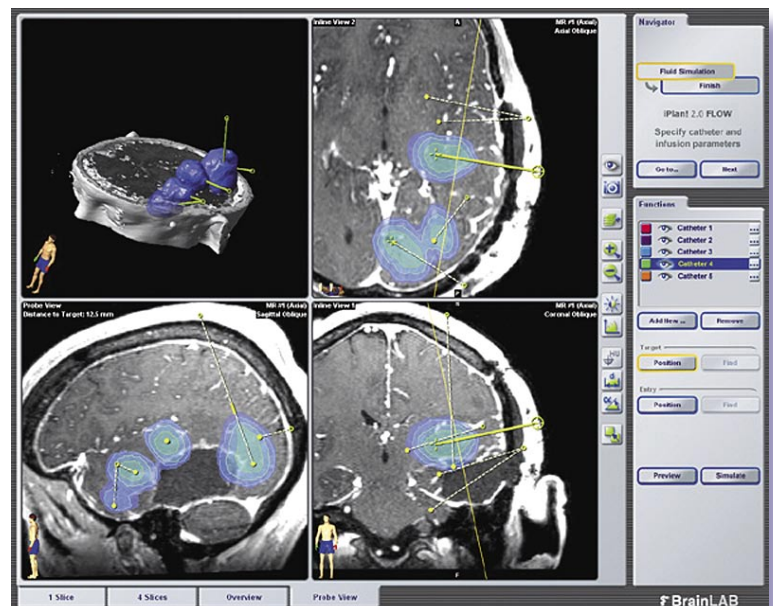
so unterschiedlich, dass der Arzt nur schwer die Zielregion genau treffen kann.

Basierend auf laufenden Entwicklungen von Dr. Raghu Raghavan und Dr. Martin Brady aus Baltimore, USA, macht die neue Software diese Therapie wesentlich effektiver und sicherer. Das Computerprogramm berechnet, wie sich ein Medikament voraussichtlich im Gehirn verteilen wird.

Zur Durchführung der Simulation erstellt der Computer zunächst anhand von Kernspintomographie-Bildern eine individuelle dreidimensionale Karte vom Gehirn des Patienten. Aus ihr geht die „Leitfähigkeit“ des Hirngewebes für die Trägersubstanz der Wirkstoffe hervor. Diese Leitfähigkeit entscheidet darüber, wie sich die Arznei verteilt – die Flüssigkeit folgt dem Weg des geringsten Widerstandes. Anhand der individuellen „Leitfähigkeitskarte“ berechnet der Computer dann den Ausbreitungsweg der Arznei.

Unterstützt wird das Projekt vom Bundesministerium für Forschung und Bildung sowie den United States National Institutes of Health.

Software simuliert die Ausbreitung von Pharmaka, die direkt ins Gehirn eingebracht werden (Abb: BrainLAB):



Lebendiger Einstieg in die Chemie

Mädelfessel-Hermann; F.Hammar; H.-J.Quadbeck-See-ger: Chemie rund um die Uhr, 234 Seiten; Gebunden; Wiley-VCH, Weinheim; 2004.X; ISBN 3-527-30970-5; 19,90 Euro.



Chemie rund um die Uhr?! Was hat diese mysteriöse Wissenschaft mit unserem Tagesablauf zu tun? Das „Jahr der Chemie 2003“ liegt hinter uns. Ebenso der 200. Geburtstag Justus von Liebig's am 12. Mai 2003, begleitet von einer prächtigen Ausstellung zu Leben und Wirken in der Uni-Stadt Gießen.

Was hat jedoch der Chemiker Liebig mit dem Vater des Giftgaskriegs – Fritz Haber zu tun? Letzterer hat

als genialer Chemiker es geschafft, auch den Stickstoff der Luft in lösliche Verbindungen zu überführen.

Andererseits: Welchen Anteil haben beide Chemiker an der Ernährungssituation unserer Weltbevölkerung?! Fragen über Fragen, und dieses Buch gibt auch Antworten darauf.

Auch im Jahr 2004 ist das Wissen, Lehren und Forschen um die Chemie hoch aktuell. Und dabei liefert das vorliegende Buch einen hervorragenden lebendigen Einstieg! Die 234 Seiten sind mit der gezielten Illustration und Bebilderung sehr gut zu bewältigen. Themen von 6:00 bis 24:00 Uhr reihen sich schlagwortartig wie auf einer Perlenkette aneinander.

Vom Aufstehen zum Frühstück, vom Weg zur Arbeit bis zum Feierabend, von der Freizeitbeschäftigung und sportlicher Kleidung bis zur Nachtruhe. Überall begegnen uns chemische Produkte und Reaktionen. Auch so manche Meldung in den Tagesnachrichten ist ohne Grundlagenverständnis nicht zu durchleuchten.

Es macht richtig Spaß, diesem Leitfaden zu folgen und die Zusammenhänge der Chemie mit unserer Umwelt und unserem Inneren zu erkennen.

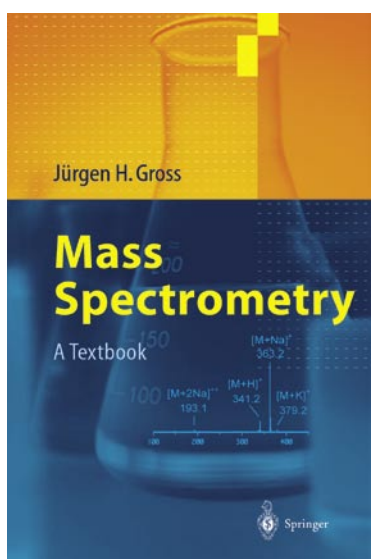
Das Buch wird herausgegeben von der GDCh und gefördert vom Bundesministerium für Forschung und Bildung. Wir wünschen uns noch mehr solche leichtverständlichen Bücher für unseren Alltag.

Kurt Wunsch, Chemietechniker in der Qualitätssicherung

Auch für MS-Novizen geeignet

Jürgen H. Gross: Mass Spectrometry: Textbook, 518 Seiten; Gebunden; Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2004; ISBN 3-540-40739-1; 59,95 Euro

Jürgen Gross vertritt im Vorwort seines Buches „Mass Spectrometry – A Textbook“ die Auffassung, das ideale Lehrbuch fehle im Bereich der Massenspektrometrie. Er stellt an seine Monographie den Anspruch, Lehrbuch und Nachschlagewerk, als auch Lektüre zum Einstieg für den MS-Novizen zu sein.



Wird er diesem Anspruch gerecht?

Der erste Eindruck ist von einem didaktisch klaren Aufbau, gutem Bildmaterial und sehr umfangreichen Literaturverzeichnissen der einzelnen Kapitel geprägt. Ferner stechen die hilfreichen Merkkästen ins Auge, in welchen in prägnanter Form u. a. wichtige Grundsätze der MS erwähnt werden.

Nach einem einleitenden Kapitel geht der Autor sehr fundiert auf physikalisch-chemische Eigenschaften von Ionen in der Gasphase ein, um folglich in einem umfassenden Kapitel das Thema Isotope zu behandeln. Im folgenden Abschnitt widmet sich Gross der breiten Palette von Instrumenten, ehe er in einem, angemessen kurzen wie ich meine, Kapitel auf Elektronenstoßionisation eingeht. Dem folgt ein ca. 100 Seiten langer Abschnitt über Fragmentierung organischer Ionen und Interpretation von Massenspektren. Es schließen sich fünf Kapitel, in denen er sich der CI, der Feldionisierung und -desorption, der FAB, der MALDI und der ESI widmet, bevor er mit dem Kapitel über MS-Kopplungstechniken und letztlich mit einem knappen Anhang schließt.

Der Inhalt des Abschnitts 1.5 (Einheiten, physikalische Größen und Konstanten) findet sich in jedem einschlägigen PC-Lehrbuch. Ich würde es weg lassen oder zumindest in den Anhang verschieben. In der Literatur konnte ich den Titel „Massenspektrome-

trie – Begriffe und Definitionen“ von E. Schröder aus der Heidelberger Taschenbücher-Serie von Springer nicht finden, welches ich als MS-Einsteiger gut zu verwenden wusste. Ob man der Ermittlung von Ionisierungs- und Auftrittenergien ein ganzes Teilkapitel (siehe 2.10) widmen muß, darüber läßt sich streiten. Ein kurzer Abschnitt, gespickt mit wertvoller Sekundärliteratur würde meiner Ansicht nach genügen. Das Kapitel über praktische Aspekte von Isotopenmuster (3.2.8) finde ich dagegen u. a. sehr hilfreich. Die letzten beiden Teilkapitel von 4. (Vakuumtechnologie und Kauf eines Instruments) empfinde ich dagegen als dürftig. Einerseits wäre hier die eine oder andere schematische Zeichnung und weiterführende Literatur angebracht gewesen. Andererseits hätte man auf Produktübersichten aus Anal Chem, NadC etc. verweisen, Hersteller

aufzählen, Preisbereiche erwähnen und evtl. Preisentwicklungen der vergangenen Jahren bei Massenspektrometern darstellen können.

Im Rahmen der CI wird zwar PI behandelt, jedoch bleibt das Protonentransfer-MS von Lindinger et al. gänzlich unerwähnt. Durch die erwähnten Applikationsbeispiele erhält man einen Eindruck von der Vielseitigkeit der Massenspektrometrie, jedoch wäre ein umfassendes Kapitel über aktuelle Anwendungen wünschenswert, in welchem der Einsatz von MS zur Strukturaufklärung von Biomolekülen noch eingehender behandelt wird. Auch der Einsatz der hochauflösenden MS in der Umweltanalytik (z. B. zur Dioxinbestimmung), der Protonentransfer-MS in der Medizin (z. B. zur Charakterisierung von ausgeatmeter Luft), der CIMS in der Atmosphärenchemie (z. B. zur Bestimmung atmosphärischer Konstituenten oder zur Bestimmung der Kinetik von Gasphasenreaktionen allgemein) oder der Prozess-MS zur Optimierung von Darstellungsverfahren in der chemischen Industrie sollte solch ein Kapitel füllen. Dies sind nur Beispiele, wohlgerne. Die LC-MS wird meiner Meinung nach nicht entsprechend gewürdigt, ebensowenig die SIMS - zwei Literaturstellen aus den Jahren 1986 und 1989 erscheinen mir nicht angemessen. ICP-MS und LA-ICP-MS bleiben quasi unerwähnt. Beides hätte beispielsweise in Zusammenhang mit Isotopenverdünnungsanalyse erwähnt werden können.

Wünschenswert wäre ein umfassendes Appendix, welches Ionisierungsenergien, wichtige Fragmente, deren Massen und Bezeichnungen (Stichwort: „Wie heißt das Ion am Telefon?“), wichtige Konferenzen, ein Verzeichnis von Herstellern, MS-Datenbanken, evtl. sogar renommierte Massenspektrometriker und Nobelpreise in Verbindung mit MS (1989: Paul & Dehmelt, 2002: Tanaka & Fenn) zusammenfasst. Als Freund ausführlicher Indices wird man etwas enttäuscht – Mattauch-Herzog und Nier-Johnson sucht man beispielsweise vergeblich, obwohl im Text dann doch zu finden. Lösungen zu Aufgaben via Internet anzubieten finde ich gut, jedoch sollten die Aufgaben im Buch gestellt werden.

Trotz der gehäuften Kritik möchte ich dem Autor zu seinem Werk gratulieren. Die ein oder andere Änderung und Ergänzung ließe sich ja beizeiten in einer zweiten Ausgabe berücksichtigen. Für eine Erstausgabe ist die Zahl an orthographischen Fehlern, Fehlbezeichnungen etc. erstaunlich gering. Der Preis ist in Hinblick auf die Qualität des Buches und im Vergleich zu anderen Lehrbüchern der Massenspektrometrie durchaus gerechtfertigt. Für Studenten wäre eine günstigere Paperback-Version wünschenswert, zumal es sich meines Erachtens in der Tat um ein Werk handelt, dessen Anschaffung auch MS-Novizen durchaus ernsthaft erwägen sollten.

Dr. Markus M. Haider

Senior Manager Molecular Spectroscopy

Sensoren und Biochips

Der AmpliChip CYP450 Test von Roche analysiert die genetischen Variationen auf den Genen Cytochrom P450 2D6 und 2C19, die bei der Verstoffwechslung vieler häufig verschriebener Medikamente eine wichtige Rolle spielen – und definiert dann entsprechend den Phänotyp (langsamer, mittlerer, schneller oder ultraschneller Metabolisierer). Die Testergebnisse können dem Arzt bei der Medikamentenwahl und der Festsetzung der individuellen Dosis von Arzneimitteln helfen, welche primär von den Enzymen metabolisiert werden, für die diese Gene codieren. Der AmpliChip CYP450 ist der erste CE-zertifizierte diagnostische In-vitro-Test auf der Basis der DNA-Chip-Technologie von Affymetrix.

Die Einsparung von Tierversuchen verspricht ein neuartiges In-Vitro-Screeningsystem, das Rostocker Forscher im Verbund mit Industriepartnern entwickelt haben. Mikrosensorchips, auf welchen sich lebende Nervenzell-Netzwerke befinden, zeigen typische Aktivitätsmuster im Ruhezustand, sowie als Reaktion auf Substanzzugaben. Dadurch sollen zukünftig die Substanztests für die Neuro-Pharmakaentwicklung wesentlich vereinfacht werden.

Gase und Gerüche wahrnehmen können neue keramische Minisensoren von Siemens. Für die unterschiedlichen Gase wurden verschiedene Sensortypen entwickelt. Während die FET-Gassensoren bereits bei Zimmertemperatur ansprechen, erkennen die Metalloxid-Gassensoren das Vorhandensein und die Konzentration einzelner Gase, sobald sie auf mehrere 100 Grad Celsius erhitzt werden. Ist das Sensormaterial anschließend wieder der Raumluft ausgesetzt, regeneriert es sich. Auch in verschmutzten Umgebungen lassen sich diese Sensoren einsetzen. Die Sensoren benötigen je nach Auslegung zwischen wenigen hundert und unter einem Milliwatt Leistung.

Sensitivste Expressionsanalyse bei der Maus

Applied Biosystems hat das Mouse Genome Survey Microarray für die Gen-Expressionsanalyse entwickelt. Das Microarray enthält etwa 32 000 Mausgene aus öffentlichen- und Celera-Datenbanken. Es wird die gleiche sensitive Chemilumineszenz-Technik wie beim Human Genome Survey Microarray eingesetzt, und damit ist das Array die bisher umfassendste Informationsquelle über die Maus. In Verbindung mit der Celera Discovery System Online Plattform können Forscher Menschen- und Mausgene in ihrem Zusammenhang vergleichen, unbekannte Gene auf dem gleichen Chromosom identifizieren und Verbindungen zwischen ihnen graphisch darstellen. Zusammen mit dem kürzlich entwickelten Expression Array Sys-

tem ist das Mouse Microarray das sensitivste, integrierte System für die Expressionsanalyse in diesen wichtigen Tiermodell.

Applied Biosystems
 Warrington, Cheshire, WA3 7QH, UK
 Tel +44 (0)1925 825650
 Fax +44 (0)1925 282502
<http://europe.appliedbiosystems.com>



Zentrifugensäulen: Probenvorbereitung für die Massenspektrometrie

Die Vivascience AG erweitert ihre Produktpalette im Bereich Proteomics um die Zentrifugensäulen zur Probenvorbereitung für die Massenspektrometrie.

Die neuen Zentrifugensäulen Vivapure C18 besitzen eine innovative C18 Membran und eignen sich zum Konzentrieren, Reinigen und Entsalzen von Peptiden vor der Analyse, beispielsweise MALDI-Messungen.

Die anwenderfreundliche Durchführung sämtlicher Arbeitsvorgänge in der Zentrifuge ermöglicht eine standardisierte Probenbearbeitung und führt somit zu sehr gut reproduzierbaren Ergebnissen. Es können Ausgangsvolumina bis zu 200 Mikroliter in einem Arbeitsschritt bearbeitet werden. Eine Elution in 3 Mikroliter-Volumen kann wahlweise direkt mit Matrix-Lösung durchgeführt werden. Die Säulen eignen sich für die Probenvorbereitung für MALDI, MALDI-TOF oder ESI Messungen.

Neben den Vivapure C18 Zentrifugensäulen bietet Vivascience

ebenfalls Produkte zur 2D-PAGE Probenvorbereitung an. Dazu gehören das Vivapure Anti-HSA Kit zur Entfernung humanen Albumins aus Serumproben sowie Vivapure Ionenaustauscher-Zentrifugensäulen zur reproduzierbaren Fraktionierung komplexer Proben. Mit beiden Produkten lässt sich die Auflösung der nachfolgenden 2D-PAGE auf schnelle und bequeme Weise erheblich verbessern.

Vivascience AG
 30625 Hannover
 Tel +49 (0)511 52487511
 Fax +49 (0)511 52487519
www.vivascience.com



Elektronische Pipette Eppendorf Research pro

Nach jahrelanger, erfolgreicher Marktpräsenz hat Eppendorf seine elektronischen Ein- und Mehrkanalpipetten noch benutzerfreundlicher gemacht.

Neben der Integration des Eppendorf PhysioCare Conceptes sind nun auch die Software und die Benutzerschnittstellen nach neusten ergonomischen Erkenntnissen gestaltet worden. So wurde z.B. die Dispensierfunktion vereinfacht und die weniger häufig benutzen Funktionen farblich (grau) abgesetzt, um eine intuitive Bedienung – auch für ungeübte Benutzer – zu ermöglichen.

Insgesamt stehen 5 Einkanal- und 7 Mehrkanalpipetten mit Volumengebieten zwischen 0,5 - 5000 ml zur Verfügung.

Eppendorf AG
Tel 040 5 38 01 0
Fax 040 5 38 01 556
www.eppendorf.com



Nanopositionierung

Die Firma Mad City Labs in Madison, Wisconsin, USA bietet ein großes Sortiment von voll integrierten Nanometer-Positioniersystemen (einachsige bis fünfachsig) für die verschiedensten Anwendungen in Forschung und Entwicklung bei vergleichsweise günstigen Preisen weltweit an. Diese Systeme sind sowohl geeignet, um Mikroskopeinstellungen mit Nanometer-Präzision zu realisieren als auch andere Nanometer-Positionierungsaufgaben mit den unterschiedlichsten Anforderungen bezüglich Verstellbereich, -geschwindigkeit, -genauigkeit und -kraft sowie Temperaturkonstanz und Umgebungsbedingungen (sogar Ultrahochvakuum) zu erfüllen. Für inverse Mikroskope ist z.B. das System „Nano View“ mit Verstellbereichen von 200 µm (in X- und Y-Richtung) und 100 µm (in Z-Richtung) mit Nanometer-Auflösung bei linearer Regelung und hoher Verstellgeschwindigkeit vorgesehen. Dieses System ist so kompliziert, dass es regelungstechnisch mit Standard „Control Boards“ von National Instruments betrieben wird und somit voll kompatibel für Anwendungssoftware ist, die mit „Lab View“ geschrieben wurde.

Laseranalytik Starna GmbH
Postfach 1223
64311 Pfungstadt

Präzise 2D/3D-Bilder zur räumlichen Verteilung niedermolekularer Substanzen



Applied Biosystems und sein Partner MDS SCIEX haben ein neues Verfahren zum Herstellen von Gewebebildern mit dem QSTAR XL Hybrid LC/MS/MS System entwickelt. So können die Verteilung und der Metabolismus von Medikamenten im Gewebe studiert werden. Mit der neuen Technik werden präzise 2D- und 3D-Bilder erzeugt, die die räumliche Verteilung niedermolekularer Substanzen darstellen. Mit Hilfe einer neuen MALDI-Software und eines extrem schnellen Lasers, der 30mal schneller feuert als existierende MALDI QqTOF MS-Laser ist schnellste Datenerhebung und Interpretation möglich.

Die Technik wurde zusammen mit dem Mass Spectrometry and Proteomics Center der Vanderbilt School of Medicine erarbeitet. Dr. Richard Caprioli, Direktor des Centers und Mitentwickler, erklärt: „Diese neue Technik kann dazu beitragen, individuelle, maßgeschneiderte Pharmaka mit weniger Nebenwirkungen zu entwickeln.“

Applied Biosystems
Warrington, Cheshire, WA3 7QH, UK
Tel +44 (0)1925 825650
Fax +44 (0)1925 282502
<http://europe.appliedbiosystems.com>

Optimierung der Bedienkräfte: Eine fühlbar neue Philosophie

Die bewährten Reference Pipetten von Eppendorf wurden durch eine Optimierung der Bedienkräfte aufgewertet.

Diese neuen Reference PhysioCare Concept Pipetten verkörpern ein Konzept, bei dem alle relevanten Aspekte rund um das Pipettieren berücksichtigt wurden. Die hervorragende Anwenderfreundlichkeit der neuen Reference PhysioCare Concept Pipette wurde vom TÜV Rheinland mit einem Zertifikat bestätigt.

Bei den variabel einstellbaren Pipetten sorgt der seitliche Volumenarretierungsknopf für eine sichere Fixierung des gewählten Volumens und verhindert das versehentliche Verstellen während des Pipettierens. Das Volumen lässt sich bequem mit nur einer Hand einstellen.

Die kompakte Bauweise der Reference Pipetten ermöglicht ein müheloses Arbeiten an der Sterilbank. Zur Entnahme aus Enghalsgefäßen kann überdies der Spitzenabwurf abgezogen werden. Der Kolben ist

chemikalienresistent und korrosionsfrei und läuft ausgesprochen weich und ruckfrei. Dies ist nicht nur wichtig für das gleichmäßige Aufziehen und Abgeben von Flüssigkeiten, sondern erleichtert vor allem das Pipettieren kritischer Proben.

Auch die persönliche Sicherheit hat man mit den Reference Pipetten fest im Griff, da die Pipetten dank der Riffelung fühlbar gut in der Hand liegen und sich zum anderen problemlos reinigen lassen. Möglich wird dieses durch den speziellen Kunststoff, der nicht nur für optimale Griffigkeit sorgt, sondern die Pipetten auch so robust macht. Sie sind UV-resistent und

routinemäßig voll autoklavierbar (150 mal bei 121°C, 20 min) – und alles ohne jede Beeinträchtigung von Richtigkeit und Präzision.



Eppendorf AG

Tel 040 5 38 01 0

Fax 040 5 38 01 556

www.eppendorf.com

Hochempfindliche API 4000-Systeme im Dauereinsatz

Das Forschungsunternehmen CEM Analytical Services (CEMAS) in North Ascot lobt das API 4000 LC/MS/MS System von Applied Biosystems, das ihnen einen schnellen, effizienten Kundenservice ermöglicht.

Michael Eustace, Chairman bei CEMAS, erklärt: „Es gibt einen steigenden Bedarf für Forschungslaboratorien, die durch ein breit gefächertes Angebot bis hin zum Full project-Management einem Unternehmen alles aus einer Hand anbieten. CEMAS kann fast jedes Material analysieren, überwiegend für agrochemische, tiermedizinische und pharmazeutische Firmen. Wir managen alles von der Produktregistrierung bis zu den Versuchsserien, wenn dies gewünscht wird. Unsere erstklassige Ausstattung

schließt zwei API 4000 Systeme ein. Damit führen wir unabhängige Versuchsvalidierungen von Kunden durch, die ihrerseits das gleiche System in ihrem Labor benutzen. Das System ist sehr robust. Eines unserer Geräte läuft seit der Installation Tag und Nacht. Durch die sehr hohe Sensitivität konnten wir bei der Entwicklung neuer Antibiotika die bislangniedrigsten Rückstände detektieren.“

Applied Biosystems
Warrington, Cheshire, WA3 7QH, UK

Tel +44 (0)1925 825650

Fax +44 (0)1925 282502

<http://europe.appliedbiosystems.com>



**Ein Bild sagt
mehr als 1000
Worte!**

**Zur den Bedingungen
für die Veröffentlichung von Abbildungen bei Produkten fragen Sie bitte unseren Service!**

**Anfragen bitte an
service@clb.de**

Aufreinigung von Umweltproben

Für die Aufreinigung von Umweltproben entsprechend den EPA-Methoden hat Polymer Laboratories die hochauflösenden GPC-Säulen PL EnviroPrep auf den Markt gebracht. PL EnviroPrep-Säulen gestatten einen einfachen, einstufigen Aufreinigungsschritt zur Bestimmung von Pestiziden in einer Vielzahl organischer Matrices, z.B. Böden und tierische Gewebe, usw. Die Matrix wird extrahiert und die höheren Molekulargewichts-Fractionen wie Lipide, Polymere, natürliche Harze und dispergierte hochmolekulare wichtige Komponenten werden in der GPC-Analyse einfach eliminiert. Der Einsatz von PL EnviroPrep-Säulen gestattet höhere Probenbeladung und Fraktionsausbeuten. Dies ist besonders bei der Untersuchung geringer Schadstoff-Konzentrationen nützlich.

PL EnviroPrep präparative Säulen mit 10 μm Teilchengröße und 100 Å Porengröße bieten hohe Auflösung und hohe Beladbarkeit durch Optimierung der Partikelgrößen-Verteilung.

Polymer Laboratories GmbH
64293 Darmstadt
Tel 06151 860690
Fax 06151 860670
www.polymerlabs.com

Anwenderfreundliches Fluid-Handling anspruchsvoller Chemikalien

Bio-Chem Valve, der Spezialist für Durchflussregelung, bietet Entwicklern medizinischer und wissenschaftlicher Instrumente vollständig integrierte Verteilerbaugruppen an, die nach spezifischen Auflagen konfiguriert werden können. Das Unternehmen bringt normale oder maßgeschneiderte Absperrventile, Mikropumpen und Schläuche auf einem effizienten vormontierten Modul auf, das Platz spart und keine Kosten durch Montage, Handhabung und Testen verursacht.

Mit den patentierten Verteilerbaugruppen, die in Europa über Omnifit Ltd erhältlich sind, wird die Integrität bei der Handhabung hochreiner oder aggressiver Chemikalien in mehrdimensionalen Durchflussregelungsanwendungen gewährleistet.

Die Verteilerbaugruppen bieten eine kostengünstige Kombination von Flüssigkeitsregelungen in einem einzigen System und ersetzen damit mehrere unabhängige Venti-

le sowie meterlange Schläuche und Verdrahtungen.

Die aufschraubbaren Ventile aus einem Stück können schnell und einfach montiert und sofort verwendet werden. Sie sind in verschiedenen Materialien, beispielsweise PTFE, PEEK, Ryton und Acryl, erhältlich, um Systemkompatibilität zu bieten.

Zusammen bieten Bio-Chem Valve und Omnifit ein vollständiges Programm an inerten Fluid-Handling-Komponenten und bieten Kunden damit Complete Fluid System Solutions an.

Omnifit Ltd
Cambridge, CB1 3HD, England
Tel 0044 (0) 1223 416642
Fax 0044 (0) 1223 416787
www.omnifit.com



Bezugsquellenverzeichnis

ANALYSEN

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

Ilse Beetz
Mikroanalytisches Laboratorium
Postfach 1104, D-96301 Kronach
Industriestr. 10, D-96317 Kronach
Tel. 09261 2426, Fax 09261 92376

ARÄOMETER

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



ARBEITSSCHUTZARTIKEL

Carl Roth GmbH + Co.
Postfach 21 11 62
D-76161 Karlsruhe
Tel. 0721 56060



BSB-BESTIMMUNG

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

CHEMIKALIEN

Carl Roth GmbH + Co.
Postfach 21 11 62
D-76161 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

LOT
061 51/88 06-0
Fax 061 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

LOT
061 51/88 06-0
Fax 061 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

CHRIST
Gefrier- und Trocknungsanlagen

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



STERIS

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



HOHLKATHODENLAMPEN

LOT
061 51/88 06-0
Fax 061 51/89 66 67
www.LOT-Oriel.com



KÜHL- UND TIEFKÜHLGERÄTE

Hettich
ZENTRIFUGEN

Gartenstr 100
D-78532 Tuttlingen
Tel. 07461 705-0, Fax 07461 705-125
www.hettichlab.com
info@hettichlab.com



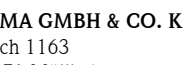
Kendro
Quality Products – Lifetime Care

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

Carl Roth GmbH + Co.
Postfach 21 11 62
D-76161 Karlsruhe
Tel. 0721 56060



LABOREINRICHTUNGEN

Köttermann GmbH & Co KG
Industriestr. 2-10
D-31311 Uetze/Hänigsen
Tel. 05147 976-0 Fax 05146 976-844
www.koettermann.com, info@koettermann.de



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



LABORHILFSMITTEL

Carl Roth GmbH + Co.
Postfach 21 11 62
D-76161 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

Hettich
ZENTRIFUGEN

Gartenstr 100
D-78532 Tuttlingen
Tel. 07461 705-0, Fax 07461 705-125
www.hettichlab.com
info@hettichlab.com



Kendro
Quality Products – Lifetime Care

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



SIGMA
Laborzentrifugen

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



Große
Anzeigen zu
teuer? Hier
kostet ein
Eintrag nur
4,50 Euro
pro Zeile,
ein Milli-
meter pro
Spalte 2,25
Euro!

LEITFÄHIGKEITS-MESSGERÄTE



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

LEITFÄHIGKEITSMESSUNG

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

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/REDOX-ISE-MESSUNG

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

PH-MESSGERÄTE

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



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

PHOTOMETR. WASSERANALYSE GERÄTE UND TESTSÄTZE

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

POLARIMETER



SCHMIDT + HAENSCH GmbH & Co
Waldstr. 80/81; D-13403 Berlin
Tel: 030 417072-0; Fax 030 417072-99

REFRAKTOMETER



SCHMIDT + HAENSCH GmbH & Co
Waldstr. 80/81; D-13403 Berlin
Tel: 030 417072-0; Fax 030 417072-99

REINIGUNGSMITTEL FÜR LABORGLAS



Carl Roth GmbH + Co.
Postfach 21 11 62
D-76161 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

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

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



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

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

THERMOMETER

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



TIEFSTTEMPERATURMESSUNG

Cryophysics GmbH
Dolivostr. 9, D-64293 Darmstadt
Tel. 06151 8157-0, Fax 06151 8157-99
info@cryophysics.de

VAKUUMKONZENTRATOREN

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

WASSERDESTILLIERAPPARATE



Ges. f. Labortechnik mbH
Postfach 1152
D-30927 Burgwedel
Tel. 05139 9958-0
Fax 05139 9958-21
info@GFL.de
www.GFL.de

Große
Anzeigen zu
teuer? Hier
kostet ein
Eintrag nur
4,50 Euro
pro Zeile,
ein Milli-
meter pro
Spalte 2,25
Euro!

Tabelle

Physikalische Eigenschaften gehärteter Epoxy-Harze

Eigenschaft	Dimension	Wert
spez. Gewicht	g/cm ³	1,1 bis 1,2
Biegezugfestigkeit	kg/cm ²	900 bis 1400
Schlagbiegefestigkeit	cmkg/cm ²	10 bis 25
Zugfestigkeit	kg/cm ²	500 bis 800
Druckfestigkeit	kg/cm ²	1000 bis 1400
Elastizitätsmodul	kg/cm ²	30000 bis 50000
Wärmeausdehnungskoeffizient	%/°C	60 bis 100 · 10 ⁻⁶
Wärmeleitfähigkeit	Kcal/m°C	0,17
Wärmeformbeständigkeit nach Vicat	°C	100 bis > 250
Wärmeformbeständigkeit nach Martens	°C	60 bis 230
Wasseraufnahme	% in 7 Tg.	0,2
Dielektrizitätskonstante ε (50 Hz, 20°C)		3,5 bis 4
Verlustfaktor tg δ (50 Hz, 20°C)		0,003 bis 0,01
spez. Widerstand	Ohm/cm	10 ¹⁵ bis 10 ¹⁷
Oberflächenwiderstand	Ohm	> 4 · 10 ¹³
Durchschlagfestigkeit (2-mm-Platte)	KV	35 bis 45

Nach der Härtung lassen sich die Epoxy-Harze gut spanabhebend bearbeiten, also drehen, bohren, polieren usw.; man kann sie — mit Epoxy-Harzen — kleben, jedoch nicht schweißen.

Anwendung der Epoxy-Harze

1. Lacke. Die Hauptmenge — etwa $\frac{2}{3}$ — aller hergestellten Harze werden für den Oberflächenschutz verbraucht: als Konservendosen- und Tubeninnenlacke, auch für aggressive Füllgüter. Wegen der hohen Elastizität sind sie tiefziehfähig, d. h. sie platzen oder springen nicht beim Tiefziehen eines lackierten Bleches. In der chemischen Industrie verwendet man sie viel als chemikalienfeste, korrosionsverhindernde Anstriche; Epoxy-Lackierungen sind gegen viele Chemikalien, wie Lösungsmittel, verdünnte Säuren und Salzlösungen sehr beständig.

Diese Reaktionslacke können kalt- und wärmehärtend eingestellt sein. Neben ihnen gibt es mit Fettsäuren veresterte Epoxyde; je nach der verwendeten Fettsäure sind es luft- oder ofentrocknende Lacke. Diese Ester besitzen gute Chemikalienfestigkeit, Haftfestigkeit und Elastizität.

2. Gießharze. Abb. 2 zeigt einen Anker für einen Elektromotor, bei dem die Wicklungen mit Epoxy-Harz ausgegossen wurden: ein Beispiel dafür, wie die guten mechanischen und elektrischen Eigenschaften zusammen ausgenutzt werden. Epoxy-Harze werden besonders in der Elektroindustrie viel verwendet, um Metallteile und Drähte einzugießen, damit kompakte Bauteile entstehen. Weitere Anwendungsgebiete sind: Verguß von Kondensatoren, Isolatoren,

Kabelmuffen, Durchführungen, Elektronik-Baugruppen usw., Umspanner bis 110 KV, Spulenkörper, Kollektoren, aber auch Gehäuse, Gefäße, Armaturenteile, Pumpenteile für Säurepumpen usw.

3. Werkzeugharze. Diese Harze dienen zur Herstellung von Modellen, Formen und Lehren für die Formung von Kunststoffen oder Blech. Abb. 3 zeigt ein Tiefziehwerkzeug für Bleche, in dem 0,8-mm-Bleche durch Druck verformt werden.

Werkzeugharze werden besonders hoch beansprucht, sie ersetzen in vielen Fällen, bei wesentlich geringeren Herstellungskosten, Metallformen. Auch beim Tiefziehen von Kunststoffen werden Epoxyharz-Formen verwendet.

4. Laminierharze. Ebenso wie Polyester lassen sich auch Epoxyde mit Glasfasern verstärken. Die Eigenschaften solcher Lamine sind noch besser als bei Verwendung von Polyestern. Hergestellt werden Boote, Badewannen, Karosserien, Propellernabenverkleidungen; sogar Tragkamin von 17,5 m Höhe und 1 m Durchmesser ist aus glasfaserverstärktem Epoxyharz gebaut worden.

5. Kleber. Das ausgezeichnete Haften von Epoxy-Harzen auf fast allen Werkstoffen wird bei ihrer Verwendung als Klebemittel ausgenutzt. Man kann Metall auf Metall, aber auch Porzellan, Glas, Zement, Holz usw. miteinander und untereinander kleben. Die Festigkeit der Klebfuge ist oft so gut, daß beim Zugversuch der Probekörper reißt, während die Verklebung noch intakt bleibt. Die Klebemittel werden viel im Flugzeugbau verwendet, man hat auch schon ganze Stahlbrücken mit Epoxy-Klebern zusammengeklebt.

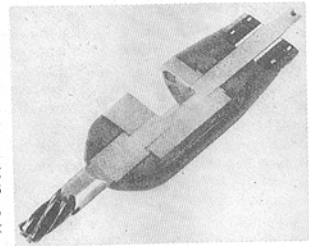


Abb. 2. Längsschnitt durch den Rotor eines Elektromotors für eine Mauerfräse. Die Wicklungen sind in ein Epoxyharz eingegossen. Herst.: AEG, Stuttgart.

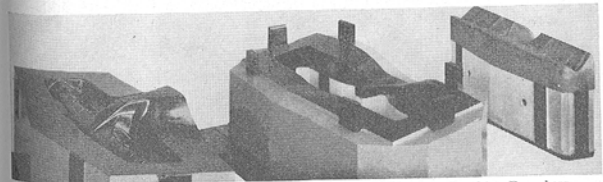


Abb. 3. Dreiteiliges Werkzeug zum Tiefziehen von Karosserieblech aus verstärktem Epoxyharz. Herst.: Aug. Lippke GmbH, Heilbronn am Neckar.

6. Preßmassen. Durch Kombination mit Phenol-, Harnstoff- und Melamin-Harzen entstehen Produkte, die wie normale Preßmassen verarbeitet werden. Sie kommen für die Herstellung von elektrischen Bedarfsartikeln und Industrieteilen in Frage.

7. Tauchmassen und Beschichtung. Eine Abart des Oberflächenschutzes durch Lackierung sind die Tauchmassen und Pasten für Beschichtung. Sie enthalten oft im Epoxyharz angepasstes Polyvinylchlorid. Bei der Härtung in der Hitze geliert das PVC-Material und bildet einen harten Überzug, in dem Epoxyharz und PVC kombiniert sind. Interessant sind solche Mischungen von der PVC-Seite her, weil dabei auch harte PVC-Überzüge im Pastenverfahren hergestellt werden können. Vom Epoxyharz aus betrachtet, verbilligt das PVC die Pasten.

Hierher gehören auch Spachtel zum Glätten von Blechkonstruktionen, besonders von Kraftfahrzeugkarosserien. Wegen ihrer guten Haftung und Elastizität werden sie viel verwendet.

8. Schaumstoffe. Gibt man bei der Härtung ein Blähmittel zu, entwickelt sich ein harter Schaum, der bis zu hohen Temperaturen stabil bleibt. Er ist zur Wärmeisolation bei Temperaturen bis über 200°C im Dauerbetrieb geeignet.

9. Betonzusätze, Fußbodenharze. Füllt man Epoxy-Harze mit Sand und Kies, so entsteht beim Härten ein Kunststoffzement. Man kann mit ihm schadhafte Beton ausbessern und Fußböden herstellen, die sehr stabil und chemikalienfest sind.

Die Mikroelementaranalyse in organischen Stoffen

VI. Die Bestimmung der Halogene*

Von Karl-Heinz Szekiélda, Kiel

Die Halogene sind im allgemeinen, bis auf das Fluor, auf einfache Weise zu bestimmen. Ausschlaggebend sind auch hier vielfach Methode und Ausführung des Aufschlusses. Es ist kennzeichnend, daß für die einzelnen Halogene oft verschiedene Aufschlußmöglichkeiten angewendet werden. So kann man mit der Apparatur nach M. K. Zacherl und H. G. Krainick (1) Chlor und Brom recht genau, Fluor aber nicht quantitativ erfassen; und Jod bleibt in der Aufschlußlösung gebunden zurück.

Auch F. Pregl (2) führte mit seiner Verbrennung im Perl- und Spiralarhr nur Chlor- und Brombestimmungen aus. Da die Methode jedoch äußerst zeitraubend war und großes experimentelles Geschick erforderte, hat sie heute kaum noch praktische Bedeutung.

Erst neuere Arbeiten zeigten Wege, auf denen man Fluor, Chlor, Brom und Jod mit ein und derselben Aufschlußtechnik in Lösung bringen kann. Als Bei-

*) Teil V. diese Ztschr. 13, 372 (1962).

CLB

FAX: 06223-9707-41

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

Für nur 87 Euro pro Jahr erhalten Sie als persönlicher Abonnent monatlich die CLB mit dem MEMORY-Teil. Das ermäßigte persönliche Abonnement kostet sogar nur 67,10 Euro pro Jahr (jeweils incl. 7 % MWSt., zzgl. Versandkosten).

InCom 2005

S Y M P O S I U M & E X P O S I T I O N

International Symposium on
Instrumentalized Analytical Chemistry and
Computer Technology

29. bis 31. März 2005
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Call for Papers/Topics

Liebe Leserinnen und Leser,

die **CLB** ist Partnerzeitschrift der InCom 2005. Beiträge des Symposiums können so auch Aufnahme in der CLB finden. Ich würde mich freuen – zusammen mit Prof. Dr. Karl Kleinermanns, Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf – wenn Sie sich mit neueren Ergebnissen aus Ihrem Arbeitsgebiet beteiligen. Bitte senden Sie doch Vorschläge an InCom@uni-duesseldorf.de oder redaktion@clb.de.
Einsendeschluss für Vorträge ist der **30. November 2004**.
Weitere Informationen finden Sie auf www.InCom-Symposium.de.

Ihr

