

CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

Analytik

Biotechnik

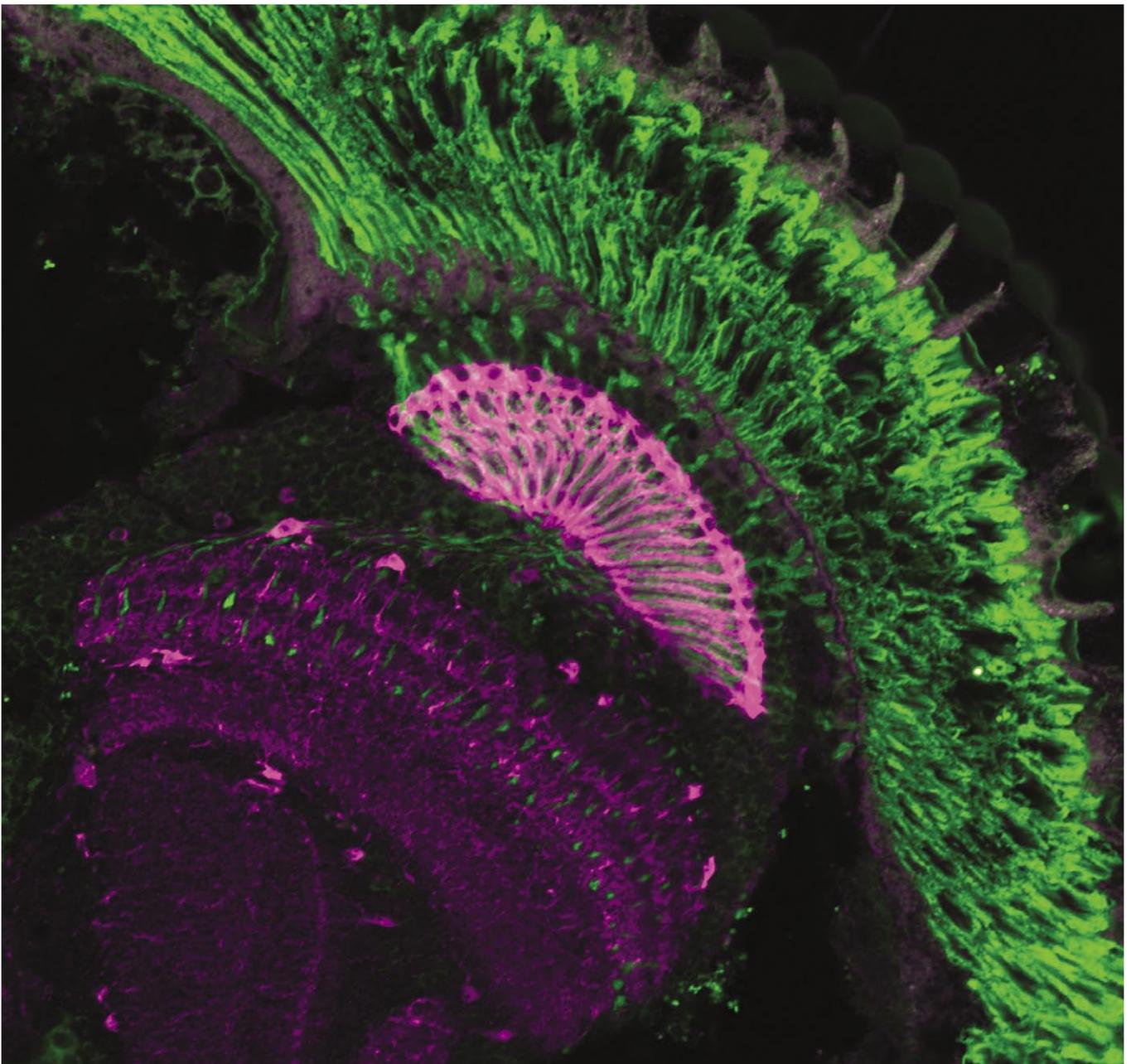
Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung



- Vanillin
- Chemometrie

- Elektroaktive Polymere
- Cluster für F&E

Die Thematik der Duft- und Aromastoffe hat die CLB nicht erst mir Vanillin (S. 458) sondern schon früh aufgegriffen, so im Oktober 1951 (s.u. und S. 490).

Tierische Duftstoffe: Moschus und Ambra

Von Dr. A. Dützmann, Darmstadt

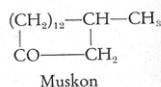
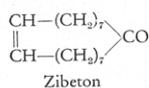
Die Riechstoffindustrie hat einen besonderen Entwicklungsgang in der Geschichte der chemischen Großindustrie. Während die Farbstoffindustrie wenig synthetische Nachbildungen der in der Natur vorkommenden Farbstoffe brachte, vielmehr neue, rein synthetisch hergestellte Stoffe in großer Zahl schuf, verdankt die Riechstoffindustrie in noch ausschließlicherem Maße als die Heilmittelindustrie ihre wesentliche Entwicklung der planmäßigen Erforschung der Naturstoffe und deren Nachbildung durch Synthese. Außerordentlich kompliziert war die Erforschung der Riechstoffe der Pflanzenwelt, die Chemie der sog. *ätherischen Öle*. Im folgenden soll aber nicht von den Produkten der Pflanze, sondern von den wenigen hervorragenden Riechstoffen der Tierwelt, nämlich dem *Moschus*, dem ihm sehr ähnlichen *Zibeth* und der *Ambra* die Rede sein. Gerade diese haben außergewöhnlich große Anstrengungen an chemischer Aufklärungsarbeit gekostet, die noch dazu durch ihr verhältnismäßig seltenes Vorkommen verteuert wurde.

Moschus

Moschus ist ein Drüsensekret der Drüsen des „Moschusbeutels“, eines am hinteren Bauchteil liegenden, sackförmigen Organs des männlichen *Moschustieres*, das zur geweihten Familie der Hirsche gehört und in den gebirgigen Teilen Zentral- und Ost-Asiens weit verbreitet ist. Die besten Sorten kommen als *Tonking-Moschus* in den Handel. Sein Wert in der feinen Parfümerie ist auch heute noch hoch geschätzt, gilt er doch als das „edelste Grundmittel“ zur Abrundung und Fixierung der eigentlichen Phantasieparfüm-Kombinationen. Sein Geruch darf dabei aber keineswegs hervortreten, sondern sein Zusatz muß so gering bemessen sein, daß das zu unterstützende (zu „fixierende“) Aroma scheinbar allein auf die Nase wirkt. Heute verwendet man vielfach noch als billigen Moschus-zusatz den sog. *Moschus artificiale Baur*. Während hiervon das Kilo weniger als 100 DM kostet, berechnet sich der Preis von 1 kg aus bestem Moschus gewonnenen Muskons (s. u.) auf etwa 300 000 DM.

Die verschiedenen Substituenten im Benzolkern lassen sich nun weitgehend variieren, wobei man zu feiner riechenden Körpern gelangt. Heute sind vorzugsweise im Handel: 1. der *Xylolmoschus*, der noch eine Methylgruppe mehr im Kern trägt als der ursprüngliche *Baurische Toluol-Moschus*; 2. der *Ketonmoschus*, ein *Xylol-Moschus* mit Ersatz einer Nitrogruppe durch die Acetylgruppe; 3. der sog. *Ambrette-Moschus*, ein *Xylol-Moschus* mit Ersatz einer Nitrogruppe durch die Methoxygruppe.

Wie schon erwähnt, hat der sog. künstliche Moschus von 1890 nichts mit dem natürlichen Geruchsprinzip des Moschus zu tun. Erst 1906 isolierte *Walbaum* (ein Chemiker von Schimmel & Co.) aus echtem Moschus ein Keton, dem er den Namen *Muskon* gab. Er hielt es für ein Terpenketon und hat sich nicht weiter mit der Aufklärung der Struktur befaßt. Dies geschah erst wieder 1926 durch *Ruzicka* im Zusammenhang mit dem *Zibeth-Riechstoff* der *Zibethkatze*. Da dieser in Abessinien sozusagen fabrikmäßig durch Halten von *Zibeth-Katzen* gewonnen wird, ist *Zibeth* bedeutend billiger als das Sekret des verhältnismäßig seltenen *Moschusbocks*. Auch das *Zibeth* wird durch Drüsen in einembeutelartigen Organ abgesondert, das sich außen zwischen den Hinterbeinen des Tieres befindet. Verschiedene chemische Reaktionen des *Zibetons*, des Ketons des *Zibetharomas*, deuteten auf enge chemische Verwandtschaft mit dem *Muskon* hin. So wurde zuerst dieses und anschließend das *Muskon* in seiner Konstitution von *Ruzicka* aufgeklärt und synthetisiert. Der Bau des Moleküls dieser beiden Ketone war für den Chemiker äußerst überraschend und merkwürdig. Es stellte sich nämlich heraus, daß beide Körper hochgliedrige Ringsysteme mit 16 bzw. 17 Kohlenstoffatomen besitzen in den Formeln:



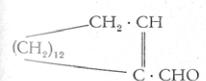
Die Synthesen hochgliedriger Ringsysteme durch *Ruzicka* haben sowohl große theoretische als auch praktische Bedeutung. *Bayer* hatte 1885 in seiner bekannten Spannungstheorie die Annahme gemacht, daß die Ringglieder der Kohlenstoffatome cyclischer Verbindungen in einer Ebene liegen und somit regelmäßige Polygone bilden. Er folgerte daraus, daß Ringsysteme mit mehr als 6 C-Atomen sich immer schwerer bilden, je

Albert Baur (Mülhausen, Elsaß, 1890) ist als Entdecker des künstlichen Moschus in die Fachliteratur eingegangen. Aber weder er selbst noch die einschlägigen Lehrbücher haben sich mit der Geschichte des sog. künstlichen Moschus eingehender befaßt. Der künstliche Moschus war nämlich schon über 100 Jahre vor *Baur* bekannt und wurde von *Andreas Sigismund Margraf* (1709—1782), dem berühmten Entdecker des Zuckergehaltes der Runkelrübe, 1759 gefunden, als er das sog. *Bernsteinöl*, ein trockenes Destillationsprodukt des Bernsteins, nitrierte. *Elsner* hat sich 1842 schon eingehend mit der Chemie dieser Verbindung befaßt (J. pr. Chemie 26, 97). So muß man also genauer sagen, daß *Baur* diese Arbeiten wieder aufgenommen, die Konstitutionsformel ermittelt und durch Synthese erhärtet hat. Jedenfalls bewirkte die fabrikatorische Aufnahme des *Baurischen Patentverfahrens* in den 90er Jahren durch die chemische Fabrik in Thann i. Els. eine Art Panik im Moschushandel.

In den meisten sog. Harzessenzen befinden sich höhere *Benzolhomologe*, daher synthetisierte *Baur* eine Reihe derselben, u. a. auch *m-Butyl-Toluol*, das bei kräftiger Nitrierung das stark nach Moschus riechende *Trinitro(tertiär)butyltoluol* ergab. An Geruchs-Intensität steht dieser künstliche Moschus keineswegs dem echten nach, übertrifft ihn sogar weit, jedoch wird die Feinheit der Nuance des echten Moschus nicht erreicht. Sein Geruch ist höchst aufdringlich und auf die Dauer für viele unerträglich. Für die Intensität des Geruchs ein Erlebnis aus meiner Jugendzeit vor der Jahrhundertwende: Im Nachbarhaus in Mülhausen im Elsaß wohnte in den 90er Jahren ein Oberlehrer, der u. a. Chemie-Unterricht am dortigen Gymnasium gab. Er erbat sich von *Baur* eine Riechstoffprobe, damit seine Schüler den Geruch kennenlernen sollten. Beim Hantieren in seiner Wohnung fiel ihm unbemerkt ein Kriställchen auf den Teppich. Jedesmal, wenn dieser Teppich im Nachbarhof geklopft wurde, schimpfte mein Vater gewaltig, denn er verabscheute den Geruch aufs tiefste. Eine andere Mülhausener Episode, die noch besser das Anhaftende des Geruchs kennzeichnet, begann damit, daß jemand eine Kristallprobe in einem Brief per Post weitersandte. Alle Briefe, die später in den Briefkasten gelangten, in den der moschushaltige Brief eingeworfen worden war, sowie alle Briefe, die in den Postsack kamen, in welchem sich der duftende Brief befunden hatte, waren von da an so parfümiert, daß ein Sturm von Beschwerden bei der Post einlief. Es blieb nichts übrig, als alle Postsäcke gegen neue auszuwechseln.

höher die Zahl der C-Atome ist. So hätte man theoretisch nie an die Existenzfähigkeit so hochgliedriger Ringsysteme, wie sie im *Muskon* und *Zibeton* vorliegen, gedacht.

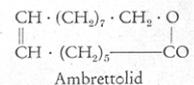
Praktisch ergab sich aus den schönen Untersuchungen *Ruzickas*, daß der Moschusgeruch beim *Cyclotetradecanon* (C_{14} -Keton) auftritt, im *Cyclopentadecanon* (C_{15} -Keton) das mit dem Muskongeruch praktisch identische Geruchsoptimum vorliegt und schließlich weiter mit steigender Ringgliederzahl der Moschusgeruch vom *Cyclohexadecanon* (C_{16} -Keton) über das *Cycloheptadecanon* (C_{17} -Keton, *Dihydro-Zibeton*) zum *Cyclooctadecanon* (C_{18} -Keton) langsam abklingt. Mit anderen Worten: für den typischen reinen Moschusgeruch ist der 15-Kohlenstoffring das charakteristische Merkmal (die Substitution durch Alkyl-Seitenketten — wie im *Muskon* — ist von untergeordneter Bedeutung). Eine zweite CO-Gruppe im Ring (*Diketone*) zerstört den Geruch völlig. Der Ersatz eines Ringgliedes durch ein heterocyclisches Sauerstoffatom verstärkt die Geruchsintensität und verändert den Geruch in Richtung des *Ambra*geruchs (*Lactone*). Der Eintritt von 2 oder mehr heterocyclischen Sauerstoffatomen vermindert die Geruchsstärke und die Feinheit des Geruchs (*Oxydolactone* und *Carbonate*). Enthält der Ring 2 heterocyclische Sauerstoffatome und 2 Carbonylgruppen, so besitzen die Verbindungen einen schwach süßlichen, entfernt moschusartigen Geruch; der Geruch ist aber stärker als der der *Diketone* (*Dilactone* und *Diester*). Ersetzt man die Ketogruppe in den Ringsystemen durch die Iminogruppe ($-NH-$), so läßt sich in diesen Polymethylenimininen der Moschusgeruch noch deutlich wahrnehmen, allerdings mit einer erheblich veränderten Note. Doppelbindung im Ringsystem (*Zibeton*) wirkt geruchverstärkend, diese Wirkung beobachtet man auch bei ungesättigten Aldehyden, z. B.:



Den weitaus besten Geruch besitzt das *Lacton* der 15-Oxyptadecansäure („*Exaltolid*“ nach *Exaltol* benannt, dem entspr. C_{15} -Keton). Gleichwertig ist das *Ambrettolid*, das *Kerschbaum* aus dem pflanzlichen *Moschus-Körneröl*

isolierte, wofür er folgende Konstitution bewies:

Mit der Erschließung des Moschusgeruchsproblems setzte nun eine große synthetische Bearbeitung ein. Sie ging hauptsächlich in der Richtung, für die beiden besten



Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,

China gibt in diesem Jahr 136 Milliarden US-Dollar für Forschung und Entwicklung aus, doppelt soviel wie Deutschland, glaubt man den Angaben der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung OECD von Anfang Dezember. Noch im Jahr 2001 hätte Deutschland mit dem Reich im Fernen Osten in diesem Vergleich auf gleicher Höhe gelegen. In der aktuellen Liste belegt Deutschland mit rund 63 Milliarden Dollar den 4. Platz hinter den USA (330 Milliarden Dollar), China und Japan.



Bedenkt man, dass Forschung und Entwicklung die Voraussetzungen für Innovationen und volkswirtschaftliches Wohlergehen in unserem rohstoffarmen Land sind, erkennt man die soziale Sprengkraft dieser Zahlen. Dann das Lissabon-Ziel von drei Prozent Investitionen des Bruttoinlandsproduktes in F&E erreichen zu wollen ist wohl mindestens notwendig (siehe dazu auch den Artikel „Cluster“ ab Seite 476). Bei allen finanziellen Engpässen ist dies aber gar nicht der Flaschenhals; vielmehr fehlen uns die Menschen. Unsere jährliche Ausbildungsrate an Naturwissenschaftlern und Ingenieuren liegt gerade im Bereich dessen, was man in China als jährliche Wachstumsrate in diesen Gebieten erzielt!

Ob mit diesem Hintergrund Studiengebühren noch eine sinnvolle Einrichtung sind sollte überdacht werden. Abgesehen von aufreibenden Widerständen bedeuten sie ja auch eine hohe Verwaltungsarbeit. Wäre eine grundsätzliche Bonuszahlung für schnell Studierende da nicht besser? Die Hochschulrektorenkonferenz jedenfalls ist besorgt über die neueste Statistik der Studienanfängerzahlen (siehe Seite M83).

Es ist das dritte Mal in Folge, dass die Studienanfängerzahlen sinken, obwohl die Zahl der Studienberechtigten steigt. Auch hier entfernt sich Deutschland von einem politisch erklärten Ziel: Den Anteil der Studienanfänger an der gleichaltrigen Bevölkerung auf 40 Prozent zu bringen. Aktuell sind es 35,5 Prozent, 2003 waren es schon einmal 38,9 Prozent.

Man darf gespannt sein, wie die aktuellen Bemühungen der deutschen Bundesregierung diesen Trend umkehren können. Anfänge sind gemacht, etwa durch Einführung der Forschungsprämie, die die Grundausstattung der Hochschulen stärkt (siehe ebenfalls den Artikel „Cluster“). Den Zugang von Frauen zur Wissenschaft zu stärken ist eine weitere Maßnahme, die angegangen werden muss – und es teilweise auch schon wird, siehe etwa die Fördermaßnahme Seite 457.

Und es gilt, das Klima in Deutschland innovationsfreundlich zu gestalten, indem nicht die Gefahren, sondern die Chancen von Naturwissenschaft und Technik in den Vordergrund gestellt werden. Einer Technikfolgenabschätzung müsste eine Politikfolgenabschätzung gegenüber gestellt, die Jugendarbeit weiter gestärkt werden. Bei letztgenanntem Punkt wird sich unser kleiner Verlag im nächsten Jahr stärker engagieren; lassen Sie sich überraschen!

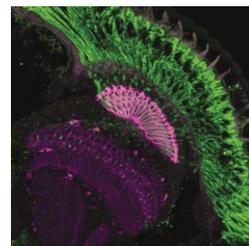
Alle guten Wünsche zu den Festtagen und zum Jahreswechsel überbringt Ihnen

Ihr

INHALT

Aufsätze

Vanillin – das vielseitigste Aroma Triumph der chemischen Synthese _____	458
Chemometrie: Grundlagen und Anwendungen in der Hauptkomponentenanalyse Von der univariaten zur multivariaten Datenanalyse (Teil 2) _____	466
Elektroaktive Polymere Junges Gebiet mit vielen Chancen _____	472



Zum Titelbild:
Facettenauge und Fortsätze der Nervenzellen bei der Tauf liege: Markierung der Enzyme Tan (grün) und Ebony (magenta; siehe Artikel Seite 480; Abb.: Uni Bochum/Hovemann).

Rubriken

Editorial _____	451
Impressum _____	453
F & E im Bild _____	453
Unternehmen _____	454
Personalia _____	456
Förderungen / Preise _____	457
Messe / Kongress / Ereignisse _____	476
Forschung und Technik _____	480
Umfeld Wissenschaft _____	483
Grundlagen _____	486
Neue Produkte _____	488
Bezugsquellenverzeichnis _____	489

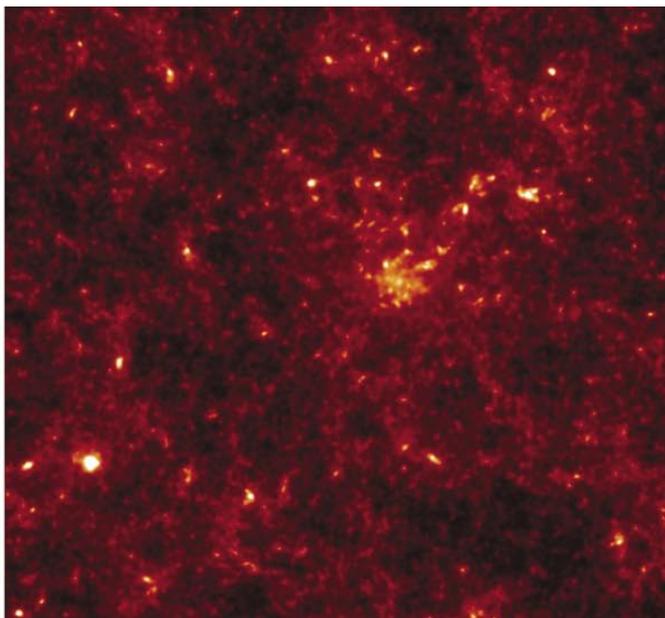
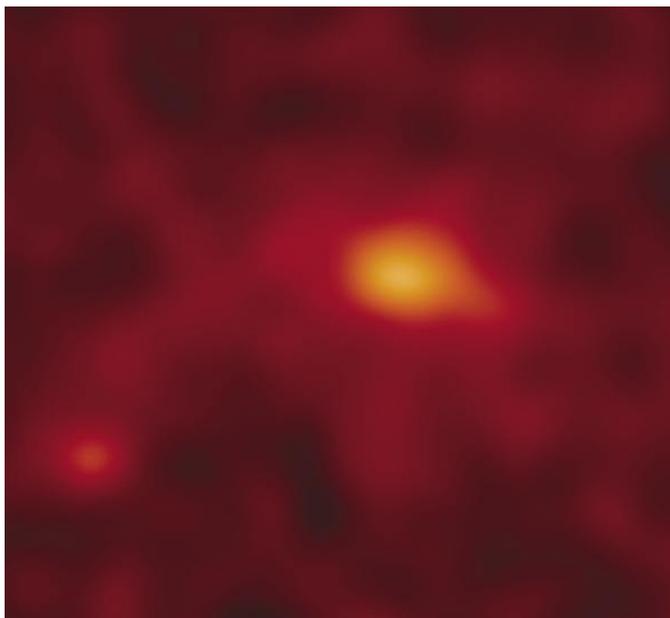
CLB-Memory

Hopfen ist Arzneipflanze des Jahres 2007 Als pflanzliches Schlaf- und Beruhigungsmittel _____	M79
BASF und die weltweite Ölförderung Chemie lässt das schwarze Gold sprudeln _____	M81
Statistik über deutsche Studierende 3,5 % weniger Erstsemester im Studienjahr 2006 _____	M83
Kein Silvesterfeuerwerk ohne BAM-Prüfzeichen 2006: 154 Zulassungen und 117 Ablehnungen _____	M84
Beifuß-Ambrosie verbreitet sich weiter Aktiv bekämpfen _____	M85
Qualitative Analyse – Trennungsgänge Säureschwerlösliche Gruppe und Salzsäure-Gruppe _____	M86

Mit 100 km-Antennenfeld Licht ins Dunkel

Das Thema der Dunklen Materie stößt zur Zeit auf großes Interesse – kein Wunder, denn u.a. durch den wohl im nächsten Jahr in Betrieb gehenden neuen Beschleuniger LHC beim CERN in Genf gibt es berechtigte Hoffnung, der Lösung ihres Rätsels einen guten Schritt näher zu kommen. Nun haben Forscher am Max-Planck-Institut für Astrophysik errechnet, dass ein sehr großes Radioteleskop ein äußerst detailliertes Bild der kosmischen Verteilung dieser unsichtbaren Dunklen Materie erstellen könnte. Es wäre erheblich höher aufgelöst als die besten mit optischen Teleskopen gewonnenen Aufnahmen. Auch solche Bilder würden viele neue Erkenntnisse darüber bringen, wie das Universum und seine Galaxien entstanden, was es mit Dunkler Materie und der noch mysteriöseren Dunklen Energie auf sich hat. Die Bilder unten zeigen eine Massenverteilung

in einem Himmelsgebiet so groß wie ein Viertel des Vollmonds. Links in der Auflösung eines optischen Weltraumteleskops (um die Strukturen zu verdeutlichen, wurde der Kontrast verdreifacht), rechts die vorausgesagte Auflösung eines 100 Kilometer großen Radioteleskops. Diese Bilder erstellte Stefan Hilbert am Max-Planck-Institut für Astrophysik mithilfe der Millennium Simulation, der bisher größten Computersimulation zur Strukturbildung im Kosmos. Das Instrument nach Wunsch der Wissenschaftler: ein mit Radioantennen bestücktes Gebiet von etwa 100 Kilometer Durchmesser, das im Idealfall auf der Rückseite des Mondes liegt... Ergebnisse sollen aber auch schon kleinere Anlagen liefern, so das Low Frequency Array (LOFAR) in den Niederlanden. Es hat etwa ein Zehntausendstel der idealen Fläche (Abb.: MPI Astrophysik).



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 · Prof. Dr.
K. Kleinermanns, Düsseldorf · Prof. Dr.
Heinz-Martin Kuß, Duisburg, · Prof.
Dr. J. Schram, Krefeld · Prof. Dr. Georg
Schwedt, Clausthal-Zellerfeld ·
Dr. Wolfgang Schulz, Stuttgart ·
Prof. Dr. G. Werner, Leipzig.

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

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

Ständige Mitarbeiter:
Ans de Bruin (Grafik), Heidelberg; Werner
Günther, Düsseldorf; Prof. Dr. Wolf-
gang Hasenpusch, Hanau;
Dr. Mechthild Kässer, Diekholzen; PD Dr.
Röbbe 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
E-Mail: service@clb.de

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

CLB erscheint monatlich.

Bezugspreise:
CLB Chemie in Labor und Biotechnik mit
der Beilage „CLB-MEMORY“. Einzelheft
– außerhalb des Abonnements – 8,60
Euro, im persönlichen Abonnement jäh-
rlich 91,35 Euro zuzüglich Versandkosten;
ermäßigter Preis für Schüler, Studen-
ten und Auszubildende (nur gegen Vor-
lage der Bescheinigung) jährlich 70,45
Euro zuzüglich Versandkosten, inkl. 7%
MWSt. Ausland sowie Firmenabonne-
ments (Staffelpreisliste nach Anzahl) auf
Anfrage. Bezug durch den Buchhandel
und den Verlag. Das Abonnement ver-
längert sich jeweils um ein weiteres Jahr,
falls nicht 8 Wochen vor Ende des Be-
zugsjahres Kündigung erfolgt.
Erfüllungsort ist Heidelberg. Mitglieder

des VBTA, des VCO sowie des VDC erhal-
ten die CLB zu Sonderkonditionen.

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

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

ISSN 0943-6677



NACHRICHTEN & NOTIZEN

Thai Ethoxylate Company Ltd, ein 50:50 joint venture zwischen Cognis Thailand Ltd und PTT Chemical Public Company Ltd, hat eine Anlage für die Produktion von fetthaltigem äthoxyliertem Spiritus in Rayong, Thailand, in Betrieb genommen. Das Unternehmen ist in Thailand führend bei der Produktion dieser Chemikalien, die eine Schlüsselsubstanz in Produkten für die häusliche und persönliche Hygiene sind.

Anoxymer GmbH und **BioTeSys GmbH**, zwei Life Science-Unternehmen, wollen künftig eng kooperieren. Anoxymer als Lieferant von Nahrungsergänzungsmitteln, funktionellen Zutaten zu Lebensmitteln sowie Kosmetika und BioTeSys als Analytikdienstleister, der im Kundenauftrag Wirkkomponenten mit einem umfangreichen Methodenspektrum untersucht, ergänzen sich vorteilhaft. Funktionalisierte Nahrungsergänzungsmittel und Zutatenstoffe zur Gesundheitsprävention gewinnen immer mehr an Bedeutung.

Die Phenion GmbH & Co KG ist das neue Kompetenzzentrum für Hautforschung von Henkel. Ziel von Phenion in Düsseldorf ist es, die Wechselwirkung von Stoffen mit der menschlichen Haut zu erforschen. U.a. nutzen die 50 Spezialisten dazu ein selbst entwickeltes Haut-Modell.

Applied Biosystems hat mit Eagle Research and Development eine Kooperation vereinbart. Sie dient dazu, ein Gerät zum Einzelmolekülnachweis weiter zu entwickeln, mit dem Gene und daraus exprimierte Proteine identifizieren und korrelieren lassen. Das Gerät enthält eine Anordnung von Nanoporen, hinter denen sich Feldeffekt-Transistoren (FET) befinden. Passiert ein Einzelmolekül eine Nanopore, wird sein dreidimensionales Ladungsprofil von dem FET gemessen, es so einwandfrei identifiziert. Die Technik soll 1000fach empfindlicher sein als bisherige Nanopore-Entwicklungen.

NCE Discovery Ltd, spezialisiert in medizinischer Chemie und Drug Design-Services, hat mit der US-Firma Dara Biosciences eine Vereinbarung getroffen. Beide wollen nun neue Pharmaka für Stoffwechsel- und Nervenerkrankungen entwickeln.

BASF Construction Chemicals (Sichuan) Co. Ltd., eine 100-prozentige Gruppengesellschaft der BASF, hat jetzt die Vermögenswerte von Hi Con (Sichuan Pengshan) Concrete Admixture Ltd. ("Hi Con China"), einem bedeutenden Hersteller von Betonzusatzmitteln in China, erworben.

Das Deutsche Verpackungsinstitut gab bekannt, China wolle so bald wie möglich unabhängig von Verpackungsmaschinen-Importen werden. Derzeit haben in China die deutschen Hersteller von Verpackungsmaschinen die Nase vorn, mit einem Exportvolumen von 190 Millionen US-Dollar 2005. Chinas eigene Produktion von Verpackungsmaschinen verdreifachte sich allein von 2000 auf 2005.

Kooperation von Dechema und VCI-GVC

Neu organisiert als ProcessNet

Im November unterzeichneten die Dechema Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. und der VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V. einen Kooperationsvertrag.

Danach werden beide Institutionen ihre in den Satzungen festgeschriebenen gemeinsamen Aufgaben und Ziele auf den Gebieten der Verfahrenstechnik, des Chemieingenieurwesens und der Technischen Chemie in einer neuen Organisationsform unter der Bezeichnung ProcessNet – eine Initiative von Dechema und VDI-GVC – zusammenführen. Damit wurde der Integrationsprozess, der von den ehrenamtlich in den Gremien mitwirkenden Mitgliedern beider Institutionen schon seit Jahren schrittweise vorangetrieben wurde, vollzogen.

Die fachliche Arbeit von ProcessNet erfolgt in Fachgemeinschaften. Unter diesem gemeinsamen orga-

nisatorischen Dach werden künftig alle Fachgremien der Chemischen Technik und Verfahrenstechnik, also alle Aktivitäten in einschlägigen Ausschüssen, Fachsektionen und Arbeitskreisen beider Institutionen zusammengeführt, um mit gebündelter Kompetenz Problemlösungen an den Schnittstellen verschiedener Fachgebiete noch schneller und effizienter zu erarbeiten.

Ziel der Verein sei die Vermeidung von Doppelarbeit, mehr Effizienz und Flexibilität bei der Bearbeitung von Zukunftsaufgaben. Damit solle auch eine qualifizierte und einheitliche Betreuung sichergestellt und vor allem mit einer nunmehr viel größeren Basis aktiver Fachkollegen eine deutlich stärkere Wirkung im öffentlichen Raum erzielt werden. Dies gelte auch für die Einbindung in das europäische und internationale Umfeld.

Institut Dr. Appelt jetzt in Mannheim

Das Institut Dr. Appelt erweitert das deutschlandweite Netz seiner Zweigstellen um ein Laboratorium in Mannheim.

Das ehemalige „Chemisch-Analytische Institut Dr. von Nagel“ ist im Rahmen einer Nachfolgeregelung in die Struktur der bereits bestehenden Appelt-Laboratorien integriert worden. Betätigungsfeld wird aber weiterhin die Wasser- und Umweltanalytik sein. Jetzt verstärken die 32 Mitarbeiter des Institutes für Analytische Chemie und Mikrobiologie in Mannheim die Institut Dr. Appelt GmbH & Co.KG. Die Sie ist mit sechs akkreditierten Laboratorien und dem Hauptsitz in Leipzig unabhängiger Ansprechpartner für Wirtschaft und Behörden.

Febit mit Geniom jetzt in Göteborg

Die Febit Biotech GmbH (Heidelberg) installierte jetzt ein Geniom-Gerät an der Universität Göteborg in Schweden. Damit steigt die Anzahl der bereits in Europa installierten Geniom-Geräte auf Sieben.

Erst kürzlich waren zwei solcher Geräte in Leicester (UK) in Betrieb genommen worden. Es bietet die Möglichkeit, jedes bekannte Gen jeder Spezies innerhalb von 48 Stunden im eigenen Labor detektieren zu können. Gestiftet wurde die Geniom-Plattform von der Lundberg Foundation. Das Gerät soll in verschiedenen Bereichen nützlich sein: Von Krebsforschung an humanen Zellen bis hin zu Umweltforschung an Fischen oder komplexen Mikrobengemeinschaften.

European Science Forum 2006 von Accelrys Mit Software F&E-Kosten senken

Am 28. November hielt die US-Firma Accelrys mit Sitz in San Diego ihr „European Science Forum 2006“ in Heidelberg ab. Die Themen reichten von eher Informatik-orientierten Themen wie Datenbanken über die Lebenswissenschaften bis zu den Materialwissenschaften.

Grundsätzlich will Accelrys durch gezielten und individuellen Softwareeinsatz die Notwendigkeit für chemische, biochemische und materialwissenschaftliche Experimente verringern. In der pharmazeutischen Wirkstoff-Forschung soll dies zum Beispiel erreicht werden durch Fokussierung auf die zukunftsstrichtigsten Moleküle, eine Optimierung der Schlüssel-

reaktionen sowie die Möglichkeit, Problempunkte schneller zu identifizieren, etwa durch die Vorhersage der pharmakokinetischen Eigenschaften.

Accelrys wurde unter Zusammenführung folgender fünf Unternehmen im Jahr 2001 gegründet: Molecular Simulations Inc. (MSI), Synopsys Scientific Systems, Oxford Molecular, the Genetics Computer Group (GCG) und Synomics Ltd. Im Jahr 2004 akquirierte Accelrys SciTegic Inc. als 100-%ige Tochtergesellschaft. Insgesamt waren nach diesen Zusammenschlüssen 17 verschiedene Softwareunternehmen vereint.

Das US-Unternehmen beschäftigt insgesamt etwa 530 Mitarbeiter; die europäische Nie-



Bild oben: Accelrys European Science Forum in Heidelberg (Foto: RK); unten: die Niederlassung in Cambridge (F.: Accelrys).



derlassung ist in Cambridge, eine weitere wichtige Niederlassung im indischen Bangalore.

Als Anwendungsbeispiele nannte Accelrys zum Beispiel die Vorhersage des Kristallverhaltens und Analyse der Oberflächenstruktur bei Arbeiten der BASF-Farbstoffchemie mit dem Accelrys Materials Studio Programm oder die Modellierung von Östrogen-Rezeptor-Ligandenbindungen in der Schering Arzneimittelforschung mit dem Programm Insight II.

BASF Future Business: Geld für Brennstoffzellen Ex-Hoechst-Aktivität erworben

Die BASF Future Business GmbH, Ludwigshafen, kauft die in Frankfurt ansässige Pemeas GmbH, einen Hersteller von Komponenten für Brennstoffzellen.

Käufer und Verkäufer – eine Gruppe von sieben Investoren – haben Stillschweigen zu finanziellen Details vereinbart. Die Akquisition wird bis Ende Januar abgeschlossen sein.

Pemeas wurde im April 2004 gegründet als Ausgliederung der früheren Brennstoffzell-Aktivitäten von Hoechst. Das Unternehmen hat circa 50 Mitarbeiter und betreibt Produktions- und Forschungseinrichtungen in Deutschland und den USA. Die Frankfurter Firma verfolgt derzeit zwei Geschäftsziele: Der Bereich Celtec konzentriert sich auf die Entwicklung und Vermarktung von Membran-Elektroden-Einheiten (MEAs) für Hochtemperatur-Polymer-Elektro-

lyt-Membran (PEM)-Brennstoffzellen. Der Bereich E-TEK entwickelt und produziert Katalysatoren, Gasdiffusions-Elektroden und Elektroden für Brennstoffzellen.

Linde: Neues Werk für Halbleitergase-Produktion in Unterschleißheim

Mit der Einweihung eines Elektronikgaswerks in München-Unterschleißheim begegnet der Geschäftsbereich Linde Gas der Linde AG den steigenden Anforderungen des wachsenden Halbleiter-/Elektronikmarktes. Das nach eigenen Angaben weltweit größte Industriegaseunternehmen arbeitet im Halbleitersegment mit der Taiyo Nippon Sanso Corp (TNSC) zusammen, um sich in Sachen Infrastruktur, Know-how und Forschungskapazitäten zu ergänzen.



Das Werk in Unterschleißheim wird hauptsächlich die Halbleiterhersteller und -Forschungseinrichtungen in Europa beliefern. Dazu zählen unter anderem die Standorte Dresden mit Infineon und AMD sowie die Forschungszentren im belgischen Leuven (IMEC) und im französischen Crolles (STMicroelectronics, Freescale, NXP).

CISBIO Bernard Reculeau, ehemals Geschäftsführer von Sanofi-Aventis International, wurde zum Vorstandsvorsitzenden von Cisbio International ernannt. Herr Reculeau bringt mehr als 20 Jahre Erfahrung in die Pharmazeutische Industrie bei Cisbio ein. Als CEO wird er alle Geschäftsfelder unter dem Dach von Cisbio leiten: HTRF technology, Radiopharmazie und In-Vitro Diagnostik. Cisbio wurde im April 2006 von Radiopharma Partners, S.A. übernommen, einem belgischen Konsortium, bestehend aus den belgischen Gesellschaften Ion Beam Applications S.A. (IBA) und dem Institut National des Radioéléments (IRE). Seit 50 Jahren entwickelt Cisbio HTRF-Technologien und bietet anderen Firmen Dienstleistungen für die Assay-Entwicklung und das Drug-Screening an.

EMBO-Chef Prof. Frank Gannon will seine Stellung Mitte 2007 aufgeben. Er hat dann über 13 Jahre an der internationalen Forschungsorganisation in Heidelberg gearbeitet.



Gannon

FILTRATION SOCIETY Nach zwei erfolgreichen Amtsjahren wurde der Vorstand der Filtration Society von Dr. Graham Rideal (Whitehouse Scientific) an **Lloyd Holiday** (Larox) übergeben. Unter dem Vorsitz von Dr. Rideal erlebte die Gesellschaft den größten Zuwachs an Unternehmensmitgliedern in ihrer 40-jährigen Geschichte.

VPH Der Diplom-Pädagoge **Harald Melcher** ist neuer Vorstand im Verband der Private Hochschulen e.V. Der 52-jährige Geschäftsführer der AKAD Privat-Hochschulen war davor Geschäftsführer der Ernst Klett Verlag GmbH in Stuttgart und Leiter des Unternehmensbereichs Publizistik beim Deutschen Sparkassenverlag. Der VPH mit Sitz in Frankfurt am Main wurde im Mai 2004 gegründet. Ihm gehören inzwischen 33 private Hochschulen an.



Melcher

EHRUNGEN

Der Mechanismus der Bauchfell-schäden durch Dialyse ist geklärt. Toxische Substanzen, die bei der Hitzesterilisation der Spülflüssigkeit aus den enthaltenen Zuckermolekülen entstehen, sind dafür verantwortlich, dass die Oberflächenzellen des Bauchfells ihre für die Dialyse erforderliche Filterfunktion nicht mehr ausüben können. Für diese Entdeckung ist **Dr. Vedat Schwenger**, Leitender Oberarzt in der Medizinischen Universitätsklinik Heidelberg, mit dem **Nils-Alwall-Preis 2006** der Deutschen Gesellschaft für Nephrologie, der mit 10 000 Euro dotiert ist, ausgezeichnet worden.

Die 37-jährige Biologin **Dr. Marion Bergmann** vom Universitätsklinikum Heidelberg hat den molekularen Mechanismus entschlüsselt, der die „Verstopfung“ der Zellen bei der „Altersabhängigen Makuladegeneration“ (AMD) mit Abfallprodukten erklärt. Dafür wurde sie mit dem mit 5000 Euro dotierten **Forschungspreis der „Großloge der Deutschen Odd Fellows“** ausgezeichnet. Sie ist eine Vereinigung, die Ende des 19. Jahrhunderts gegründet wurde und deren Ursprünge im amerikanischen Baltimore liegen.

Der Physiker **Prof. Jonathan Finley** (34) vom Walter Schottky Institut der Technischen Universität München (TUM) wird mit dem **Walter-Schottky-Preis 2007** der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) ausgezeichnet. Finley wurde der mit 15 000 Euro dotierte Nachwuchspreis in Würdigung seiner Arbeiten zur Speicherung und Kontrolle von Elektronenspin in Halbleiterquantenpunkten zuerkannt. Die Verleihung findet auf der Jahrestagung der DGP im März 2007 in Regensburg statt.

Der mit 10 000 Euro dotierte **Alwin-Mittasch-Preis** der Dechema Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. wird

in diesem Jahr an **Professor Dr. Avelino Corma** (55) von der Technischen Universität Valencia /Spanien vergeben. Diese von der BASF im Jahre 1990 als Alwin-Mittasch-Medaille gestiftete Auszeichnung für herausragende Leistungen auf dem Gebiet der heterogenen Katalyse wird erstmals auf internationaler Ebene als Alwin-Mittasch-Preis vergeben. Professor Corma erhält den Preis für seine Beiträge zur Entwicklung von neuen Katalysatoren auf Zeolithbasis und deren industrielle Anwendung bei Raffinerieprozessen, bei petrochemischen Synthesen und der Synthese von Feinchemikalien.

Die Arbeitsgruppe um **PD Dr. Burkhard Hinz** am Institut für Experimentelle und Klinische Pharmakologie und Toxikologie der Universität Erlangen-Nürnberg ist mit dem **Phoenix-Pharmazie-Wissenschaftspreis 2006** im Fachgebiet Pharmakologie ausgezeichnet worden. Der mit 10 000 Euro dotierte Preis wird von der Phoenix Pharma AG Mannheim gestiftet und jährlich in Deutschland, Österreich und in der Schweiz ausgeschrieben. Hinz wurde für seine Beiträge zum Wirkmechanismus des Antiglaukom-Medikaments Latanoprost ausgezeichnet. Der Phoenix-Preis wurde bereits im Jahre 2001 an Dr. Hinz verliehen.

Hendrik Dietz (29) von der Technischen Universität München erhielt den mit 6000 SFr. dotierten **Chorafas-Preis 2006** der Schweizer Chorafas-Stiftung. Im Rahmen seiner Dissertation entwickelte Hendrik Dietz eine Technik zur Bestimmung der Position von gezielt auswählbaren Aminosäuren in gefalteten Proteinmolekülen bis auf wenige Angström genau. Über diese Messungen lässt sich die Struktur von Proteinen, die für konventionelle Methoden wie Röntgenstreuung oder NMR nicht zugänglich sind, detailliert rekonstruieren.

Mehrsprachigkeit

Wissenschaft ist unzweifelhaft mehrsprachig! Diesem Verständnis trägt die VolkswagenStiftung mit einer neuen Förderinitiative Rechnung. Ziel soll es dabei sein, im Kontext wissenschaftlicher Mehrsprachigkeit dem Deutschen als Wissenschaftssprache und den in deutscher Sprache erarbeiteten wissenschaftlichen Resultaten und Erkenntnissen international größeren Raum und mehr Gewicht zu geben. Dabei können auch andere wissenschaftliche Welt-sprachen einbezogen werden. Die neue Förderinitiative „Deutsch plus – Wissenschaft ist mehrsprachig“ besteht aus vier Förderkomponenten:

1. einer Ausschreibung für mehrsprachige Studienangebote;
2. einem als Wettbewerb gestalteten Angebot für Übersetzungen herausragender deutschsprachiger wissenschaftlicher Arbeiten;
3. einem Förderangebot für Forschungsvorhaben zu Fragen der sprachlichen Prägung wissenschaftlichen Denkens und Arbeitens;
4. einem Veranstaltungsprogramm zum Thema „Wissenschaft ist mehrsprachig“.

Über die neue Förderinitiative informieren Anfang 2007 entsprechende „Merkblätter für Antragsteller“ (www.volkswagenstiftung.de).

Berufstraining Frauen in Wissenschaft & Forschung

Ab sofort können sich Wissenschaftlerinnen um die Teilnahme an internationalen Berufungstrainings am Kompetenzzentrum Frauen in Wissenschaft und Forschung (CEWS) bewerben. Der Startschuss für das Projekt „Encouragement to Advance – Training Seminars for Women Scientists“ fiel im Oktober am CEWS, einer Abteilung des Informationszentrums Sozialwissenschaften. Jetzt ist der erste von zwei Bewerbungszeiträumen angelaufen.

Der Bewerbungsschluss für eine Teilnahme an Seminaren von April an ist am **26. Januar 2007**. Zudem kann man sich zwischen dem 27. Januar und dem zweiten (finalen) Bewerbungsschluss am **29. Juni 2007** für Seminare bewerben, die von September 2007 an stattfinden werden. Die öffentliche Ankündigung, das Bewerbungsformular und eine Anleitung zur Anfertigung eines Motivationsschreibens stehen online zur Verfügung: <http://www.cews.org/cews/news.php?aid=384>.

Das Projekt soll hoch qualifizierte Wissenschaftlerinnen befähigen, sich auf eine Professur in Belgien, Deutschland, den Nieder-

landen, Österreich, der Schweiz und Tschechien zu bewerben. Es richtet sich an Wissenschaftlerinnen aus allen am 7. Europäischen Forschungsrahmenprogramm beteiligten Ländern, die noch keine Professur (ausgenommen W1) innehaben. Die Seminare werden von April 2007 bis Januar 2008 in Brüssel stattfinden.

Das internationale Berufungstraining dient der Vorbereitung von Wissenschaftlerinnen aller Fachbereiche auf die effektive Präsentation ihres Berufungsvortrags, auf die Verhandlungsführung mit einer Berufungskommission und nationale Besonderheiten bei Berufungen in den oben genannten Ländern. Zudem soll im Laufe des Projektes ein Netzwerk aller Teilnehmerinnen aufgebaut werden, das eine Grundlage für künftige Kooperationen bilden kann. Das Projekt „Encouragement to Advance – Training Seminars for Women Scientists“ baut auf den positiven Erfahrungen des bundesweiten Projekts „Anstoß zum Aufstieg“ auf. In diesem Programm wurden mehr als 700 Wissenschaftlerinnen professionell auf Bewerbungsverfahren vorbereitet.

2007 Jahr der Geisteswissenschaften: Zwei BMBF-Wettbewerbe

Mit gleich zwei bundesweiten Wettbewerben will das Bundesministerium für Forschung und Bildung die gesellschaftliche Relevanz und Innovationsfähigkeit der Geisteswissenschaften zeigen. Anlass ist das Wissenschaftsjahr 2007, das unter dem Motto „Geisteswissenschaften: ABC der Menschheit“ geisteswissenschaftliche Themen, Forschungsfelder und Fragestellungen für eine breite Öffentlichkeit zugänglich macht.

Die Universität Bremen ist Partner des Wissenschaftsjahres 2007. Dort führt Professor Gerold Wefer (MARUM) den Wettbewerb

„Geist begeistert“ für Hochschulen und in Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut Berlin den Wettbewerb „Was sprichst Du?“ für allgemein bildende Schulen durch. Während im Mittelpunkt des Hochschulwettbewerbs ganz allgemein nach spannenden und originellen geisteswissenschaftlichen Projekten gefragt wird, steht in den allgemein bildenden Schulen die Sprache im Zentrum des Wettbewerbs.

Bis zum **7. Februar 2007** können Projektskizzen eingereicht werden, bis Anfang März werden hochkarätige Jurys die jeweiligen Preisträger

ermitteln: 15 Hochschulen werden mit jeweils 15 000 Euro Preisgeld ihre Projekte anschließend realisieren können und 100 Schulen werden für ihre Projektideen mit einem Preisgeld von jeweils 2000 Euro bedacht.

Das Wissenschaftsjahr 2007 „Die Geisteswissenschaften. ABC der Menschheit“ ist mittlerweile das achte Wissenschaftsjahr in Folge. Seit dem Jahr 2000 werden die Wissenschaftsjahre vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gemeinsam mit der Initiative Wissenschaft im Dialog (WiD) ausgerichtet.

Triumph der chemischen Synthese

Wolfgang Hasenpusch, Universität Siegen

Dass Vanillin der Ausgangsstoff eines Unternehmens sein würde, das am 11. Dezember mit einem Emissionsvolumen von ca. 1,4 Milliarden Euro zum größten Börsengang des Jahres 2006 in Deutschland wurde, hatte der Chemiker Wilhelm Haarmann 1874 nicht ahnen können, auch wenn er einen damals wertvollen Stoff synthetisierte. Die Aroma gebende Hauptsubstanz der natürlichen länglichen Vanille-Früchte, war schon einige Jahrhunderte bekannter und beliebter Stoff. Daher begannen im 19. Jahrhundert Chemiker, sich für Vanillin zu interessieren. Heute ist der Bedarf an dem Aromastoff für die Lebensmittel- und Süßwaren-Industrie, aber auch für die Parfum-Hersteller und für Galvaniker sowie für chemische- und biochemische Analysen wie auch Synthesen für Chemie- und Pharma-Produkte ungleich höher, als er je aus den pflanzlichen, fermentierten Vanille-Stangen hätte bereit gestellt werden können. Lassen Sie uns einen Blick in die Welt des synthetischen Vanillins werfen, seinen Eigenschaften, Synthesen und Anwendungen.

1 Die abenteuerliche Geschichte der Vanille

Die Vanille-Pflanze *vanilla planifolia* oder *vanilla tahitensis* zählt zu den fast 20 000 Orchideen-Arten. Sie stammt ursprünglich aus Mexiko, wo schon die Azteken ihre Kakao-Produkte aromatisch verfeinerten, bevor der spanische Eroberer Hernando Cortés 1519 begann, ihr Reich zu zerstören.

Nach etwa drei Jahren tragen die bis zu zehn Meter hoch wachsenden Kletter-Orchideen grüne, bohnen-ähnliche Früchte.

Mit den Spaniern gelangte die Vanille-Pflanze Mitte des 16. Jahrhunderts nach Europa sowie in die Kolonien in Asien und Afrika. Da jedoch dort die Bestäubung der Vanille-Blüten durch die nur in Mexiko heimischen Melipona-Bienen ausblieb, waren Kultivierungen lange Zeit erfolglos.

Der Autor

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

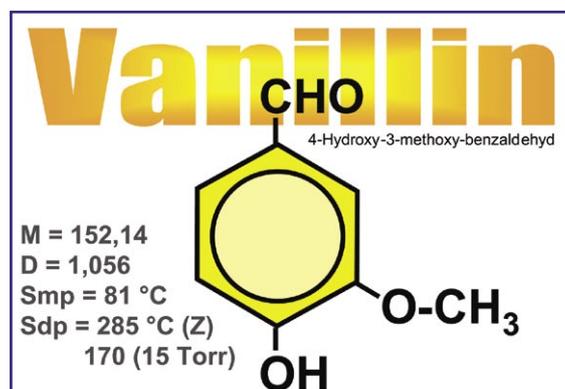


Abbildung 1: Vanillin mit chemischer Formel und einigen physikalischen Daten.

Auf der südost-afrikanischen Insel La Réunion im Indischen Ozean, zu französischer Kolonialzeit auch „Ile de Bourbon“ genannt, erhielt der Gouverneur 1822 Vanille-Stecklinge aus Frankreich. Dort erfand der elfjährige Sklaven-Junge Edmond Albius, wie er sich später als freier Bürger nannte, eine einfache Methode, die Vanille-Blüten von Hand künstlich zu bestäuben. Diese Methode, die Staubgefäße auf die geöffnete Blüten-Narbe zu drücken, findet heute weltweit ihre Anwendung.

Neun Monate später können die noch grünen „Frucht-Schoten“ gepflückt werden. Ihr Aroma erhalten sie erst nach einem langen Fermentierungs-Prozess:

- Stoppen der Schoten-Reifung durch 60°C heißes Wasser,
- Fermentierung in Woldecken (1 Tag),
- Ofen- und Sontentrocknung und Lagerung (8 Monate).

Jährlich gelangt man auf diese Weise zu weltweit ca. 2000 t fermentierter schwarzbrauner Vanille-Schoten, nach Safran das teuerste Gewürz der Welt.

Mit einem Gemisch aus Wasser und Ethanol lässt sich der Haupt-Aromastoff, das Vanillin, aus den zerkleinerten Vanille-Schoten extrahieren. Der Vanillin-Gehalt schwankt zwischen 1 und 3 %.

Weit über ein Jahrhundert hinweg waren Anpflanzungen und Export aus La Réunion, Madagaskar, den Komoren und Indonesien nach Europa sehr einträglich. Auf La Réunion produzieren die ehemaligen Farmer die fermentierten Vanille-Schoten heute mehrheitlich für Touristen.

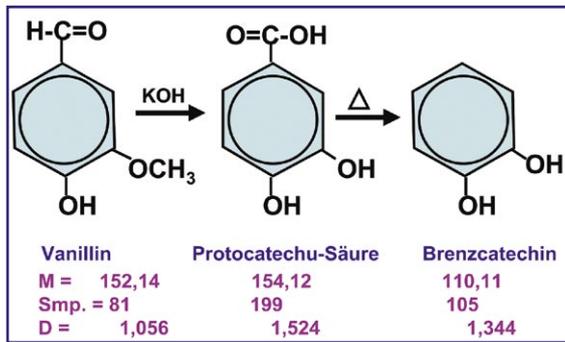


Abbildung 2: Struktur-Bestimmung des Vanillins durch Abbau-Reaktionen.

In geringeren Mengen ist das Vanillin auch im Styrax-Strauch, der im Mittelmeer-Raum beheimatet ist, sowie in Gewürznelken vorhanden.

1874 gelang dem Chemiker Wilhelm Haarmann (1847 – 1931) zusammen mit Ferdinand Tiemann (1848 – 1899) in Holzminden die Synthese von Vanillin aus dem Rinden-Saft von Fichten. Sie oxidierten das im Harz enthaltene Coniferin mit Chrom(VI)-oxid zu Gluco-Vanillin und spalteten den Traubenzucker durch Zusatz von Mineralsäure oder Enzymen ab. Dieses Verfahren wurde im Februar 1874 patentiert, das so gewonnene „künstliche“ Vanillin war mit ca. 7000 Mark je Kilogramm kaum billiger als das aus den fermentierten Orchideen-Fruchtstangen der Natur-Vanille extrahierte Vanillin.

Als Wilhelm Haarmann 1891 das Iso-Eugenol-Verfahren mit Karl Ludwig Reimer auf der Grundlage des Nelkenöls entwickelt hatte, lagen sie bei Kosten von 126 Mark/ kg. Mit dem Einstieg von Reimer 1876 in die Firma waren schon die Grundlagen des Aromastoff-Produzenten Haarmann & Reimer gelegt.

In jüngster Zeit gab es bedeutende Umstrukturierungen in der Unternehmenswelt, denen sich auch Haarmann & Reimer, seit 1954 im Besitz des Bayer-Konzerns, nicht entziehen konnte. Der schwedische Finanzinvestor EQT hatte 2002 die Bayer-Tochter Haarmann & Reimer übernommen und mit dem Familienunternehmen Dragoco – 1919 ebenfalls in Holzminden als Duft- und Riechstoffproduzent gegründet – zu Symrise verschmolzen. Das Unternehmen mit 4800 Mitarbeitern zählt sich mit einem Umsatz von 1,15 Milliarden Euro im Jahr 2005 zu den weltweit vier größten Anbietern für Duft- und Geschmacksstoffe.

Heute stammt das „naturidentische Vanillin“ aus den Sulfid-Ablaugen der Cellulose-Industrie sowie aus den Reaktoren der Petrochemie. Der weltweite Bedarf an Vanillin beläuft sich auf etwa 12 000 t. Aus den derzeit 2000 t-Anbau an natürlichen Vanille-Schoten ließen sich nur 40 t Vanillin gewinnen. Rhône-Poulenc ist einer der größten Produzenten von Vanillin.

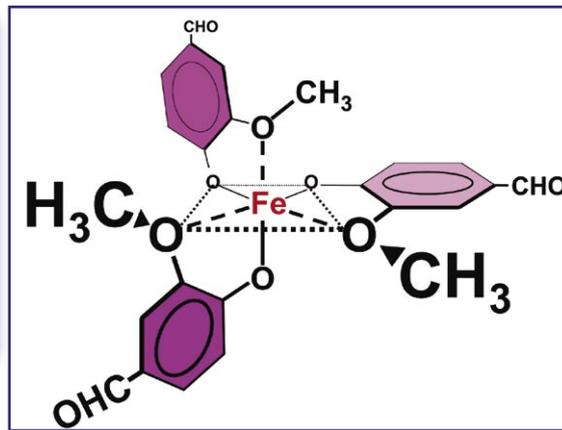
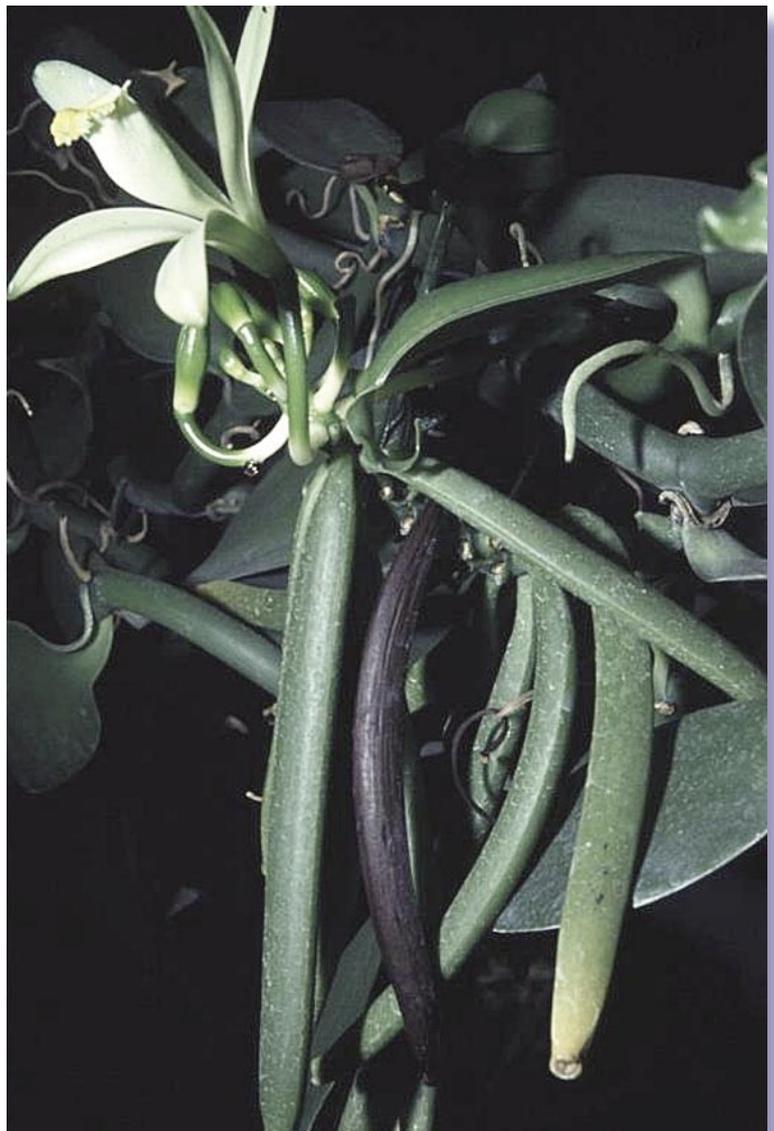


Abbildung 3: Blau-violetter neutraler fac-Tris-vanillino-Eisen(III)-Komplex.



Vanille-Pflanze mit Blüte und Früchten (Foto: Uni Karlsruhe/Helmut Carolus).



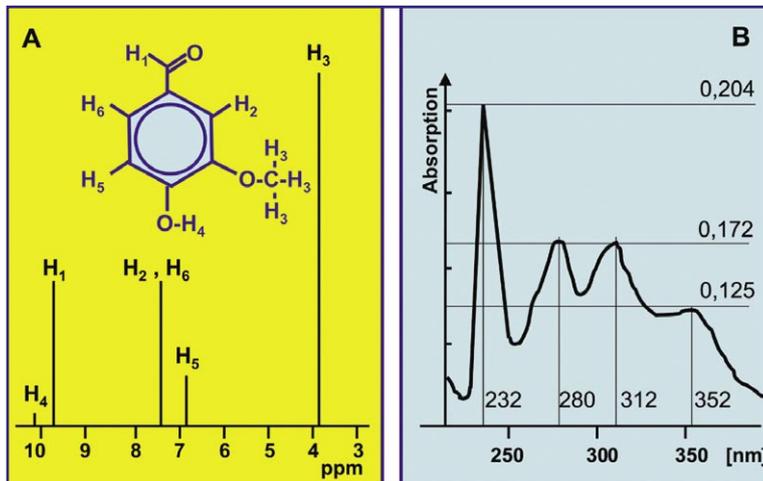


Abbildung 4: NMR-Spektrum (A) und UV-Spektrum (B) von Vanillin.

2. Vanillin – Eigenschaften und Synthesen

Während Carles 1872 bereits die exakte Elementar-Analyse mit $C_8H_8O_2$ sowie den exakten Schmelzpunkt mit $81^\circ C$ des umkristallisierten Vanillin-Extrakts aus den fermentierten Schoten bestimmen konnte, gelang Tiemann und Haarmann zwei Jahre später die Struktur-Aufklärung als 4-Hydroxy-3-Methoxybenzaldehyd (Abbildung 1).

Nach Behandlung mit Kaliumhydroxid entstand *Protocatechu-Säure*, welche sich nach der trockenen Destillation unter Abspaltung von Kohlendioxid zu *Brenzcatechin* umsetzte, zwei damals bereits bekannte Substanzen (Abbildung 2).

2.1 Eigenschaften des Vanillins

Die Stärke des künstlich hergestellten Vanille-Aromas, des Vanillins, unterscheidet sich von dem natürlichen Aroma aus den fermentierten Vanille-Schoten: die über 200 Verunreinigungen der natürlichen Vanille, nur 26 von ihnen über 1 ppm, insgesamt etwa 2%, verändern Geruch und Aroma merklich. Jedoch haben wir uns so an das Aroma

Abbildung 5: Massenspektrum von Vanillin.

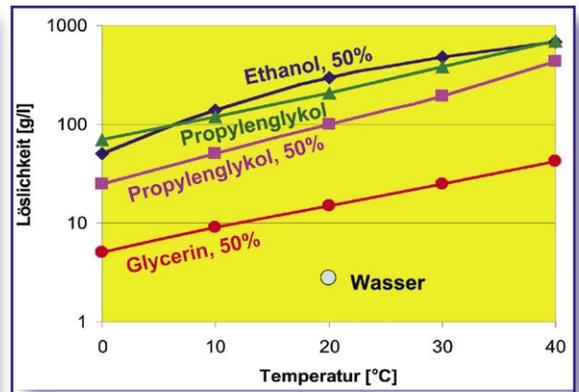
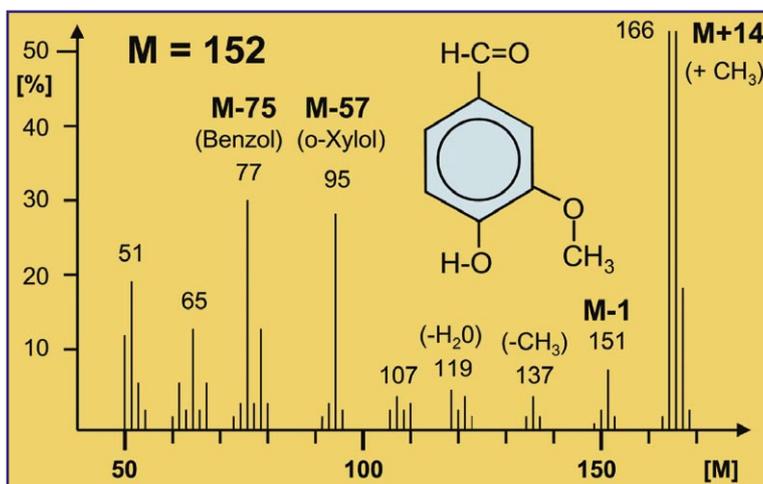


Abbildung 7: Löslichkeit von Vanillin in verschiedenen Lösungsmitteln.

des künstlichen Vanillins gewöhnt, dass uns die der reinen natürlichen Varianten befremdend vorkommen.

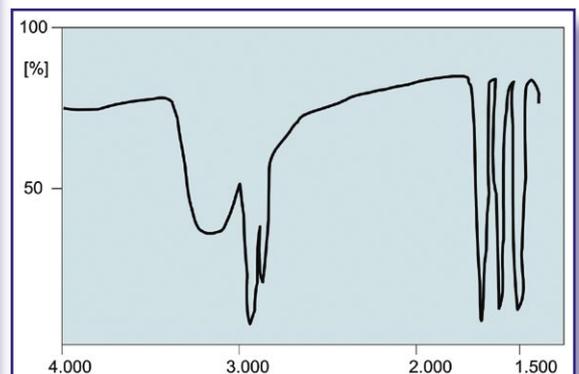
Die Aroma-Stärke des reinen Vanillins ist etwa 14-mal größer als fermentierte Vanille-Schoten. Die „Food and Drug Administration, FDA“ der USA definierte ein Gewichtsverhältnis von 0,7 zu 1,0 in der Aroma-Stärke.

Vanillin ist ein dreifach substituierter Benzolring, mit aktiven funktionalen Gruppen. Entsprechende Reaktionen sind am Aldehyd, an der Phenol- sowie an der Methoxy-Gruppe möglich.

Vanillin ist lichtempfindlich und oxidiert sich an feuchter Luft allmählich zur Vanillinsäure, der 3-Hydroxy-4-methoxybenzoesäure, auf. An der Ausbildung nadeliger Kristalle ist diese Umwandlung gut zu erkennen. Die Aufbewahrung erfolgt daher sinnvollerweise in dunklen Gefäßen.

Die Aldehyd-Gruppe, geht alkalisch katalysierte Aldol-Additionen ein (Carbonyl-Komponente + aktivierte Methylen-Komponente: $R_2C=O + H_2CR_2 \rightarrow R_2C(OH)-CHR_2$), jedoch nicht die Disproportionierung in Alkohol und Carbonsäure (Cannizzaro-Reaktion).

Abbildung 6: Infrarot-Spektrum von Vanillin.



Betriebsanweisung nach GefStoffV	
Labor: Präp. I	Vanillin [CAS 121-33-5] 4-Hydroxy-3-methoxybenzaldehyd, C ₈ H ₈ O ₃
Gefahren für Mensch und Umwelt	
Xⁿⁿ	Gesundheitsschädlich beim Verschlucken LD ₅₀ (oral, Ratte) = 1.580 mg/kg. Brennbar.
Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln	
Latex-Handschuhe als Staubschutz tragen. Gebinde geschlossen halten!	
Verhalten im Gefahrfall	
Trocken aufnehmen. Nachreinigen mit Wasser. Vanillin ist brennbar und lichtempfindlich!	
Erste Hilfe	
Mit reichlich Wasser abwaschen. Nach Augen- Kontakt unbedingt Arzt hinzuziehen (Tel.:333)	
Sachgerechte Entsorgung	
Mit den festen organischen Labor-Chemikalien entsorgen. Abfalltechn. Beratung: Tel. 277.	
Hanau, den 18.04.2006	Hasenpusch

Abbildung 8: Beispiel einer Betriebs-Anweisung, wie sie die Gefahrstoff-Verordnung, § 14, fordert.

Die Phenolgruppe lässt sich leicht mit Alkoholen verestern.

Die benachbarten Methoxy- und Phenol-Gruppen am Benzolring stellen eine Chelatbildner-Konstellation dar, mit der Schwermetalle farbige Komplexe bilden. Die Reaktion mit Eisen(III)-Salzen kann analytisch genutzt werden (Abbildung 3).

Zur Identifizierung nutzt die Analytik heute die Hochdruck-Chromatographie (HPLC), sowie die klassischen spektroskopischen Methoden: Die Abbildung 4 zeigt das NMR- und UV-Spektrum vom Vanillin, Abbildung 5 verweist auf das Massenspektrum und Abbildung 6 auf das recht komplexe IR-Spektrum.

Die Löslichkeit von Vanillin in Wasser liegt mit 10g/l bei 20°C relativ niedrig. Bei 80°C lösen sich etwa 50 g in einem Liter Wasser. Man verwendet daher wässrige Mischungen mit Alkoholen. In Ethanol-Gemischen ist das Vanillin deutlich löslicher als in Glycerin oder Propylenglykol. Die Löslichkeiten in logarithmischer Auftragung verlaufen mit der Temperatur nahezu geradlinig (Abbildung 7). In 50%igem Ethanol löst sich Vanillin mit 300 g/Liter bei 20°C schon sehr gut.

Der Duft des Vanillins hemmt die Lust auf Süßes und zügelt den Appetit. Vanillin gilt bei den Indianerinnen heute noch als Aphrodisiakum, das imstande ist, Männer zu verführen. Sie streichen sich mit den fermentierten Vanille-Stangen Haut, Haare und Kleider an, um sich die roten Krieger zu Willen zu machen. Nur müssen sie Obacht geben, dass sie des Nachts nicht den Körper mit weiblichen Wanzen bedeckt haben.

	Benzaldehyd (Bittermandelöl) M = 106,13 D = 1,05 Sdp. = 179°C FLP: 64°C ZP: 190°C Gesundheitsschädlich, R22; S24
	4-Hydroxy-benzaldehyd M = 122,12 D = 1,13 Sdp. = 116°C FLP: 174°C ZP: 450°C Reizend; R36/38; S22 LD ₅₀ (o.,R.) = 2.250 mg/kg
	Vanillin M = 152,14 D = 1,056 Smp. = 81 Sdp. = 285°C (Z.) Gesundheitsschädlich, R22; S24 LD ₅₀ (o.,R.) = 1.580 mg/kg

Abbildung 9: Daten vom Bitter-Mandelöl zum Vanillin

Denn die erotisch stimulierende Kraft beruht auf der strukturellen Ähnlichkeit mit den Sexuallockstoffen vom Typ der Pheromone. Die männlichen Wanzen (eurigaster integriceps) produzieren diesen Lockstoff ebenfalls.

Aus toxikologischer Sicht besitzt Vanillin nur ein geringes akutes und chronisches Potential. Mit einer letalen Dosis aus Futtersuchen bei Ratten von LD₅₀ = 1580-3300 g/ Kg Körpergewicht liegt

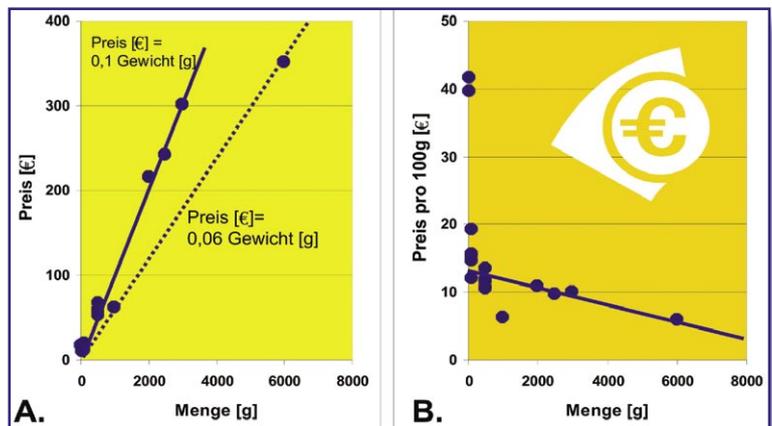
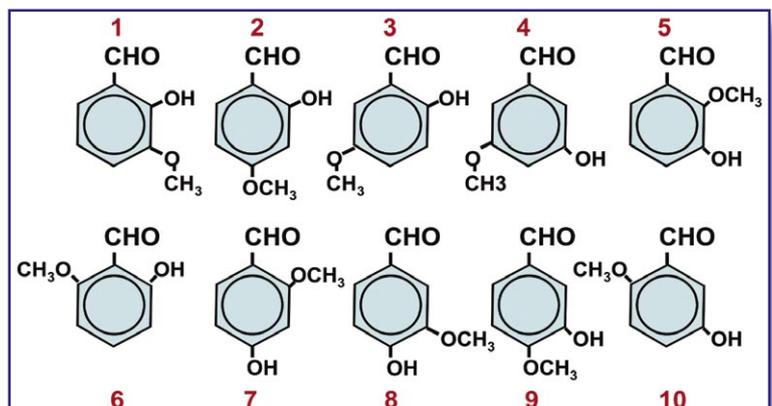


Abbildung 10: Kosten von Vanillin in Chemikalien-Katalogen: Preis pro Menge (A.) und 100g-Preis pro Menge (B.) .

Abbildung 11: Zehn Isomere des Hydroxy-Methoxy-Benzaldehyds.



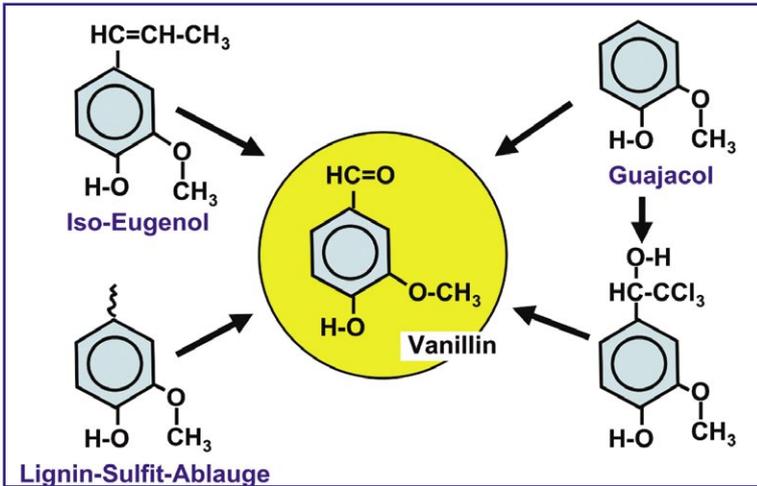


Abbildung 12: Chemische Synthese-Wege zum Vanillin.

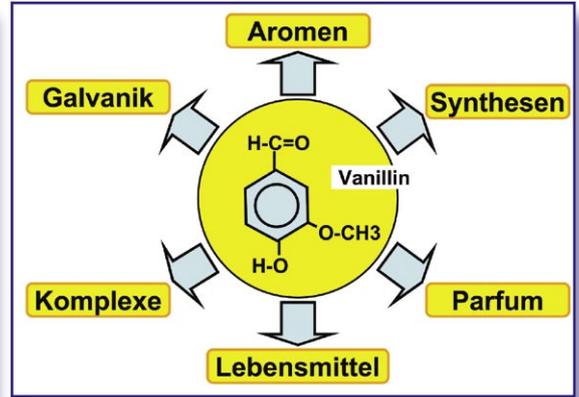


Abbildung 14: Industrieller Einsatz von Vanillin.

Vanillin im Grenzbereich zur Einordnung als „gesundheitsschädlich“. Der Risiko-Satz R 22 aus dem Gefahrstoffrecht verweist auf die Bemerkung „Gesundheitsschädlich beim Verschlucken“.

In Deutschland und in einigen anderen Ländern hält man sich, dem Besorgnis-Grundsatz verpflichtet, an den unteren Wert. Entsprechend sind die Betriebsanweisungen an Arbeitsplätzen, an denen mit Vanillin gearbeitet wird, auszuhängen (Abbildung 8) und entsprechende Unterweisungen mit den Beschäftigten durchzuführen.

In den USA ist Vanillin als „GRAS“ eingestuft: **G**enerally **R**ecognized **A**s **S**afe.

Obwohl Vanillin nicht selbst als Allergie-Auslöser bekannt ist, können vorsensibilisierte Menschen, beispielsweise durch Benzoesäure und Zimtsäure-Derivate, mit Vanillin allergische Reaktionen zeigen: gerötete Haut, „laufende Nase“ und Brustbeklemmungen, die bis zur Atemnot führen können.

Im Vergleich der Aldehyde vom Benzaldehyd, auch Bittermandelöl genannt, bis zum Vanillin treten keine großen toxikologischen Abweichungen auf: Die letale Dosis, ermittelt aus Fütterversuchen

an Ratten, schwankt um die 2000 mg/ kg Gewicht (Abbildung 9). So ist es auch zu erklären, dass einige Chemikalienhersteller das Vanillin nicht als „gesundheitsschädlich“ einstufen.

Im Körper wird das Vanillin zum größten Teil – zu 94% innerhalb von 24 Stunden – in die Vanillinsäure überführt (= metabolisiert) und so ausgeschieden. Toxikologen ermittelten die Menge, die beim Menschen keinen Schaden anrichtet, den „No effect level“ (NOEL), mit 2500 mg/kg Körpergewicht.

Als luftgetragenen Arbeitsplatzgrenzwert zitiert die Literatur (frühere Maximale Arbeitsplatz-Konzentration, MAK) für Vanillin 6 mg/m³.

Ein wichtiger Parameter des Vanillins ist in seinen Kosten zu sehen: Die Laborchemikalien-Kataloge weisen seit einigen Jahren Preise für 100g an 99%iger Ware in Pulverform um die 15 Euro, 500g um die 55 Euro und 3 kg um die 300 Euro aus.

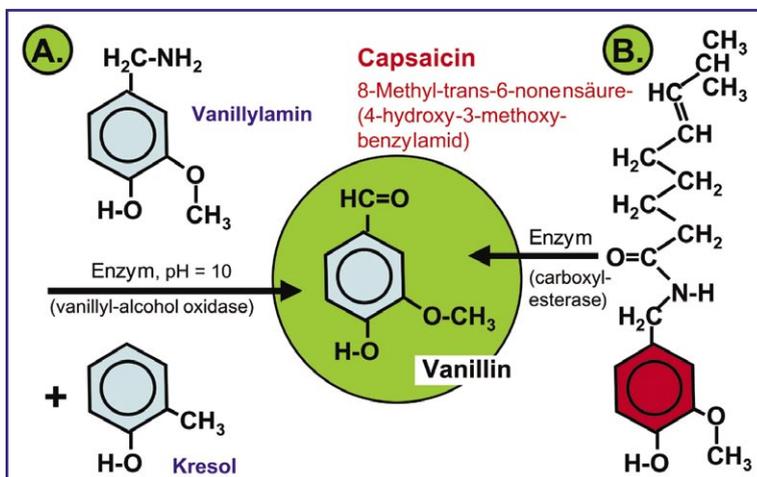
Interessanterweise verlaufen die Laborchemikalien-Preise in Relation zur Menge bis etwa 3 kg linear nach der Geraden-Gleichung: Preis in Euro = 0,1 × Menge in Gramm.

Die aktuellen niedrigeren Preise der Firma Roth heben sich deutlich von denen der übrigen Lieferfirmen ab. Sie folgen der Geraden mit der flacheren Steigung von etwa 0,06 (Abbildung 10 A.). Die spezifischen Preise für 100 g fallen bereits für Abnahme-Mengen von wenigen kg auf unter 10 Euro (Abbildung 10 B.)

Die einzelnen Preise namhafter Vertreiber von Laborchemikalien sind in Tabelle I aufgelistet. Die Unterschiede erklären sich auch durch unterschiedliche Spezialisierungen und Handelsbeziehungen zu Großproduzenten. Bemerkenswert sind auch die unterschiedlichen Bewertungen der Risiko- und Sicherheitsratschläge. Auch hier ist man gut beraten, im Zweifelsfall auf die sichere Seite zu gehen.

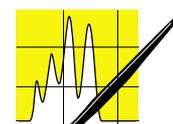
Mit den drei Substituenten am Benzolring, die das Vanillin aufweist, sind insgesamt 10 Isomere mit gleichem Molekulargewicht möglich (Abbildung 11). Jedoch wurden nur wenige Isomere mit ihren unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften

Abbildung 13: Biotechnische Synthese-Wege zum Vanillin.



Vanillin-Preise in Chemikalien-Katalogen

Aldrich	Alfa Aesar	Fluka	Lancaster	Merck	Roth	Acros Organics
Johnson Matthey	Riedel-de Haen	Clariant				
2003-04	2006-07	2003-04	2004-5	2005-07	2006	2006
99%	99%	98%	99%	99%	99%	99%
R 22	R 20/22		R 22	LD ₅₀ (oral Ratte):		
S 22-24/25	S 9-36		S 22-36/37	3978 mg/kg		S22, S24/25
2g: 16,70 _		25g: 10,40 _	25g: 9,90 _			2g: 10,20
100g: 19,20 _	100g: 15,40 _	100g: 15,40 _	100g: 14,70 _	100g: 15,70 _	100g: 12,00 _	100g: 18,30
500g: 67,60 _	500g: 59,10 _	500g: 57,80 _	500g: 53,70 _	500g: 52,50 _	1 kg: 61,75 _	250g: 35,50
2 kg: 216,30 _	2,5 kg: 242,00 _	3 kg: 301,80 _			6 kg: 351,96 _	1 kg: 97,10



AUFSÄTZE

Tabelle I: Preise in Laborchemikalien-Katalogen nebst sonstiger Angaben.

synthetisiert, untersucht und beschrieben (Tabelle II). Allein die Schmelzpunkte der im „Handbook of Chemistry and Physics“ aufgeführten Vanillin-Isomere schwanken zwischen 4 und 153°C.

2.2 Synthesen

Zur industriellen Herstellung des Vanillins wurden eine ganze Reihe chemischer Verfahren beschrieben (Abbildung 12). Die ersten gingen beispielsweise von dem Harz der Fichten aus. Von dem Rindensaft der gefällten Bäume geht schon ein leichter Vanillin-Geruch aus.

Einen enormen Fortschritt stellte das *Lignin-Verfahren* dar: Es nutzte die Sulfit-Ablaugen der Cellulose-Industrie. Unter erhöhtem Druck und höheren Temperaturen mit alkalischen Oxidationsmitteln bildet sich das Vanillin zunächst noch mit vielen Verunreinigungen. Die Abtrennung und Reinigung verläuft über Extraktion, Destillation und Kristallisation.

Aus der angesäuerten Lösung lässt sich das Vanillin beispielsweise mit Butanol extrahieren und mit Natriumhydrogensulfit wieder re-extrahieren. Nach der anschließenden Vacuum-Destillation liegt ein technisches Produkt vor, dass für die Lebensmittel-

Qualität noch einige Male umzukristallisieren ist, letztlich aus einem Wasser-Ethanol-Gemisch.

Das meiste Vanillin entsteht nach dem *Guajacol-Prozess*. Beispielsweise über das folgende dreistufige Verfahren:

- Reaktion von Guajacol mit Glyoxalsäure zur Mandelsäure,
- Oxidation zur entsprechenden Phenylglyoxalsäure und
- Decarboxylierung zum Vanillin.

Am Ende des 20. Jahrhunderts ging man bei der Gewinnung von Guajacol vom Brenzcatechin aus, das mit Wasserstoffperoxid aus dem Phenol synthetisiert wird.

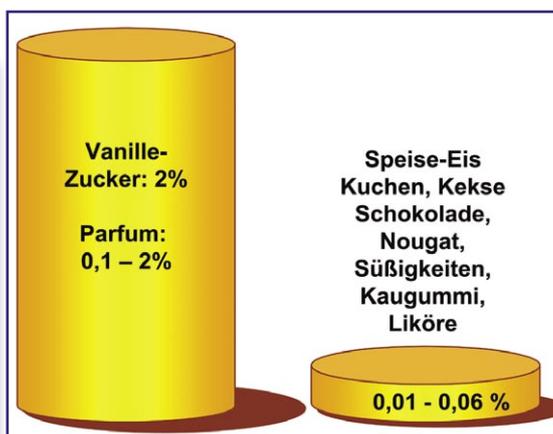
Zu den vielen patentierten chemischen Produktionsverfahren gesellen sich 1991 auch einige biotechnologische Verfahren. Da ist zum einen die enzymatische Reaktion von Vanillylamin und Kresol mit dem Enzym „vanillyl alcohol oxidase“ bei pH = 10 zu nennen sowie die enzymatische Spaltung des roten Capsaicins mit dem Enzym „carboxyl-esterase“ (Abbildung 13).

Das Capsaicin oder 8-Methyl-trans-6-nonensäure-(4-hydroxy-3-methoxybenzylamid) verursacht den scharfen Geschmack des Chillies und der Paprika-Früchte. Die farblosen monoklinen Kristalle sind in

Abbildung 15: Vanillin-Konzentrationen als Aroma-Stoff.

Tabelle II: Daten der Hydroxy-methoxy-benzaldehyd-Isomeren.

Nr.	HO-, CH ₃ O-	Name	Smp.	Sdp.	Dichte
•	2 – 3	ortho-Vanillin	45	266	
•	2 – 4		42		
•	2 – 5		4	248	
•	3 – 5		131	subl.	
•	3 – 2				
•	2 – 6				
•	4 – 2		153		
•	4 – 3	Vanillin	81	285	1,056
•	3 – 4	iso-Vanillin	117	179(15)	1,196
•	3 – 6				



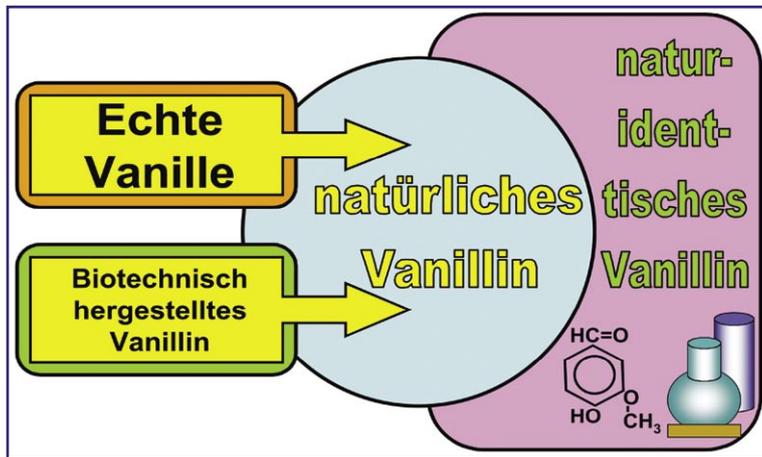


Abbildung 16: Orientierungs-Hilfe für die Bezeichnungen.

ihnen zu 0,3 bis 0,5% enthalten. Sie sind in Wasser fast unlöslich, schmelzen bei 65°C ($M = 305,40$) und werden medizinisch als alkoholische Lösung gegen Frostbeulen und Rheuma eingesetzt.

Eng verknüpft mit der Produktion und Überwachung der Reinheit sind auch die unterschiedlichen Methoden der Vanillin-Analytik. Weitläufige Anwendungen finden die gaschromatografischen Untersuchungen, die auch das Ausmaß der Verunreinigungen unmittelbar erkennen lassen. In den letzten Jahren hat sich auch die Hochdruck-Chromatographie von Lösungen (HPLC) durchgesetzt. Daneben lassen sich auch IR- und UV-Spektren zur Qualitäts-Prüfung heranziehen.

Mit Bleiacetat entstehen in kalten Vanillin-Lösungen hellgelbe Niederschläge.

Mit Eisen(III)-chlorid bilden sich blauviolette Chelat-Komplexe, die sich bei Raumtemperatur zum Braunen hin verfärben. Beim Abkühlen fällt ein seidiger farbloser Niederschlag aus, so man von gesättigten Vanillinlösungen (10g/l, 20°C) ausging. Dabei handelt es sich um das Dehydrodivanillin.

Da Vanillin über sauerstoffhaltige Substituenten am Benzolring verfügt, ist die phenolische OH-Gruppe saurer als beim Phenol selbst. Vanillin lässt sich

Abbildung 18: KNOEVENAGEL-Reaktion zur Ferulasäure.

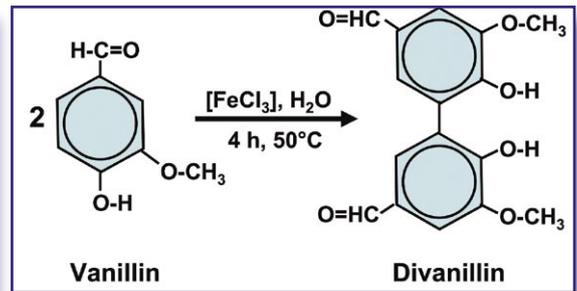
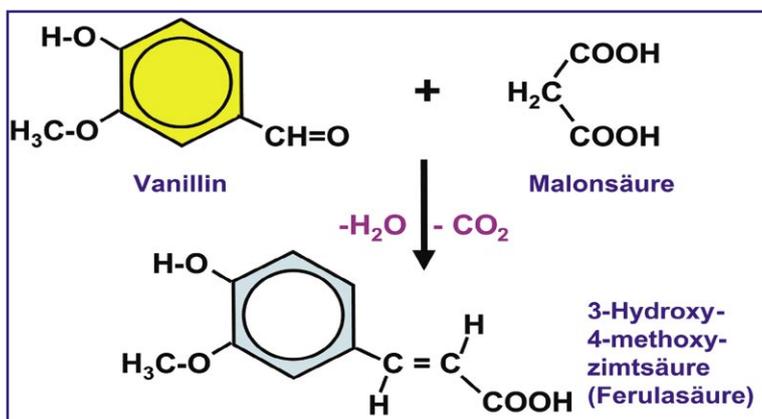


Abbildung 17: Umsetzung zu Divanillin.

daher gegen Thymolphthalein, ein Farbindikator, der bei $\text{pH} = 9,3$ bis $10,5$ von farblos nach blau umschlägt, gut mit Natronlauge titrieren, um so den Gehalt festzustellen: 1ml an 0,1n NaOH entspricht 15,22 mg Vanillin ($\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$).

Zur Unterscheidung von natürlichem und synthetischem Vanillin wird die ^{13}C -Methode herangezogen, denn die Isotopen-Verhältnisse von ^{12}C und ^{13}C unterscheiden sich deutlich.

3. Vielfältiger Einsatz des Vanillins

Auf dem Markt wird das Vanillin in der Regel als 99%-ige Ware angeboten. Besonders aus dem Lignin-Verfahren können noch Verunreinigungen, wie 5-Formylvanillin, para-Hydroxyzinnensäure, para-Hydroxybenzaldehyd, Syring-Aldehyd und -säure sowie 4-Hydroxy-3-methoxy-acetophenon im Produkt enthalten sein.

Aus dem Guajacol-Verfahren entstehen Vanillin-Spezifikationen mit 5-Methylvanillin als Hauptverunreinigung.

Neben der Reinheit und Zulassung für den Lebensmittelbereich werden die Vanillin-Qualitäten noch nach Löslichkeit in Wasser ($< 2\%$), Körngrößen-Verteilung (25 bis 500 Mikrometer) sowie Geschmack und Aroma spezifiziert.

Auch wenn das meiste Vanillin in die Lebensmittelindustrie geht, rund 30%, sind die Anwendungen recht vielfältig. Abbildung 14 verweist auf einige dieser Einsatzgebiete.

Alleine im Bereich der Lebensmittel enthalten eine Reihe von Produkten das Vanillin als Aromastoff: Kuchen, Kekse, Schokolade und andere Süßigkeiten. Größere Mengen befinden sich in Vanille-Zucker, Vanille-Eis und Parfüms. Abbildung 15 zeigt den Gehalt an Vanillin in unterschiedlichen Produkten.

Bei der Herstellung von Parfüms und Kosmetik-Artikel geht man von den drei gebräuchlichsten Basis-Aromen und Geschmacksstoffen aus, zu denen neben Rosen- und Erdbeer-Aroma auch das der Vanille zählt.

Das Vanillin-Aroma wird auch oft zum Überdecken übler Gerüche angewendet, in Deodorants. So verleiht Vanillin vielen weniger angenehm riechenden Produkten einen akzeptableren Duft, beispielsweise synthetischem Gummi, Kunststoffen, Fiberglas, Tinten und Farben. Dafür kommen nur sehr geringe Mengen zum Einsatz, denn der Duft des Vanillins ist bereits in einer Konzentration von 20 Nanogramm (20×10^{-9} g) in einem Kubikmeter Luft mit unserer Nase zu vernehmen.

Vanillin erhielt von den Parfumeuren die olfaktorischen Tribute „sahnig“, „schokoladig“ und „caramelartig“.

Eigenartigerweise weist das Iso-Vanillin, bei dem die Hydroxy- und Methoxy-Gruppe gegenüber der Vanillin-Struktur vertauscht sind, nur einen kaum wahrnehmbaren Geruch auf. Das Heliotropin-Molekül ($M = 150,13$; Smp. = 37°C) dagegen, bei dem die beiden Sauerstoffe, die direkt am Benzolring sitzen, mit einer Methylen-Brücke zu einem Fünfring verbunden sind, verströmt einen intensiven süßen balsamischen Duft.

Als Lebensmittelzusatzstoff darf das Vanillin nur aus Aroma-Extrakten der natürlichen Vanille oder aus naturidentischen Produktionen, wozu auch die biotechnologischen Verfahren zählen, zum Einsatz kommen. Ob im Speise-Eis auch Anteile von natürlicher Vanille enthalten sind, kann man auch an den schwarzen Punkten der zerstoßenen Vanille-Stangen erkennen. Die naturidentische synthetische Ware ist für den Verzehr ausgeschlossen. Die Abbildung 16 verdeutlicht diese begrifflichen Zusammenhänge noch einmal.

Neben dem Einsatz als Glanzbildner beim galvanischen Verzinken kommt das Vanillin auch als Ausgangsstoff für zahlreiche Umsetzungen zur Anwendung. Dazu zählt vorrangig die Herstellung der folgenden Medikamente:

- *L-Dopa*: 3-(3,4-Dihydroxyphenyl)-2-alanin; $M = 197,19$; Smp. = 278°C ; gegen Parkinson-Krankheit,
- *Methyl-dopa*: 3-(3,4-Dihydroxyphenyl)-2-methylalanin, $M = 211,21$; Smp. = 307°C ; Antihypertonikum und
- *Pavaverin*: 1-(3,4-Dimethoxybenzyl)-6,7-dimethoxy-isochinolin; $M = 339,38$; Smp. = 147°C (Hydrochlorid: 220°C); als Opiat nicht suchtfördernd; Herz-Kreislauf-Präparat und Antiasthmikum.

Über eine Clemmensen-Reduktion mit amalgamiertem Zink und Salzsäure lässt sich die Aldehyd-Gruppe am Vanillin zur Methylgruppe reduzieren. Das mit 60 bis 70%iger Ausbeute entstehende 3-Hydroxy-4-Methoxytoluol dient als Grundstoff für weitere Umsetzungen.

Mit dem Methylierungs-Reagenz Dimethylsulfat erfolgt eine Veretherung des phenolischen Hydroxyl-Substituenten zu 3,4-Dimethoxybenzaldehyd

(= Veratrumaldehyd; $M = 166,17$; Smp. = 44°C ; Vanille-Duft).

Unter relativ milden Bedingungen, wie in Abbildung 17 aufgezeigt, entsteht auch das Divanillin in guten Ausbeuten als Baustein für weitere Umsetzungen.

Die Aldehyd-Gruppe am Vanillin eignet sich für viele Reaktionen. Ein Beispiel ist die Umsetzung mit Malonsäure zur Ferulasäure (Abbildung 18). Die Ferulasäure oder 3-Hydroxy-4-methoxycimtsäure ($M = 194,18$; Smp.: 174°C) findet ihren Einsatz als Konservierungsmittel in der Lebensmittel-Industrie.

In der Analytischen Chemie dient Vanillin als Bestandteil des „Günzburgs-Reagenzes“ u.a. zum Nachweis freier Salzsäure im Magensaft. Bei diesem Reagenz handelt es sich um eine alkoholische Lösung von Vanillin und Phloroglucin (1,3,5-trihydroxybenzol), die beim Eindampfen mit Magensaft mit Salzsäure-Anteilen bis hinab zu 0,01 % HCl einen scharlachroten Spiegel anzeigt.

4. Zusammenfassung

Im Vanillin finden wir ein Musterbeispiel eines Naturstoffes, das sich durch vielfachen Einsatz und vielfältigen Gebrauch so unentbehrlich gemacht hat, dass die technische Gewinnung aus den natürlichen Früchten der Vanille-Orchidee schnell an ihre Grenzen stieß.

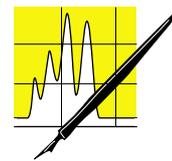
Als klassischer Duft- und Geschmacksstoff befindet sich das Vanillin in vielen aromagebenden Produkten, dass der Bedarf so schnell nicht abnehmen wird.

Hinzu kommen diverse technische Einsätze als mildes Reduktionsmittel, als Komplexbildner, Reagenz und als Grundbaustein für eine Reihe von Synthesen. Einige wichtige Pharmazeutika verdanken ihre Herkunft einer Umsetzung mit Vanillin.

Heute ist der Syntheseweg für das Vanillin selbst in stärkerem Maße die Phenol-Chemie, als die vom Prinzip her nachhaltigere Synthese aus den Lignin-Abfällen der Cellulose-Industrie.

Es bleibt als Herausforderung für die Welt der Chemiker zu hoffen, dass sie umweltfreundliche Verfahren aus nachwachsenden Rohstoffen und in einfachen Schritten mit hoher Ausbeute erarbeiten kann, damit sich dadurch auch weitere Einsätze für das Vanillin erschließen.

CLB



AUFsätze

Von der univariaten zur multivariaten Datenanalyse (Teil 2)

Dirk Flottmann, Alexander Müller, Aalen, Wolfgang Schulz, Langenau

Im ersten Teil dieser chemometrischen Beitragsreihe (CLB 09-10/2006) wurde die univariate und bivariate deskriptive (beschreibende) Datenanalyse eingehend an Beispielen beschrieben. Dieser zweite Teil beschäftigt sich hingegen mit der konfirmatorischen (strukturprüfenden) Datenanalyse.

Diese Art der Datenauswertung kommt vor allem bei multivariaten Fragestellungen zum Einsatz. Hierbei wird der Einfluss von mindestens drei Variablen auf die Zielvariablen ermittelt.

Konfirmatorische Datenanalyse

Zu der konfirmatorischen Datenanalyse gehören neben der Varianz- und Regressionsanalyse auch die Korrelations- und Diskriminanzanalyse. Bei all diesen Methoden werden die Messdaten mit Hilfe eines Modells beschrieben. Dieses ist auch das allgemeine Vorgehen bei der bekannten linearen Regression, hierbei wird eine lineare Modellgleichung, wie zum Beispiel $y = mx + b$, an die Messdaten angepasst. In diesem Kapitel wird zunächst die gezielte Versuchsdurchführung zur Ermittlung von Versuchsergebnissen gemäß des Designs of Experiment (DOE) vorgestellt. Hierbei werden vom Experimentator gezielt Einflussvariablen verändert und die jeweilige Wirkung auf die Messgröße ermittelt. Die erhaltenen Messergebnisse werden dann mittels Varianzanalyse ausgewertet. Beide Methoden werden im folgenden anhand eines Beispiels der Atom-Absorptions-Spektroskopie (AAS) beschrieben.

Die Autoren

Prof. Dr. Dirk Flottmann, Jahrgang 1965: Studium der Chemie an der Universität Bielefeld, 1995-2002 Wacker Chemie GmbH/Burghausen und Wacker Siltronic AG/Singapur. Seit April 2002 arbeitet er im Fachbereich Chemie der FH Aalen im Studienschwerpunkt Analytische Chemie. Sein Forschungsinteresse liegt auf dem Gebiet der Elementanalytik, der Spurenanalytik und neuartiger Trennverfahren.

Dipl.-Ing. Alexander Müller, Jahrgang 1980, absolvierte ein Chemiestudium an der Hochschule Aalen, spezialisierte sich in Analytik.

Dr. Wolfgang Schulz arbeitete nach abgeschlossenem Chemiestudium an der Hochschule Aalen und anschließendem Studium der Physik an der Universität Stuttgart seit 1988 im Umweltlabor der wave GmbH in Stuttgart als technischer Laborleiter. Dr. Schulz promovierte an der Universität Lüneburg im Fachbereich Umweltwissenschaften und ist seit 2005 im Betriebs- und Forschungslaboratorium der LW als Laborleiter tätig.



Flottmann



Müller



Schulz

Design of Experiment – Varianzanalyse

Bei der Probenauswahl sollte immer darauf geachtet werden, dass es sich um repräsentative Proben handelt, bei denen die wichtigen Einflussparameter berücksichtigt wurden. Hiervon hängt der Informationsgehalt der Daten in erheblichem Maße ab. Eine gezielte Probenauswahl führt zu einer Erhöhung des Informationsgehalts, insbesondere bei Durchführung planmäßiger Versuche zur Bestimmung von Prozesseinflüssen.

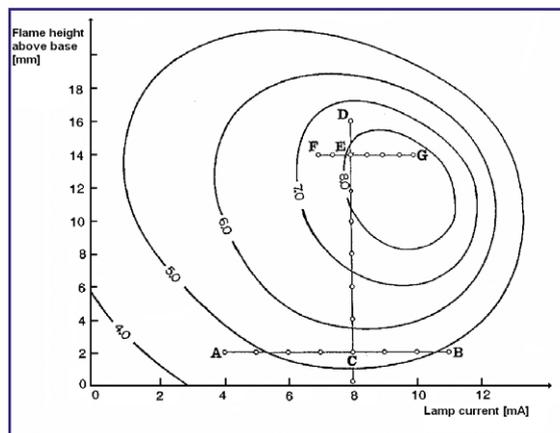
Um ein Phänomen, eine Prozessentwicklung oder eine Produktoptimierung zu untersuchen, bedarf es meist vieler Experimente, die zeit- und kostenaufwendig sind. Um die Anzahl der Versuche möglichst gering zu halten und trotzdem gleichzeitig eine größtmögliche Informationsdichte pro Versuch zu erhalten, gibt es verschiedene Vorgehensweisen.

Ad-hoc-Verfahren:

Hier wird ein Experiment durchgeführt und unter Berücksichtigung des Ergebnisses und der eigenen Erfahrung werden die nächsten Schritte entschieden. Dies ist zum Teil sehr schwierig und darüberhinaus gibt es weitere Nachteile dieses Verfahrens:

- Gewonnene Erkenntnisse über den Prozess oder das System sind gering und so ist eine Übertragung auf ähnliche Probleme schwierig
- Zufällige Streuung der Ergebnisse fließt in die Entscheidungsfindung mit ein
- Durch dieses Vorgehen kann keine systematische Optimierung erfolgen.

Abbildung 1: Eine-Variable-zu-einer-Zeit-Verfahren.



Eine-Variable-zu-einer-Zeit-Verfahren:

Hierbei wird stets nur einen Faktor, der die Zielgröße beeinflussen könnte, geändert, wobei die anderen Faktoren gleich bleiben (Abbildung 1). Es ist eine weitverbreitete und beliebte Optimierungsmethode, jedoch ist die Effizienz dieser Vorgehensweise bezüglich des Informationsgehalts und der Versuchsanzahl aus folgenden Gründen nicht optimal:

- Wechselwirkungen zwischen einzelnen Faktoren werden nicht berücksichtigt
- Keine Unterscheidungsmöglichkeit zwischen zufälligen Schwankungen und echten Effekten
- Keine Vorhersage für nicht durchgeführte Experimente möglich
- Versuchsanzahl vor Beginn der Untersuchung nicht bekannt.

Design of Experiment (DOE):

Dieses moderne Verfahren beruht auf einer mathematischen Theorie, die es ermöglicht alle potentiellen Einstellvariablen gleichzeitig zu untersuchen und dabei statistisch sichere Rückschlüsse auf alle einzelnen Faktoren ziehen zu können. Außerdem erfolgt beim DOE eine Minimierung des Einflusses des experimentellen Fehlers auf das Ergebnis, da alle Versuchsergebnisse zusammen betrachtet werden und nicht einzeln, wie bei den vorhergehenden Verfahren. Das DOE besitzt dadurch eine Vielzahl von Vorteilen:

- Mit der Auswahl des Versuchsdesigns steht die benötigte Versuchsanzahl fest
- Untersuchung von Einzeleffekten als auch von Wechselwirkungen sind unabhängig voneinander möglich
- Vorhersagen können in einem gewissen Rahmen getroffen werden
- Über die Signifikanz der beobachteten Effekte lassen sich echte Effekte von zufälligen Schwankungen unterscheiden
- Es wird ein maximaler Informationsgehalt mit relativ geringem Versuchsaufwand erhalten.

Vor der Durchführung eines DOE müssen sowohl die abhängigen Variablen (Zielvariablen) und unabhängigen Variablen (Einflussvariablen) mit ihren Levels definiert werden. Anhand der Variablenanzahl ergibt sich das Versuchsdesign. Im Folgenden wird das Konzept der vollen Versuchsplanung an einem Beispiel näher erläutert. Bei DOE-Untersuchungen werden 2^n -Versuchsdesigns verwendet, wobei die Zahl 2 der Anzahl der Variablenlevels entspricht und der Buchstabe n der Anzahl an Einflussvariablen.

Als Beispiel für ein Design von Experimenten soll eine Bestimmung der Einflussparameter bei einer Silberbestimmung mittels AAS-Analyse dienen. Als Zielvariable auch manchmal als Response Variable bezeichnet dient die Absorption der eingestrahlten Wellenlänge einer Silberstandardlösung bei unterschiedlichen Geräteeinstellungen. Folgende Einflussvariablen sollen in dieser Untersuchung berücksichtigt werden:

- Flammenhöhe über dem Brennerkopf (A)
- Flammenstöchiometrie (Sauerstoff/Acetylen;B)
- Essigsäurekonzentration in der Probe (C)
- Lampenstrom (D)

Es handelt sich also um einen 2^4 -Versuchsplan mit jeweils zwei verschiedenen Levels, die der Tabelle 1 entnommen werden können.

Tabelle 2 bildet den 2^4 -Versuchsplan in codierter Form ab, bei der die niedrigen Levels jeweils durch ein „Minus“ und die hohen Variablenwerte durch ein „Plus“ gekennzeichnet werden. Außerdem sind in der letzten Spalte die Versuchsergebnisse eingetragen. Ein Blick auf die Tabelle 2 zeigt sofort, dass

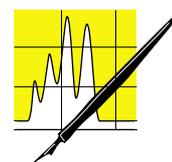


Tabelle 1:
 2^4 -Versuchsplan mit Variablenlevels. Tabelle 2 (ganz unten): codierter 2^4 -Versuchsplan mit Ergebnissen.

Ver-such	Flammen-höhe [mm]	Flammen-stöchiom.	Essigsre.-gehalt [%]	Lampen-strom [mA]	Signal [mAbs]
1	6	mager	0	4	
2	12	mager	0	4	
3	6	fett	0	4	
4	12	fett	0	4	
5	6	mager	5	4	
6	12	mager	5	4	
7	6	fett	5	4	
8	12	fett	5	4	
9	6	mager	0	8	
10	12	mager	0	8	
11	6	fett	0	8	
12	12	fett	0	8	
13	6	mager	5	8	
14	12	mager	5	8	
15	6	fett	5	8	
16	12	fett	5	8	

Ver-such	Flammen-höhe [mm]	Flammen-stöchiom.	Essigsre.-gehalt [%]	Lampen-strom [mA]	Signal [mAbs]
1	-	-	-	-	21
2	+	-	-	-	77
3	-	+	-	-	84
4	+	+	-	-	24
5	-	-	+	-	66
6	+	-	+	-	78
7	-	+	+	-	68
8	+	+	+	-	83
9	-	-	-	+	18
10	+	-	-	+	61
11	-	+	-	+	80
12	+	+	-	+	71
13	-	-	+	+	89
14	+	-	+	+	124
15	-	+	+	+	131
16	+	+	+	+	121

jede Variable in allen 16 Versuchen genau 8 Mal auf „Minus“ und 8 Mal auf „Plus“ gemessen wird. Dieses zeigt auch den besonderen Vorteil des DOE, dass eine statistische Ausgewogenheit vorliegt.

Anhand der Ergebnisse der 16 Versuche lassen sich nun die Haupt- und Wechselwirkungseffekte der Zielvariablen „Absorption“ wie im Folgenden dargelegt ist, bestimmen.

Die Berechnung der Effekte, also die Veränderung der Zielvariablen bei Änderung der Einflussgrößen von „Minus“ auf „Plus“, erfolgt, indem die Versuchsergebnisse mit dem Vorzeichen der codierten Variablen der entsprechenden Spalte einfach addiert werden. Dieses soll an zwei Beispielen erläutert werden.

Berechnung der Haupteffekte (HE):

– Allgemeine Berechnungsformel

$$\text{Haupteffekt A} = \frac{\sum_{i=1}^n A(+)}{n} - \frac{\sum_{i=1}^n A(-)}{n}$$

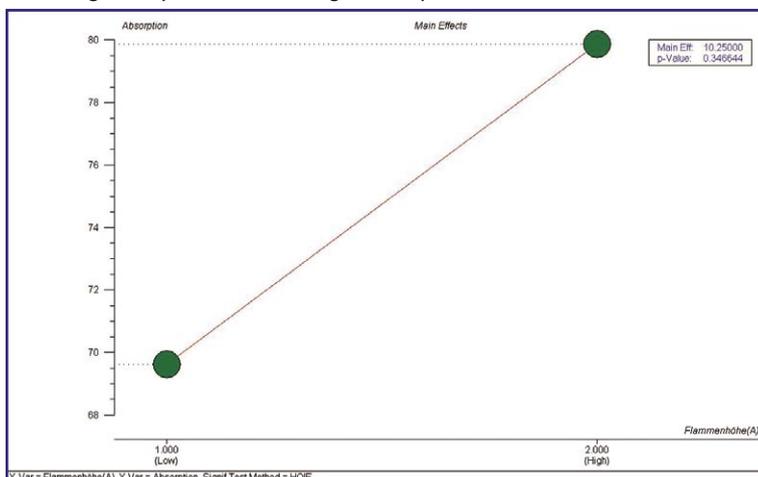
– Exemplarische Berechnung des Haupteffekts „Flammenhöhe“

$$\text{HE} = \frac{(77+24+78+83+61+71+124+121)}{8} - \frac{(21+84+66+68+18+80+89+131)}{8} = 10,25$$

– Übersicht der vier Haupteffekte

	Flammenhöhe	Flammenstöchiometrie	Essigsäuregehalt	Lampenstrom
Effektgröße	10,25	-16,00	40,50	24,25

Abbildung 2: Graphische Darstellung des Haupteffekts „Flammenhöhe“.



Berechnung der Wechselwirkungseffekte (WW):

– Allgemeine Berechnungsformel

$$\text{WW AB} = \frac{1}{2} * [(\frac{\sum_{i=1}^n A(+)}{n} - \frac{\sum_{i=1}^n A(-)}{n}) - (\frac{\sum_{i=1}^n A(+)}{n} - \frac{\sum_{i=1}^n A(-)}{n})]$$

– Exemplarische Berechnung des Wechselwirkungseffekts „Flammenhöhe-Flammenstöchiometrie“

$$\text{ww} = \frac{1}{2} * [(\frac{(24+83+71+121)}{4} - \frac{(84+68+80+131)}{4}) - (\frac{(77+78+61+124)}{4} - \frac{(21+66+18+89)}{4})] = 26,25$$

– Übersicht der sechs Wechselwirkungseffekte

	AB	AC	AD	BC	BD	CD
Effektgröße	-26,25	2,75	4,50	-4,50	11,75	18,25

Wechselwirkungen sind in der Graphik durch das nicht parallele Verlaufen der abgebildeten Linien ersichtlich. Ob jedoch diese Effekte signifikant sind, muss durch einen geeigneten Test ermittelt werden. Gleiches gilt für die vorher berechneten Haupteffekte, die absolute Effektgröße allein betrachtet sagt nichts über die Signifikanz des Effekts aus. Für die Überprüfung der Signifikanz gibt es verschiedene Verfahren:

Das Wahrscheinlichkeitspapier

Bei dem Wahrscheinlichkeitspapier wird die Signifikanz von Effekten visuell bestimmt. Hierzu werden die einzelnen Effekte der Größe nach sortiert (Tabelle 3). Danach wird die Wahrscheinlichkeit P der einzelnen Effekte wie folgt berechnet:

$$P = \frac{(100 + (I - 0,5))}{N}$$

I = Rangordnung des Effekts
N = Gesamtanzahl der Effekte

Anschließend werden die Effekte in das Wahrscheinlichkeitspapier eingetragen. Auf der Abszisse werden die absoluten Effektgrößen und auf Ordinate werden die P-Werte logarithmisch abgetragen. Bei einer Gauß'schen Verteilung der Effekte liegen die eingetragenen Punkte auf einer Geraden, das heißt der Einfluss der Effekte unterliegt der natürlichen und zufälligen Streuung. Weichen jedoch einzelne Effekte von dieser Gerade ab bedeutet dies, dass diese Effekte einen größeren Einfluss auf die Zielvariable besitzen als durch die natürliche Streuung der Messwerte zu erklären ist.

In Abbildung 4 weichen sowohl der Haupteffekt „Essigsäurekonzentration“ (C) als auch der Wechselwirkungseffekt „Flammenhöhe-Flammenstöchiometrie“ (AB) eindeutig von der Geraden ab, das heißt diese Effekte haben einen signifikanten Einfluss auf die Zielvariable „Absorption“ und können nicht allein durch die natürliche Schwankungen der Messwerte begründet werden.

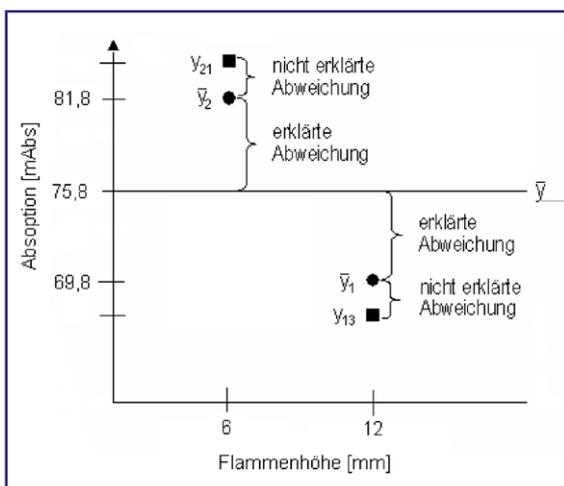
Die Varianzanalyse (ANOVA)

Die ANOVA ist eine klassische Methode um die Signifikanz eines Effektes zu bewerten, indem die Varianz der Zielvariablen in Teile zerlegt wird. Diese Teile sind zum einen die Varianz, die auf die Einstellung der Faktoren zurückzuführen ist (erklärte Abweichung), und zum anderen der experimentelle Fehler (nicht erklärte Abweichung, Abbildung 5).

Die Zerlegung der Streuung in erklärte und nicht erklärte Abweichungen ermöglicht eine differenzierte Betrachtung von zufälligen Einflüssen und Einflüsse, die auf eine Variablenänderung des Experimentes beruhen. Hierzu erfolgt eine Analyse der Abweichungsquadrate, da die Quadratsumme der Abweichungen ein Maß für die Streuung ist. Durch Quadrierung der Abweichungen der Werte werden größere Abweichungen stärker gewichtet und positive und negative Abweichungen können sich nicht kompensieren. Die Zerlegung der Gesamtstreuung bei einem einfaktoriellen Design ist in Tabelle 4 dargestellt.

Die Zerlegung der Gesamtstreuung für mehr als eine Einflussvariable wird zunehmend mit der Variablenanzahl komplexer. Abbildung 6 zeigt die Aufteilung der Gesamtstreuung für das vorliegende AAS-Beispiel. Die Berechnung erfolgt für solche komplexe Aufga-

Abbildung 5: Streuungserlegung

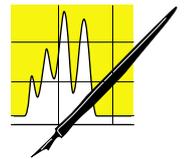


benstellungen mittels geeigneter Statistikprogramme. Nach der Bestimmung aller dieser in Abbildung 6 aufgeführten Streuungen werden die dazugehörigen Varianzen nach folgender Formel gebildet.

$$MS = \frac{SS}{DF}$$

MS = Mean square – Varianz

DF = Degrees of Freedom – Freiheitsgrade: Jede Schwankungsquelle hat eine begrenzte Anzahl an Wegen, auf denen sie Schwankungen verursachen kann. Diese Anzahl nennt man Freiheitsgrade.



AUFSÄTZE

Abbildung 3: Graphische Darstellung des WW Flammenhöhe-Flammenstöchiometrie

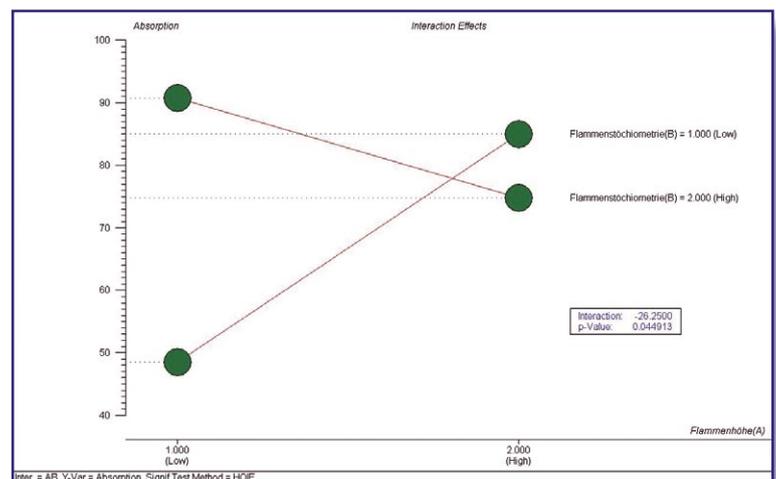
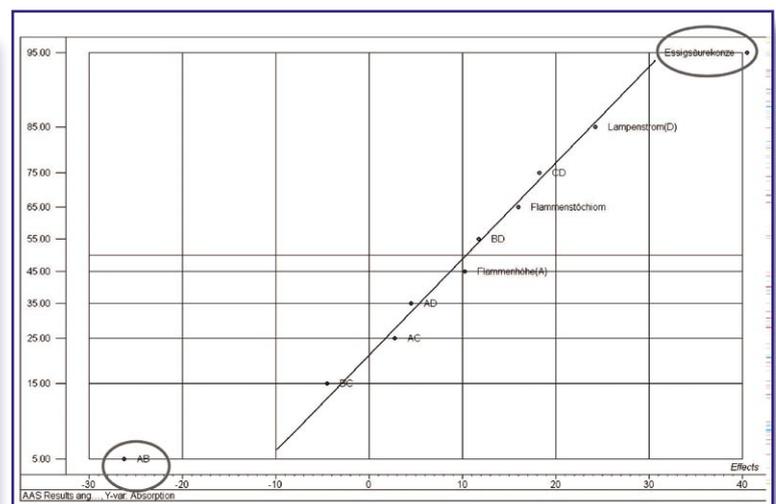


Abbildung 4: Darstellung der Wahrscheinlichkeit P der Effekte im Wahrscheinlichkeitspapier



Rang l	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Effekt	AB	BC	AC	AD	A	BD	B	CD	D	C
Effektgröße	-26,25	-4,50	2,75	4,50	10,25	11,75	16	18,25	24,25	40,5
$P=(100*(l-0.5)/N)$	5,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00	95,00

Tabelle 3: Rangliste der Effekte. N = Anzahl der Effekte = 10.

Gesamtabweichung	Erklärte Abweichung	Nicht erklärte Abweichung
Summe der quadrierten Gesamtabweichungen	= Summe der quadrierten Abweichungen zwischen den Variablenlevel	+ Summe der quadrierten Abweichungen innerhalb der Variablenlevel
$\sum_{g=1}^G \sum_{k=1}^K (y_{gk} - \bar{y})^2$	$= \sum_{g=1}^G K (y_g - \bar{y})^2$	$+ \sum_{g=1}^G \sum_{k=1}^K (y_{gk} - \bar{y}_g)^2$
SS_{total}	$SS_{between}$	SS_{within}

Tabelle 4: Zerlegung der Gesamtstreuung für eine Einflussvariable.

y_{gk} = Beobachtungswert mit

g = Kennzeichnung Variablenlevels ($g = 1, 2, \dots, G$)

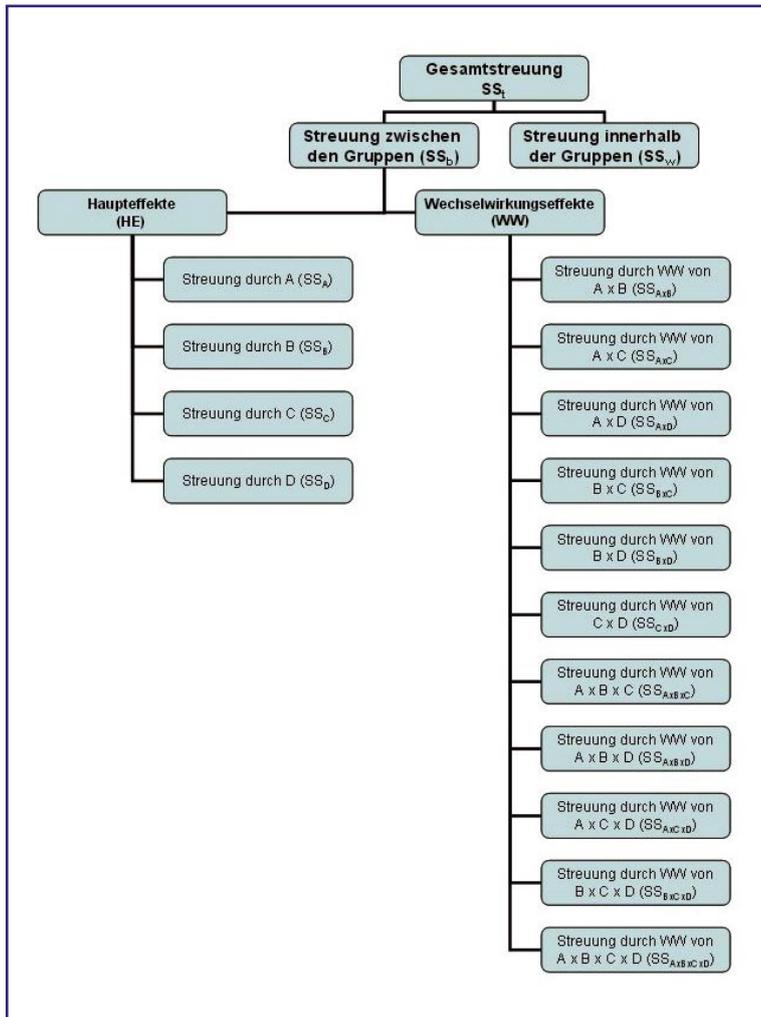
k = Kennzeichnung des Beobachtungswertes innerhalb eines Variablenlevels ($k = 1, 2, \dots, K$)

\bar{y}_g = Mittelwert der Beobachtungswerte eines Variablenlevels

\bar{y} = Gesamtmittelwert aller Beobachtungswerte

SS = sum of squares (Summe der quadrierten Abweichungen)

Abbildung 6: Aufteilung der Gesamtstreuung im vierfaktoriellen Design.



Die berechneten Varianzen der Haupt- und Wechselwirkungseffekte werden mittels F-Test auf ihre Signifikanz überprüft. Beim F-Test erfolgt eine Überprüfung, ob die Grundgesamtheit zweier Stichproben die gleiche Varianz hat. Hierbei wird die Varianz der Effekte mit der Varianz innerhalb der Gruppen ins Verhältnis gesetzt:

$$F_{\text{empirisch}} = \frac{MS_{\text{Haupt- / Wechselwirkungseffekt}}}{MS_{\text{within}}}$$

Bevor jedoch der empirisch ermittelte F-Wert mit dem entsprechenden Tabellenwert verglichen werden kann, muss die Größe der Vertrauenswahrscheinlichkeit ($> 0,9$) festgelegt werden. Überschreitet der empirisch ermittelte F-Wert den tabellarisch aufgeführten F-Wert, handelt es sich um einen signifikanten Effekt. Ist der Tabellenwert größer als der berechnete F-Wert, kann davon ausgegangen werden, dass dieser Effekt auf die zufällige Schwankung der Messwerte beruht.

Die Abbildungen 7 zeigt die mittels der Unscrambler v9.6 Statistiksoftware von CAMO ermittelten Effektgrößen mit dem dazugehörigen empirischen F-Verhältnis. Die berechneten Ergebnisse der Varianzanalyse sind in Abbildung 8 dargestellt. Eine Berechnung von dreifach oder vierfach Wechselwirkungen ist mit der verwendete Software nicht möglich (Abbildungen 7, 8 und Tabelle 5 auf Seite 471). **CLB**



Chemie in Labor und Biotechnik

Autoren- und Sachwortregister
zum 57. Jahrgang 2006

Aufsätze

Baier, Hans-Ulrich; Potyka, Ute

Fast GC-MS: Geschwindigkeit ist keine Hexerei! Grundlagen der Trennung in der schnellen Gaschromatographie 387

Böhlend, Uwe

GC-MS in der Wasseranalytik: Purge- und-Trap-GC/MS mit neuer Normung.. 352

Brauckmann, Barbara

Fortschritte in der Diagnose der Tumor-Angiogenese: Dem Tumor den Nährstoffweg abschneiden 140
Testsysteme zur Untersuchung von Wirkstoff-Membran-Interaktionen: Der „Hürdenlauf“ eines Arzneistoffs von der Einnahme bis zur Ausscheidung 8

Bulmann, Maren

Effiziente Trennung und Reinigung mit der Flash-Chromatographie: Wettbewerbsvorteil durch Zeitersparnis 168

Dahlmann, Jens; von Czapiewski, Kristin; Schreiber, André; Werres, Friedrich; Engewald, Werner

Direct injection detection using LC/MS/MS: Analysis of dissociated organo-phosphorus pesticides 356

Deußing, Guido

Flugzeit-Massenspektrometer (Time-of-Flight MS, TOF-MS): Exakte Massenbestimmung mit TOF-LC/MS 372

Dobrinski, Paul

In Physik, Chemie und Biologie: Lust als physikalische Größe 98

Flottmann, Dirk; Müller, Alexander; Schulz, Wolfgang

Chemometrie: Grundlagen und Anwendungen in der Hauptkomponentenanalyse: Von der univariaten zur multivariaten Datenanalyse 332
Von der univariaten zur multivariaten Datenanalyse (Teil 2) 466

Gramich, Jörg, Klein, Philipp

Jugend forscht: Langkettige Kohlenwasserstoffe abbauen: Cracken mit Plasma in der Mikrowelle 213

Hasenpusch, Wolfgang

Zucker als Wirtschaftsgut: Süßer Stoff mit bitterem Beigeschmack 48
Kalziumoxalate und Nierensteine: Rhabarber, ein barbarisches Gemüse 92
Kokosnuss funktional: Die Königin der Nüsse 144
Ionische Flüssigkeiten – niedrig schmelzende Ionenpaare: Sensationelle Anwendungen nach 100 Jahren Dornröschenschlaf 176
Die Mega-Ressource NaCl: Umsetzungen mit Kochsalz 252
Fördermengen rückläufig, Recycling verbessert: Gold – selten, kostbar und edel 292
Schädlingsbekämpfungsmittel auf der Verbotliste: „Das dreckige Dutzend von Stockholm“ 394
Vanillin – das vielseitigste Aroma: Triumph der chemischen Synthese 458

Heitzmann, Udo

Blei von der Antike bis in die Neuzeit: Die schrittweise Erkennung der Giftigkeit 298

Kässer, Mechthild

Bestimmung von Tierarten in Lebens- und Futtermitteln: Die Gen-Nadel im DNS-Haufen finden 13
Renaissance der Impfstoffe: Sogar gegen krankhaft veränderte Zellen 418
Adjuvantien für Impfstoffe der jüngsten Generation: Hilfsstoffe machen Impfsereen erst richtig scharf 424

Krauß, Hans-Ludwig;

Wiskamp, Volker

Ein Kurs für hoch begabte Mittelstufenschüler: Verantwortung des Naturwissenschaftlers 136

Kuß, Heinz-Martin

Mini- und Mikrosysteme: Die Zukunft in der Analytik 54

Lamotte, Stefan; Brindle, Rainer; Bischoff, Klaus D.

Phase Optimized Liquid Chromatographie (POPLC): Ein neues und effektives Werkzeug zur Methodenoptimierung in der HPLC 349

Loganathan, Sivarathai

Gesagt – getan: Idee einer Jugendforscht -Teilnehmerin: Bau eines Plug & Play-Photometers 259

Martin, Hans-Dietrich

Analytik in der Kriminaltechnik (Laborserie Teil 26): Spuren verraten den Täter 64

Morlock, Gertrud

HPTLC/ESI-MS, HPTLC/DART-MS, HPTLC/APGD-MS: Kopplung der Planar-Chromatographie mit der Massenspektrometrie 343

Petri, Michael

Bestimmung von Brom- und Iodspezies mit der HPLC-ICP-MS-Kopplung: Mit Automatisierung in die Routine 338

Reimold-Stahl, Insa;

Reimold, Malte

Suche nach dem chemischen Ursprung des Lebens: Moleküle, die sich selbst vermehren 58

Schwedt, Georg

Chemische Elemente im Alltag, Teil 11: Silber: In Höllenstein und Wimperntusche 28

Ein Blick in die Wirtschaftsgeschichte: 175 Jahre deutsche Konservendosen 16

Die Perlen von Mallorca – perlas majorica: Fischschuppen und Bismut 88

Entwicklungen in der Literatur zum Dialog „Wissenschaft und Gesellschaft“: Kann Naturwissenschaft verständlich sein? 183

Cochénille, Malvasia, Aloe Vera, Olivin und Salz: Chemische Impressionen auf Lanzarote 248

Weinchemiker Wilhelm Möslinger (1856 - 1930): Die Blauschönung des Weines 426

Seibert, Marcus;

Fichtner, Wolfgang

Minderung biotischer Luftverunreinigungen durch ein Absorptionsverfahren: Vom Kompostmieef zur Standard-Raumluft 288

Seitz, Wolfram; Weber, Walter H.			
Iodspezifische Wasseranalytik am Beispiel der Röntgenkontrastmittel: Mit HPLC-MS Abbauprodukte erkennen			340
Seitz, Wolfram; Schulz, Wolfgang; Weber, Walter H.			
HPLC-MS/MS in der Wasseranalytik: Anreicherungsfreie LC-MS-Analytik im Ultra-Spuren-Bereich			360
Seubert, Andreas; Wille, Andrea			
IC-MS und IC-ICP-MS – Anwendungen und Perspektiven: WERKzeug für die Wasseranalytik			376
Sieveritz, Achim; Kneer, Georg			
BTEX- und LHKW-Analytik wässriger Proben mit GC/MS: Ohne zeitaufwendige Anreicherungsverfahren			380
Stoß, Friedemann			
Berufsverständnis und -perspektiven von Verbandsarbeit und Individualinteressen der CTA: Bilanz positiv – Vorteile sichern			221
Türk, Jochen; Römling, Regina			
Ultraschnelle und hochauflösende Flüssigchromatographie: Grundlagen, Anwendungen, Grenzen			383
Wagner, Volker			
Elektroaktive Polymere: Junges Gebiet mit vielen Chancen			472
Wendt, Jürgen			
Flugzeit-Massenspektrometer (Time-of-Flight MS, TOF-MS): Exakte Massenbestimmung mit TOF-LC/MS ...			368
Werres, Friedrich			
PAK-Analytik partikulär belasteter Wälder mit RP-Extraktionsscheiben: Vorbereitung eines GC-MA-Verfahrens für die ISO-Normung			228
PAK-Analytik partikulär belasteter Wässer mit RP-Extraktionsscheiben: Ein GC-MS-Verfahren für die ISO-Normung			392
Wiskamp, Volker			
Kooperation zwischen den Firmen Merck und Degussa und der FH Darmstadt: Vom Laboranten zum Ingenieur (FH)			21
Wüschiers, Röbbbe			
Lebensmittel und Genomik: Sind wir, was wir aßen?			128
Zwiener, Christian			
LC-MS-MS-Analytik von organischen Spurenstoffen, deren Metaboliten und Transformationsprodukten in Wasser: LC-MS-MS – ein neues analytisches Fenster für polare Spurenstoffe in Wasser			364
Rubriken			
Bezugsquellenverzeichnis			
39, 79, 119, 159, 199, 239, 279, 319, 409, 449, 489			
F & E im Bild			
3, 43, 83, 123, 163, 203, 243, 383, 413, 453			
Forschung und Technik			
35, 68, 110, 232, 269, 314, 400, 446, 480			
Förderungen / Preise			
7, 47, 87, 127, 167, 207, 247, 287, 327, 417, 456			
Grundlagen			
32, 69, 112, 152, 194, 271, 316, 440, 485			
Jugend lehrt			
30			
Literatur			
36, 74, 115, 154, 236, 270, 402, 443			
Messe / Kongress / Ereignisse			
118, 148, 192, 265, 325, 436, 478			
Nanotechnik			
359			
Neue Produkte			
37, 76, 116, 156, 196, 237, 274, 317, 405, 447, 488			
Personalia			
6, 46, 86, 126, 166, 206, 246, 286, 326, 416, 456			
Portrait			
312, 328			
Preisrätsel			
25, 190			
Umfeld Wissenschaft			
72, 114, 445, 483			
Umschau			
108, 149, 188, 228, 284, 308, 431			
Unternehmen			
4, 44, 84, 124, 164, 204, 244, 284, 324, 414, 454			
Wirtschaft			
120, 400			
CLB-Memory			
Dobrinski, Paul			
Einheiten und Einheitensysteme.....			M6
Elpers, Franz-Georg			
Alfred-Wegener-Institut forscht – DBU förderte – Müller kochte			M27
Harms, Gerhard			
Interdisziplinäres an der Küste			M55
Hartlieb, Justus			
Online-Gewinnspiel vom Forschungszentrum Karlsruhe			M21
Janssen, Anke			
Auf Tuchfühlung mit Schimmelpilzen in Milch und Kaffee			M30
Koch-Weithofer, Gabriele			
BG Chemie stellt Jahresbericht vor			
.....			M59
König, Josef			
Studie zur PAK-Exposition in der Luft am Arbeitsplatz			M28
Lukassowitz, Irene			
Fachgespräch im BfR brachte kein eindeutiges Ergebnis			M25
BFR: gesundheitlich nicht unbedenklich			M61
Pieplow, Sylvia			
Biosanthese ist manchmal effektiver als chemische Wirkstoffproduktion			M20
Schwedt, Georg			
Cucurbita – Winter-Kürbisse und ihre Inhaltsstoffe			M74
Streier, Eva-Maria			
Schutz in der Schwangerschaft ...			M49
Wenig, Barbara			
Nutzung und Perspektiven			M22
Wiskamp, Volker			
Geowissenschaftliche Phänomene			M71
Aus der Bildungslandschaft			
M7, M15, M23, M31, M39, M47, M55, M63, M85			
Fragen zu Darstellung und Gewinnung			
Wasserstoff und Edelgase			M8
Alkali- und Erdalkalimetalle			M16
Die dritte Hauptgruppe			M24
Die vierte Hauptgruppe			M32
Die fünfte Hauptgruppe			M40
Die Chalkogene			M48
Die Halogene			M56
Nützliche Ratgeber			
Arbeitsschutz, Umwelt und Ausbildung			M10
Nachwachsende Rohstoffe und Strahlenschutz			M29
Wissenschaft online: Datenbanken und E-Paper			M62
Doping-Broschüre			M76
Qualitative Analyse – Trennungsgänge			
Anorganische Kationen: Vorproben			M64
Vorproben, Löseversuche und Aufschlüsse			M69
Anorganische Kationen: Überblick über den Kationentrennungsgang			M78
Säureschwärzliche Gruppe und Salzsäure-Gruppe			M86
Schule, Ausbildung Studium			
Biologische und Chemische Informatik			M7
Deutsche Gesellschaft für Psychologie plant Test für Studieneignung			M9
Tarifliche Ausbildungsvergütungen 2005			M12
VDI-Studie zu Hochschulangeboten			M23
In der Welt die Welt studieren			M39
CHE – Centrum für Hochschulentwicklung gibt Tipps			M67

Jahresregister

Nur noch ein naturwissenschaftliches FachM46
 Mikrofabriken für Unis bauenM47
 Internationale Doppel-StudienabschlüsseM51
 Diplom noch vor Bachelor und Master.M53
 Mehr lernen in gleicher Zeit.....M54
 SonderforschungsbereicheM63
 Seltener am Start, genauso oft am Ziel.M65
 Was sind die Kennzeichen von Ausbildungsreife?.....M75
 Von „Kombinatorik“ bis „Dalton´s Lab“M77
 3,5% weniger Erstsemester im Studienjahr 2006M83

Sicherheit
 Sicherheitsfilm des Instituts für Anorganische ChemieM35
 Die Zündtemperatur bei erhöhtem DruckM57
 2006: 154 Zulassungen und 117 AblehnungenM84

Umwelt
 Schadstoffe schwächen Lern- und Konzentrationsfähigkeit.....M17
 „Verlassen Sie diese Erde so, wie Sie sie vorzufinden wünschen“.....M37
 Kunststoff-Recycling in umgebauter MikrowelleM43
 Druckfarbenbestandteile in Lebensmitteln.....M44
 Aktiver VerbraucherschutzM61
 BiokraftstoffeM66

Vermischtes
 Bleifrei löten am Eutektikum.....M1
 Streusalz – Pro und Contra im Einsatz gegen Glatteis.....M3
 100 Millionen Euro in drei MonatenM4
 Wissenschaftsranking Luftschadstoffe..M15
 Trinkwasserqualität sichern: Labore schulen ExpertenwissenM14
 Naturwissenschaftler lehnen unterdurchschnittlich bezahlten Arbeitsplatz abM18
 Wissenschaft, Kultur und Ethik für eine menschliche Zukunft.....M22
 Der erste Eindruck zählt auch im Berufsleben.....M23
 Bibliotheken: Verbreitung von Wissen in GefahrM31
 Sensoren für Dielektrizitätskonstante und LeitfähigkeitM33
 So entstand die Gewichtseinheit Karat.M41
 Chemomomentum und Datenfusion..M60
 Jede 500. Probe beanstandetM68
 Erster Erfahrungsaustausch in Brüssel..M73
 Fast zwei Drittel FrauenM75
 Als pflanzliches Schlaf- und Beruhigungsmittel.....M79
 Chemie lässt das schwarze Gold sprudelnM81

μ -TAS-Konzept 56
 1,4-DioxanM49
 2,4-Dinitrophenylhydrazin (DNPH)366

A
 AAS-Lampen 77
 Abbaubarkeit, biologische.....209
 Absorptionsnebelverfahren.....288
 Abwasser 208, 351
 Acenaphthen.....392
 Acenaphthylen209, 392
 Acesulfam-K 49
 AcetaldehydM58
 Acetonitril 349
 AcetylacetonM49
 Ad-hoc-Verfahren466
 AdipinsäuredimethylesterM49
 Adjuvantien.....424
 Affymetrix-Datenbank284
 Aflatoxin373
 Aids418
 Aktuatoren.....473
 Albert Hofmann U3
 Aldehyde.....380
 Alder, Kurt 58
 Aldrin394
 AlgenM27
 Aliphate, halogenierte 354
 Alkali- und ErdalkalimetalleM16
 Alkali-Permanganate255
 Alkaliverbindungen255
 Alkaloidbiosynthese.....M20
 Alkaloide.....M20
 Alkane380
 Alkene380
 Alkoxyphenylphosphan.....182
 AlkylbenzolsulfonateM50
 Alkylchloride257
 Aloe Vera248
 Aluminiumhydroxid.....424
 Aluminiumsalze.....424
 Alzheimer418
 Aminobutane M49, M50
 Aminosäurekette.....142
 Aminosäuren.....58
 AMPA357
 Ampère.....32
 Ampère, André Marie32
 Analysen, biochemische458
 Analysenverfahren, Normung von208
 Analytica192
 Angiogenese140
 Anilin.....M49
 Anorganische Chemie196, 236
 Anorganische Kationen..... M64, M78
 Anthrachinonfarbstoff248
 anthropogen364
 Anti-CCP.....432
 Antibiotika372
 Antidot303
 Antigen.....420
 Antikörper 141, 424, 432
 Antirheumatika432
 Antoine Henri Becquerel.....112
 APCI (Atmospheric Pressure Chemical Ionisation)377
 API-Interfaces.....368
 Apoptose434
 Aragonit.....88
 Arbeitsmarkt223

ArbeitsschutzM10
 Aromastoff458
 Aromaten, halogenierte354
 aromatische Amine in Fleisch347
 aromatischer Säuren.....365
 Arzneimittel.....331
 Arzneimittelentwicklung8
 ArzneipflanzeM79
 Assoziationen, Bionische147
 ATD-Verfahren, Automatische Thermo-Desorption.....64
 Atherosklerose140, 418
 Atombindung100
 Atrazin362
 Aufschlüsse.....M69
 aurum294
 Ausbildungs-Engagement45
 AusbildungsreifeM75
 AusbildungsvergütungenM12
 Autoimmunkrankheiten.....431
 Autokatalyse61
 Automatisierung.....210, 393, 338

B
 B-Zell-Impfstoffe.....420
 BachelorM53
 Bachelor/Master-System24
 Bachelorprogramme223
 Bakterien-BrennstoffzelleM43
 Balmer-Serie100
 BAM-PrüfzeichenM84
 Barrierenpermeation8
 BAT-Werte-ListeM49
 Bauchemie84
 Becquerel (Bq)112
 Benzinbestandteile354
 BernsteinsäuredimethylesterM49
 Berufsausbildung.....M65
 Berufskolleg313, 223
 Berufskrankheiten.....M59
 Bestimmungsgrenzen211
 BG ChemieM59
 BibliothekenM31
 Bienenhonig.....52
 Bildungs-MesseM39
 Bio-Rohstoffe325
 Bioaerosol288
 biochemische Analysen458
 Biogasreinigung.....165
 BioimpedanzM34
 BioinformatikM60
 BiokraftstoffeM66
 biologische Abbaubarkeit.....209
 Biomass-to-liquid (BtL).....M66
 Biomembran289
 BiometrieM60
 Bionik123
 Bionische Assoziationen147
 Biopharmazie8
 Bioprosesstechnik155
 BirohstoffeM29
 BiostatistikM60
 Biosynthese.....M20
 Biotech-Report124
 Biotechnologie418, 74, M39, 192
 biotischer Luftverunreinigungen288
 Biotransformation.....8
 Biowissenschaftler.....M46
 Bismut88
 Bisphenol A.....M50
 Bitterstoffe.....M80
 bivariat466

Blauschönung.....	426	Continental-Studentenumfrage.....	M18	dissociated organo-phosphorus pesticides	356
Blei.....	299, 302	Continuous-Flow-Analysatoren.....	277	Distickstoffmonoxid.....	M49
Bleifreie Lote.....	M1	Corticosteroide.....	432	Divanillin.....	464
Bleiglanz.....	304	Coulomb (C).....	195	DL-Äpfelsäure.....	95
Bleiverbot.....	M1	Coulomb, Charles Augustin de.....	194	DNA.....	129, 233
Blut-Hirn-Schranke (BHS).....	10	CpG-Oligonukleotide.....	425	DNPH-Derivate.....	366
Borakel.....	M26	CPPs (Cell-Penetrating Peptides).....	9	DNS-Impfstoffe.....	420
Box-Plot.....	333	Cracken.....	213, M58	Dodecachloro-cyclobutano-pentalen... 394	
Brandanalytik.....	64	CTA.....	24, 221	Dokimasie.....	297
Brandbeschleuniger.....	M4	CtL-Kraftstoffe.....	M67	Donauüberwachung.....	330
Brandrisiken.....	M4	Cucurbita.....	M74	Doping.....	M76
Brauereiwesen.....	M79	Cyanid-Laugerei.....	292	Doppel-Studienabschlüsse.....	M51
Brennpunkt.....	M58	Cyanid.....	428	Doppelbelastung.....	24
Brenzcatechin.....	459, 463	CyberMentor.....	M52	Doppelpromotion.....	M51
Brom.....	338	Cyclamat.....	49	Drogisten.....	29
Bromethan.....	M50	Cystathionin-gamma-Lyase.....	130	Druckfarbenbestandteile.....	M44
BTEX.....	354	Cystein.....	129	Dual Studierende.....	M54
BTEX- und LHKW-Analytik.....	380	Cysteinbiosynthese.....	130	Dunkle Materie.....	108
Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) ...	M75	Cytidin-Guanosin-Dinukleotide.....	425	Durchflussverfahren.....	213
Businessplan-Wettbewerb.....	228	Cytokine.....	425	dynamische Theorie.....	175
Butylamin.....	M50				
C		D		E	
Calcit.....	88	Dactylopius cacti.....	248	EAP, Elektroaktive Polymere.....	472
Calciumoxalate.....	92	Dalton's Lab.....	M77	Edelgase.....	M8
Calciumphosphat.....	424	Dalton, John.....	71	Edelmetall-Recycling.....	255
CAP-Rückstand.....	374	Danziger Goldwasser.....	293	Edelmetall-Taschenbuch.....	294
Capsaicin.....	463	Daphnien.....	329	EIGA-Award.....	M10
Carbonylverbindungen.....	366, 367	Datenakquisition.....	368	Eine-Variable-zu-einer-Zeit-Verfahren. 467	
Caso.....	290	Datenanalyse, bivariate.....	336	Eis.....	M72
Celsus.....	301	Datenanalyse, deskriptive.....	332, 466	Elektroaktive Polymere.....	472
Ceratonia siliqua.....	M41	Datenanalyse, multivariate.....	332	elektrochemisches System.....	M33
CGS-Einheitensystem.....	M42	Datenanalyse, univariate.....	332	Elektromagneten.....	440
Chalkogene.....	M48	Datenaufnahmefrequenz.....	391	Elektronen-Aufenthaltsniveaus.....	99
Chemiestudiengänge.....	M53	Datenfusion.....	M60	elektrophoretische Trennung.....	56
Chemieunterricht.....	259	DDT.....	136, 394, M68	Elektrosprayionisation ESI.....	365
Chemikant.....	21	Demonetarisierung.....	298	ELISA-Test.....	13, M30
Chemoinformatik.....	M60	Dendritische Zellen.....	420, 425	Elutionsprofil.....	347
Chemomomentum.....	M60	Derivatisierung.....	375	Endonukleasen.....	13
Chemometrie.....	332, 466	Design of Experiment (DOE).....	467	Endothel.....	142
Chemometrik.....	M60	Designerdrogen.....	67	Endrin.....	394
Chemotechniker.....	222	deskriptiv.....	466, 332	Energy drinks.....	346
Chiplabor.....	269	Detektoren, massenselektive.....	380	Entgeltverteilung.....	M54
Chitin.....	88	Deutsche Gold- und Silber-Scheideanstalt	293	Entropie.....	101
Chloramphenicol.....	372	.....	293	Entzündung.....	432
Chlorbenzole.....	399	DFG.....	73, 35	Enzyme-Linked Immunosorbent Assay	
Chloridan.....	394	Diagnostik, medizinische.....	340	(ELISA).....	13, M30
Chloressigsäuremethylester.....	M49	Dibenzodioxine, olychlorierte.....	394	EPA-Liste.....	211
Chlorierte Lösungsmittel.....	354	Dibromdifluormethan.....	M50	Epigenetik.....	132, 133
Chloriertes Dimethylmethylenbornan .	394	Dichlor-diphenyl-trichlorethan, DDT.....	136, 394, M68	Epoxid.....	394
Chlorpyriphos.....	390	.....	297	Erdalkalimetalle.....	M16
Chlorpyriphos-methyl.....	389	Dichte-Prisma.....	297	Erdölförderung.....	M82
Chlorrecycling.....	324	Dicyanoaurat.....	295	Erdölfractionen.....	213
chromatographische Trennverfahren.. 364		Dielektrizitätskonstante.....	M33	Erkenntnistheorie.....	138
Chrysen.....	209	Dieldrin.....	394	Esterquat.....	425
Chrysolith.....	249	Diethanolamin.....	M49	Ethanolamine.....	379
CID-Massenspektren.....	365	Diethylether.....	M58	Ethylacrylat.....	M49
Citronensäure.....	95	Diisopropylether.....	M49	Ethylbenzol.....	M50
Claudinen.....	10	Dimethoxymethan.....	M49	Ethylcarbamat.....	344
Clemmensen-Reduktion.....	465	Dimethyl-di(stearoylhydroxyethyl)-		Ethylidiglykol.....	M49
CMOS-Kameras.....	197	Ammoniumchlorid.....	425	EU-Berufsbildungsprogramm „Leonardo da	
Coal-to-liquid, CtL.....	M67	Dimpylate.....	390	Vinci“.....	45
Cobalt.....	M50	Dinatrium-tetrahydroxy-succinat.....	254	European Platform of Women Scientists,	
Cochenille.....	248	Dioskurides.....	301	EPWS.....	M73
cocos nucifera.....	144	Dioxine.....	394	Eutektikum.....	M2, 176
Cognis Innovation Award.....	44	Diphenylanthracen.....	400	Evolutionstheorie.....	61
Comproportionierungen.....	257	Diphenylether.....	M49	Experimentierbücher.....	186
Conchin.....	88	Dipropylenglykol.....	M49	Explosionschutz.....	M57
Coniferin.....	459	Direktverfahren.....	361	Explosivstoffanalyse.....	66
Contergan.....	138	Disaccharid.....	51	Extinktionskoeffizient.....	260
		Diskriminanzanalyse.....	466	Exzitationswellenlänge.....	12

CLB – Memory

Die CLB-Beilage für Ausbildung in Chemie, Labortechnik,

Chemietechnik, Biologie und Biotechnik

Dezember 2006

Hopfen ist Arzneipflanze des Jahres 2007

Als pflanzliches Schlaf- und Beruhigungsmittel

Der Studienkreis Entwicklungsgeschichte der Arzneipflanzenkunde an der Universität Würzburg hat den Hopfen (*Humulus lupulus*) zur Arzneipflanze des Jahres 2007 gewählt. Damit wird eine Kulturpflanze gewürdigt, deren Nutzung sich nicht nur auf das Brauereiwesen beschränkt.

Hopfen ist eine Pflanzengattung aus der Familie der Hanfgewächse. Alle Arten von Hopfen sind Kletterpflanzen. Der Echte Hopfen ist mehrjährig und kann bis zu fünfzig Jahre alt werden. Der Japanische Hopfen ist einjährig. Die Pflanze windet sich im Uhrzeigersinn und wächst innerhalb von 24 Stunden bis zu dreißig Zentimeter. Die Hauptanbauggebiete für Echten Hopfen in Deutschland (37 % des Weltanbaus) finden sich in der Hallertau und um Tettnang. Die Gattung enthält die Arten: Echter Hopfen, der beim Bierbrauen benutzt wird, und Japanischer Hopfen. Nur weniger als 0,5 % der weltweit produzierten Hopfenmenge findet in der Medizin Verwendung.

Der Hopfen besitzt eine äußerst wechselvolle Geschichte in der europäischen Medizin. Gemessen an der Tatsache, dass die meisten europäischen Arzneipflanzen bereits seit mehr als 2000 Jahren in Gebrauch sind, kann der Hopfen als eine verhältnismäßig junge Arzneipflanze bezeichnet werden. Die antike Medizin hat ihn jedenfalls nicht verwendet.

In der frühmittelalterlichen Klosterkultur gab es zwar bereits Hop-

fengärten, aber die Mönche und Nonnen nutzten das Rankengewächs nicht medizinisch, sondern zur Konservierung von Getränken. Seine Bedeutung erreichte der Hopfen ursprünglich durch die Tatsache, dass seine Bitterstoffe beim Brauen von Bier aufgrund ihrer bakteriziden Wirksamkeit wesentlich zur Haltbarkeit des Gebräus beitragen.

Die antiseptische Kraft des Hopfens wurde bereits im Jahr 1153 n.Chr. von Hildegard von Bingen mit den Worten „putredines prohibet in amaritudine sua“ (seine Bitterkeit verhindert die Fäulnis) beschrieben. Hopfen verleiht dem Bier sein ausgeprägtes Aroma und seine typische Bitterkeit. Zum Brauen werden ausschließlich die Dolde der weiblichen Hopfenpflanzen

verwendet. Die Hopfeninhaltsstoffe wirken zusätzlich schaumstabilisierend. Außerdem wird der Hopfen als Geschmacksbereicherung für einige Liköre und Schnäpse verwendet.

Im Hochmittelalter waren die arabischen Ärzte ihren europäischen Kollegen weit voraus. Der wichtigste Autor auf dem Gebiet der Botanik und Pharmazie in der arabischen Welt war der in Spanien lebende Abdullah Ibn al-Baytar (1197-1248). Schon er schrieb von der schlaffördernden Wirkung des Hopfens, die heute wissenschaftlich anerkannt ist. Aber auch Hildegard von Bingen und Albertus Magnus deuten an, dass der Hopfen müde macht: Die Äbtissin meinte, er erzeuge „Melancholie“, und der gelehrte Regensburger Bischof

Weibliche Blütenstände des wilden Hopfens, fotografiert in der Nähe von Würzburg (Foto: Robert Emmerich/Uni Würzburg).



schrrieb, dass Hopfen einen schweren Kopf mache.

Dieses Wissen ging im Zeitalter der Renaissance weitgehend verloren. So blieb es dem ausgehenden 18. Jahrhundert vorbehalten, die schlaffördernde Wirkung wieder zu entdecken. Hier spielte unter anderem der englische König Georg III. (1738-1820) eine Rolle, der auch Kurfürst von Braunschweig-Lüneburg und ab 1815 König von Hannover war. Georg wurde zeitlebens von schweren gesundheitlichen Problemen geplagt. Zumindest seine Schlafstörung soll im Jahr 1787 aber durch die Verwendung von Hopfenkissen gemildert worden sein.

Auch die Ärzte entdeckten den Hopfen als Schlafmittel wieder: Für Christof Wilhelm Hufeland (1762-1836), der zu den bedeutendsten Ärzten der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert zählt, ist der Hopfen ein Bittermittel für die Verdauung und ein Nervenmittel zur Beruhigung. Dem folgt der ebenfalls sehr berühmte Clarus, der 1864 in seinem „Handbuch der speziellen Arzneimittel“ den Hopfen gegen Appetitlosigkeit bei Magenkatarrhen, für die Magenschleimhaut und bei Schlaflosigkeit empfiehlt.

Schließlich ist die Darstellung des Hopfens auch als Objekt in der Kultur und Kunstgeschichte, zum Beispiel als Motiv auf christlichen Altären zu finden. In einigen norddeutschen Städten erinnern Hopfenplätze an frühere Zeiten des Hopfenanbaus. Und schließlich sieht Michael Gabor in seinem Gedicht „Jahreskreis“ im rhythmischen Werden und Vergehen der

Hopfenpflanze symbolhaft die Änderungen jeden biologischen Systems.

Im 20. Jahrhundert etablierten sich die psychoaktiven Extrakte aus den Hopfenzapfen dann als pflanzliches Beruhigungsmittel, vor allem in Verbindung mit der Baldrianwurzel. „Klinische Prüfungen der jüngsten Vergangenheit zeigen, dass diese Kombination in der Behandlung von Unruhezuständen und Einschlafstörungen sinnvoll ist“, so der Würzburger Studienkreis.

Auch in die Naturheilmedizin hat der Hopfen Eingang gefunden. Ihm werden bei folgenden Beschwerden medizinisch heilende Wirkungen nachgesagt: Schlaflosigkeit, Nervosität, nervöse Magenbeschwerden, Blähungen, Depression, Wechseljahre, Menstruationskrämpfe, Östrogenmangel, Krämpfe, Nieren/Blasenleiden. Außerdem soll er harntreibend wirken.

Nach Professor Dr. agr. Anton Piendl, Lehrstuhl für Technologie der Brauerei II, Technische Universität München-Weihenstephan wirkt Hopfen sedativ, hypnogen, bakteriostatisch, tuberkulostatisch antibiotisch und hormonell. Die Polyphenole sind mengenmäßig die häufigsten und wirksamsten Antioxidantien in Lebensmitteln pflanzlicher Herkunft. Die Phytoöstrogene des Hopfens, also Wirkstoffe, die dem Östrogen ähnlich sind, sollen bei Wechseljahresbeschwerden helfen. Bei intensiver Einnahme, zum Beispiel über zu starken Biergenuss, wird eine Wachstumsförderung der Brustdrüsen bei Männern hervorgerufen und der Sexualtrieb gedämpft. Letzterer Effekt war vielleicht auch einer der Gründe für die ausgeprägte Brautradition in Klöstern.

Die Anwendung erfolgt über Tabletten, Tees, Schlafkissen oder Duftsäckchen, entweder mit Hopfen allein oder mit Baldrian (*Valeriana officinalis*) oder Melisse (*Melissa officinalis*) vermischt.

Die Hopfenblätter enthalten Kämpferöl, Quercetin, Quercetinglykoside, Proanthocyanidine, Ascorbinsäure und Quebrachitol. Ein in den Lupulindrüsen enthaltenes Flavonoid, das Xanthohumol, hat

in vielen Tests (meist in vitro) antikanzerogenes Potenzial gezeigt. Seine antioxidativen Eigenschaften werden höher eingestuft als die des Vitamin E oder des Genisteins. Es wird sich in den nächsten Jahren zeigen, ob dieses Flavonoid für die pharmazeutische- oder Lebensmittelindustrie von Interesse ist.

Die Bitterstoffe und ätherischen Öle befinden sich in den Lupulindrüsen. Die Bitterstoffe sind Säuren. Man unterscheidet Alphasäuren, Betasäuren, Gammasäuren und Deltasäuren. Zu jeder dieser vier Gruppen gibt es fünf Säuren mit gleicher Molekülgrundstruktur, aber verschiedenen Seitenketten. Die absolute Höhe der Bittersäuregehalte und die spezifische Zusammensetzung ist sorten- und witterungsabhängig. Wahrscheinlich haben die Bittersäuren Humolon und Lupolon im Hopfen Funktionen innerhalb der Pathogen- und Fraßabwehr, im menschlichen Organismus jedoch zerfallen Humolone und Lupolone in 2-Methyl-3-buten-2-ol welches sedierende Auswirkungen auf den Organismus besitzt, und damit eine schlaffördernde Wirkung. Hopfen fördert im Gegensatz zu vielen synthetischen Schlafmitteln den Rem-Schlaf, und bewirkt damit eine sanfte und effektive Schlafförderung.

Das „Hopfenaroma“ setzt sich aus über 300 Komponenten ätherischer Öle wie Myrcen, Caryophyllen, Humulen usw. zusammen. Die absoluten und relativen Mengen sind im Wesentlichen sorten-, aber auch jahrgangsabhängig.

Gerbstoffe stammen vorwiegend aus den gröberen Pflanzenteilen wie Doldenstielen und -spindeln. Gerbstoffe haben eine Eiweiß ausfällende Wirkung. Sie regen den Appetit an und fördern die Verdauung.

Die durchschnittliche Zusammensetzung von Hopfentrocken-substanz in % ist wie folgt:

Bitterstoffe: 18,5
Hopfenöl: 0,5
Gerbstoffe: 3,5
Eiweiß: 20,0
Mineralstoffe: 8,0
Der Rest besteht überwiegend aus Zellulose.

Jahreskreis

Und wieder neigt ein Jahr sich seinem Ende zu.
Die Zeit vergangen
Vergangen?
Vielleicht hat sich der Kreis auch nur gedreht.
Was war?
Vom Wachsen, Blühen, Reifen blieb nur der abgestorb'ne Spross zurück.
Nur?
Der Hopfen, dessen Stärke der Schwerekraft Hohn zu sprechen schien,
zieht sich erschöpft zurück,
um auszuruhen.
Um dann im nächsten Jahr erneut sich lachend hochzuwinden.

Michael Gabor

BASF und die weltweite Ölförderung

Chemie lässt das schwarze Gold sprudeln

Die Preise für Rohöl erklimmen immer neue Rekordmarken, kurze Phasen der Entspannung entpuppen sich meist als Ruhe vor dem nächsten Gipfelsturm. Das ist nicht nur für Autofahrer ärgerlich, die gesamte Weltwirtschaft ist auf das schwarze Gold angewiesen, sei es als Energiequelle oder als Rohstoff für die chemische Industrie, die aber nur 13 Prozent der in Deutschland eingesetzten Ölmenge verbraucht.

Seit Ende der 60er-Jahre ist das Volumen neu entdeckter Ölvorkommen stark rückläufig, während der Verbrauch weiter steigt. Rund 50 Jahre, so schätzt der deutsche Mineralölwirtschaftsverband, werden die derzeit bekannten Reserven noch reichen. Zahlen wie diese sind unter Experten allerdings umstritten. Denn wie viel Öl überhaupt in der Erdkruste lagert, weiß niemand. Entscheidend ist vielmehr, bis zu welchem Grad sich die unterirdisch lagernden Ressourcen mit dem gegenwärtigen Stand der Technik zu einem vertretbaren Preis zutage fördern lassen. Der Lagerstätten-Druck des Öls presst nämlich nur die ersten 3 Prozent eines Vorkommens an die Oberfläche, mit traditioneller Pumpentechnik lassen sich 10 bis 20 Prozent erschließen. Um zumindest an einen Teil des verbleibenden Öls zu gelangen, bedarf es dagegen ausgefeilter Technologien und der Unterstützung durch Chemie.

Dabei leistet die BASF mit einer ganzen Reihe Ölfeldchemikalien einen wichtigen Beitrag. „Von der ersten Probebohrung an begleiten unsere Produkte den gesamten Förderprozess und ermöglichen eine wesentlich intensivere Ausnutzung der Lagerstätten. Erst durch sie wird eine Ausbeute des Ölfelds von 30 Prozent und mehr machbar“, sagt Dr. Gregor Brodt, verantwortlich für die Entwicklung und Anwendungstechnik von Öl-

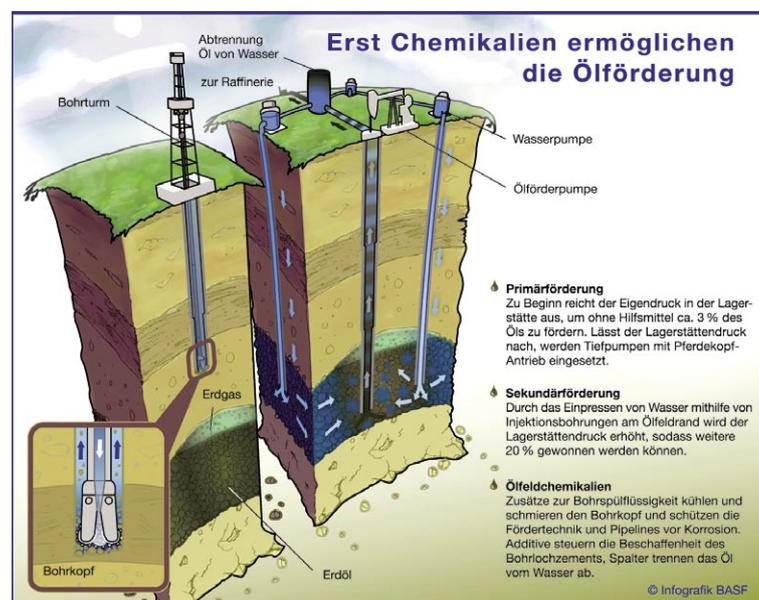
feldchemikalien. Die Produktpalette der Ludwigshafener ist genauso vielfältig wie der begehrte Rohstoff. Denn Öl ist nicht gleich Öl, aus jeder Quelle sprudelt das schwarze Gold anders. Das Spektrum reicht von zähflüssigen, fast teerartigen Schwerölen, bis zu sehr leichten, teefarbenen Varianten. Und jedes Mal kommen von der Bohrung bis zur Förderung speziell darauf abgestimmte Ölfeldchemikalien zum Einsatz: Der Bohrkopf muss gekühlt und geschmiert, das Bohrklein dispergiert und nach oben gespült werden, den technischen Ablauf

optimieren Zusätze zur Bohrspülflüssigkeit, die im geschlossenen Kreislauf zirkuliert. Andere Chemikalien verhindern ein Quellen des umgebenden Gesteins, das sonst den Bohrer einklemmen oder gar abbrechen lassen könnte.

Doch mit dem bloßen Bohren ist es nicht getan. Die Bohrlöcher müssen bis zur ölführenden Schicht mit einem Ringmantel aus Beton abgesichert werden. Additive steuern dabei die Fließfähigkeit und Abbindezeit des Betons und ermöglichen so eine optimale Anpassung an die jeweiligen Gegebenheiten.



Lässt der Eigendruck in der Lagerstätte nach, wird das Öl mit Pferdekopfpumpen aus der Tiefe gefördert



Auch wenn die Bohrung endlich zur Lagerstätte vorgedrungen ist, bedarf es oft raffinierter Tricks der Ingenieure. Denn Öl lagert nicht in unterirdischen Seen, die man einfach so leer pumpen kann. Vielmehr ist es in porösem Gestein eingeschlossen, das seinen Schatz nur widerstrebend freigibt. Damit das Öl reichlicher fließt, erweitert man die winzigen Poren des Kalksteins mithilfe von Salzsäure. Die greift jedoch nicht nur den Kalk, sondern auch die wertvollen Ölförderanlagen an. Korrosionsinhibitoren schützen die empfindliche Technik, indem sie einen dünnen Schutzfilm auf dem Metall bilden.

Damit sich die so geweiteten Poren unter dem Gewicht der darüberliegenden Gesteinsmassen nicht wieder verschließen, bedarf es wiederum spezieller Stützma-

terialien. Zu diesen Proppants gehören die Spezialsande der jüngst von der BASF übernommenen US-amerikanischen Firma Engelhard. Der spezielle Sand lässt sich wie eine Flüssigkeit um die Bohrung herum in die entstandenen Poren pumpen und sorgt dort für ein Maximum an Zwischenräumen zum Durchlassen des Öls von der Lagerstätte zum Förderrohr.

In der Regel wird der schon bald abnehmende Eigendruck der Lagerstätte aufrechterhalten, indem man über Injektionsbohrungen am Rand des Ölfelds Wasser in die Lagerstätte presst. Dieses vermischt sich jedoch mit dem geförderten Rohöl, bis zu 95 Prozent Wasseranteil sind dabei nicht außergewöhnlich. Durch spezielle Tenside, den Spaltern, wird die Abtrennung von Öl und Wasser erheblich be-

schleunigt. „Spalter sind mit die wichtigsten Produkte in unserem Portfolio, sie machen etwa 40 Prozent aller Ölfeldchemikalien aus“, erklärt Brodt. „Und das, obwohl bereits 10 bis 15 Gramm davon reichen, um eine Tonne Öl-Wasser-Gemisch zu trennen.“

Die mit besonderem Blick auf ihre Umweltverträglichkeit entwickelten Ölfeldchemikalien tragen also auf vielerlei Weise dazu bei, die vorhandenen Erdölvorräte intensiver zu nutzen. „Und das ist immer noch der beste Weg, wertvolle Zeit für die Suche nach Alternativen zum Erdöl als Energielieferanten zu gewinnen“, meint Dr. Klaus Picard, Hauptgeschäftsführer des deutschen Mineralölwirtschaftsverbandes. „Denn mit jedem Prozent, um das wir die Ausbeute bestehender Lagerstätten erhöhen, lässt sich der weltweite Verbrauch eines ganzen Jahres abdecken.“

Der Energiehunger aufsteigender Industrienationen wie China oder Indien lässt die Schere zwischen Bedarf und Neuerschließung immer weiter auseinanderklaffen. Sei es nun die effizientere Ausbeutung bestehender Vorkommen oder die Erschließung schwer erreichbarer Lagerstätten: In beiden Fällen sind die Ingenieure auf hochentwickelte und maßgeschneiderte Ölfeldchemikalien angewiesen.

Die BASF fungiert dabei als Lieferant von Einsatzstoffen für international agierende Servicefirmen, deren Experten die jeweils benötigten Formulierungen für die großen Ölgesellschaften direkt am Bohrloch zubereiten. Der weltweite Markt für Ölfeldchemikalien besitzt inzwischen ein Volumen von rund 4 Milliarden Dollar, bei einem geschätzten jährlichen Wachstum von 5 Prozent. Durch die Übernahme der US-amerikanischen Firma Engelhard und der Bauchemie-Sparte der Degussa hat das Unternehmen sein Know-how bei Spezialsanden, Additiven für das Betonieren und bei Polymeren für Bohrspülflüssigkeiten ausgebaut.

Öl – wie aus grünem Abfall schwarzes Gold wurde und wie der Mensch es heute zutage fördert

Vor allem in warmen Erdzeitaltern erzeugte starkes Algenwachstum in flachen Meeren und Seen riesige Mengen organischen Abfalls. Ein Teil davon wurde in der Erdkruste eingeschlossen und verwandelte sich über Jahrmillionen unter Ausschluss von Sauerstoff und unter hohem Druck zu Erdöl. Kommerziell nutzbar sind jedoch nur solche Vorkommen, die sich in unterirdischen Reservoiren gesammelt haben.

Die wichtigsten Schritte der Erdölförderung

Exploration: Vor das Bohren hat die Natur die oft langwierige Suche nach vielversprechenden Lagerstätten gesetzt. Dabei helfen den Ölschürfern von heute modernste Technologien: Hinweise auf die Lage von Ölreserven liefern Satellitenbilder, die Messung feinsten Unterschiede im Magnet- und Gravitationsfeld der Erde und vor allem seismische Verfahren, die die von Ölvorkommen veränderten Echos künstlicher Schockwellen nutzen. Elektronische Nasen erschnüffeln geringste Spuren von Kohlenwasserstoffen an der Oberfläche. Erst wenn die Geologen das Ölfeld genau lokalisiert haben, können die Bohrtruppe ihre Aufgabe beginnen, an deren Ende eine zementierte Rohrleitung zwischen Ölschicht und Oberfläche steht.

Förderung: Ist dieser Zugang erst gelegt, beginnt die oft jahrzehntelange Förderphase. In der sogenannten Primärphase bringen der Eigendruck der Lagerstätte und einfache Pumpentechnik bis zu 10 bis 20 Prozent des Öls an die Oberfläche. In der Sekundärphase wird der notwendige Druck mit eingepumptem Wasser aufrechterhalten, um so viel Öl wie möglich aus dem Reservoir auszufloten. Aufwendige Verfahren wie das Einblasen von heißem Wasserdampf ermöglichen in der Tertiärphase der Ölförderung eine weitere Gewinnung des tief und fest in den Gesteinsporen steckenden Öls – doch mindestens die Hälfte des Vorkommens bleibt für immer im Boden.

Statistik über deutsche Studierende

3,5% weniger Erstsemester im Studienjahr 2006

Nach ersten vorläufigen Ergebnissen des Statistischen Bundesamtes sind im gerade begonnenen Wintersemester 2006/2007 an den Hochschulen in Deutschland mit rund 1,979 Millionen etwa genauso viele Studierende wie im Jahr zuvor eingeschrieben. Der Anteil der Studentinnen liegt nahezu unverändert bei 48 Prozent. 71 Prozent der Studierenden sind an Universitäten oder vergleichbaren Hochschulen eingeschrieben, 29 Prozent an Fach- oder Verwaltungshochschulen.

Im Studienjahr 2006 (Sommersemester 2006 und Wintersemester 2006/2007) nahmen rund 343 700 Erstsemester ein Studium auf, darunter 169 700 Frauen (49%). Im Vergleich zu 2005 ist

die Zahl der Erstimmatrikulierten damit um 3,5% gesunken. An den Universitäten betrug der Rückgang knapp 5%, an den Fachhochschulen gut 1%. Deutlich weniger Studienanfänger begannen ein Studium an den Universitäten in Sachsen (-13%), Nordrhein-Westfalen (-10%), Sachsen-Anhalt (-10%), Baden-Württemberg (-9%) und Bremen (-8%) sowie an den Fachhochschulen in Bremen (-12%) und Niedersachsen (-11%). Hohe Zuwächse verzeichneten hingegen die Berliner Universitäten (+9%) und Fachhochschulen (+6%).

Die Studienanfängerquote, das heißt der Anteil der Studienanfänger an der gleichaltrigen Bevölkerung, liegt für das Studienjahr 2006 bei 35,5%. Gegenüber dem Höchststand von 2003 (38,9%) ist

sie um gut drei Prozentpunkte gesunken.

Für vier ausgewählte technisch orientierte Studienbereiche liegen Informationen über die Studierenden vor, die 2006 ein entsprechendes Fachstudium aufnahmen: Rund 28 400 Studierende im ersten Fachsemester begannen ein Informatikstudium (-5%), 33 700 schrieben sich erstmalig im Studienbereich Maschinenbau/Verfahrenstechnik ein (-8%), 15 200 in der Elektrotechnik (-15%) und 7 900 im Bereich Bauingenieurwesen (-5%).

Weitere Ergebnisse sind kostenfrei im Statistik-Shop des Statistischen Bundesamtes unter www.destatis.de/shop (Schnellsuche nach: „Schnellmeldung Studierende“) abrufbar.

Vier „Professoren des Jahres“ gefunden – darunter ein Chemiker

Die Zeitschrift „Unicum Beruf“ hat sich zusammen mit dem Partner und Förderer, der Wirtschaftsprüfungsgesellschaft KPMG, auf die Suche nach dem „Professor des Jahres 2006“ begeben – und ihn gleich vier Mal gefunden. Weit über 600 Professoren waren von Studenten, Arbeitgebern und Professoren-Kollegen vorgeschlagen worden. Geehrt wurden: Professor Ann-Kristin Achleitner (Kategorie Wirtschaftswissenschaften/ Jura), KfW-Stiftungslehrstuhl für Entrepreneurial Finance, TU München; Professor Karl-Rudolf Korte (Kategorie Geistes-, Gesellschafts- und Kulturwissenschaften), Politikwissenschaft, Universität Duisburg-Essen; Professor Gisbert Schneider (Kategorie Naturwissenschaften und Medizin), Institut für Organische Chemie und Chemische Bio-

logie, Universität Frankfurt am Main; Professor Klaus A. Wolf (Kategorie Ingenieurwissenschaften und Informatik), Nachrichtensysteme, FH Regensburg. Die Zeitschrift fragte, welcher Hochschullehrer für seine Studenten Kontakte zu Arbeitgebern herstellt, wer Diplomarbeiten oder Praktika über das übliche Maß hinaus vermittelt und wer neben der fachlichen Qualifikation auch die „Soft Skills“ fördert. Das Bild zeigt die Preisträger (mit Pokal; links der Chemiker Gisbert Schneider) zusammen mit Mitgliedern der Jury (Foto: Unicum).



Kein Silvesterfeuerwerk ohne BAM-Prüfzeichen

2006: 154 Zulassungen und 117 Ablehnungen

Die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) hat für Silvester 2006 die neuen Feuerwerkskörper auf ihre Sicherheit überprüft. 154 Feuerwerkskörper erhielten die Zulassung, 117 wurden abgelehnt. Gegenüber dem Vorjahr stieg die Zahl der Ablehnungen um 8 %.

Ein Zulassungszeichen lautet zum Beispiel BAM – P II – 1912. Feuerwerkskörper ohne Zulassung der BAM oder mit gefälschtem Zulassungszeichen bergen in ihrer Wirkung häufig ein hohes Gefährdungspotential in sich. Sie sind daher in der Sicherheit ihrer Handhabung und Qualität nicht einschätzbar.

Feuerwerkskörper enthalten explosionsgefährliche Stoffe und können gefährliche Wirkungen entfalten. Dabei hält der Trend zu Feuerwerksbatterien und

Merkmale für zugelassenes Feuerwerk sind u. a. das Zulassungskennzeichen (BAM-PII-2096), Name und Telefonnummer des Herstellers/Einführers und die deutsche Gebrauchsanweisung (Fotos: BAM).



Feuerwerk mit einer speziellen Verpackung (Unbedenklichkeitsbescheinigung für das Zurschaustellen – UB). Diese ist an der UB Nummer BAM-914/1998 erkennbar.

–kombinationen unvermindert an: Neue Effekte werden in einem kompletten kleinen „Großfeuerwerk“ kombiniert.

In Deutschland werden sie von der BAM zum Schutz von Personen und Sachgütern auf Zusammensetzung und Funktion überprüft. Ergeben die Prüfungen, dass der Feuerwerkskörper unter Einhaltung der Bedienungsanleitung sicher ist, erhält er die Zulassung.

Die vermehrten Ablehnungen sind u. a. darauf zurückzuführen, dass neue Hersteller bzw. Importeure eine Zulassung für ihre Feuerwerkskörper für den deutschen Markt anstreben. Da die Qualität der Zulassungsmuster noch nicht zufrieden stellend ist, wird von einigen deutschen Importeuren zunehmend auf die Fertigung und die Qualitätssicherung in China Einfluss genommen.

Europaweit wird an einer Harmonisierung bezüglich der Anforderungen an das Feuerwerk gearbeitet. Die Europäische Kommission strebt dazu die Verabschiedung einer Pyrotechnik-Richtlinie an, die das Inverkehrbringen nach internationalen Zulassungsbedingungen erlauben soll. Die politische Entscheidung

hierzu soll in noch in diesem Jahr im Wettbewerbsrat getroffen werden. Danach wird die nationale Überführung der Richtlinie für Deutschland bis Ende 2007 erfolgen können. Die BAM ist eine der wenigen Institutionen in Europa, die bereits jetzt nach den Europäischen Normen bzw. Normentwürfen prüft.

Als ein weiteres sprengstoffrechtliches Prüf- und Zulassungsverfahren hat die BAM die „Unbedenklichkeitsbescheinigung für das Zurschaustellen von Feuerwerk in Geschäften“ erheblich vereinfacht, ohne das Sicherheitsniveau zu verringern. Damit wird ein wichtiger Schritt zur Deregulierung für die Wirtschaft erreicht.

Das aktuelle Warenangebot und die genauen Produktionszahlen können erfragt werden beim Verband der Pyrotechnischen Industrie (www.feuerwerk-vpi.de). Eine Liste der zugelassenen Feuerwerkskörper der Klasse I findet man unter www.bam.de/p1.htm; eine Liste der zugelassenen Feuerwerkskörper der Klasse II unter www.bam.de/p2.htm. Allgemeine Auskünfte zum Feuerwerk gibt der BAM-Ingenieur Lutz Kurth (e-Mail lutz.kurth@bam.de).

Beifuß-Ambrosie verbreitet sich weiter Aktiv bekämpfen

Die Beifuß-Ambrosie ist in Deutschland häufiger zu finden als bisher vermutet. Alle Indizien sprechen dafür, dass sich die Pflanze weiter ausbreiten wird, wenn sie nicht aktiv bekämpft wird.

Darüber waren sich die Experten einig, die sich Anfang Dezember zum zweiten interdisziplinären Ambrosia-Workshop an der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) trafen. Ein Jahr lang haben Biologen, Meteorologen und Allergologen versucht, mehr über die Verbreitung der Pflanze, ihren Pollenflug und die Sensibilisierung von Allergikern in Deutschland zu erfahren. Die Pollen der ursprünglich aus Nordamerika stammenden Pflanze können Allergien auslösen. Wegen der späten Blüte (August-September) verlängert sich die Leidenszeit der Allergiker. *Ambrosia artemisiifolia* ist in vielen europäischen Ländern unerwünscht und verursacht als Ackerunkraut in der Landwirtschaft bereits in Ungarn und Frankreich Probleme.

In der Schweiz ist die Pflanze 2006 zum bekämpfungspflichtigen Unkraut erklärt worden. Den Schweizer Behörden ist es gelungen, die breite Bevölkerung zur Bekämpfung der Pflanzen zu mobilisieren. Für Deutschland wird nun 2007 eine ähnliche Aufklärungskampagne angestrebt.

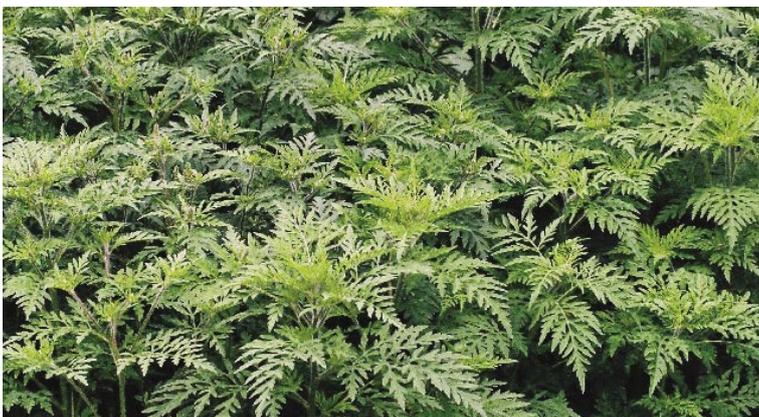
Bislang findet man die Beifuß-Ambrosie vor allem in Süddeutschland (Baden-Württemberg, Bayern, Südhessen), aber auch in Berlin oder Magdeburg sind Bestände mit mehr als 100 Pflanzen entdeckt worden. Meist wird die Pflanze mit verunreinigtem Vogelfutter eingeschleppt und manchmal unwissentlich im Garten kultiviert. Auf kargen Böden neben Autostraßen, Baugeländen und Brachen etabliert sie sich rasch. Mildes Herbstwetter und spät einsetzender Frost führen dazu, dass die einjährige Pflanze viele Samen ausbildet, die kilometerweit verschleppt werden können.

„Noch ist eine Bekämpfung möglich und auch relativ kostengünstig“, sagte Dr. Uwe Starfinger von der Abteilung für nationale und internationale Angelegenheiten der Pflanzengesundheit der BBA. „Wir empfehlen, kleinere Bestände im Hausgarten herauszureißen und mit dem Hausmüll zu entsorgen, keinesfalls auf den Kompost“, erklärt seine Kollegin Dr. Gritta Schrader.

In bundesweit aufgestellten Pollenfallen des Deutschen Wetterdienstes sind 2006 eindeutig mehr Ambrosia-Pollen als im Vorjahr gefunden worden. Dabei handelt es sich zum Teil um Pollen, der durch Ferntransport aus den Nachbarländern nach Deutschland gelangte.

Derzeit wird *Ambrosia* vorwiegend durch den Menschen verbreitet.

Beifuß-Ambrosien Bestand {Foto: Starfinger/BBA}.



Aus der Bildungslandschaft

- Die großen deutschen Wissenschaftsorganisationen (Deutsche Forschungsgemeinschaft, Fraunhofer Gesellschaft, Helmholtz-Gemeinschaft, Deutscher Forschungszentren, Hochschulrektorenkonferenz, Max-Planck-Gesellschaft, Leibniz-Gemeinschaft und Wissenschaftsrat) haben sich darauf verständigt, in den kommenden fünf Jahren den Anteil von **Frauen an Spitzenpositionen in der Wissenschaft** deutlich anzuheben. Es werden die Voraussetzungen und Rahmenbedingungen geschaffen, sowie die Öffentlichkeit darüber unterrichtet. Darüber hinaus sollen in fünf Jahren die vollzogenen Gleichstellungserfolge einer Evaluation unterzogen werden.
- Während die Universitäten in Nordrhein-Westfalen ein Minus von 9,3 Prozent im Vergleich zum Vorjahr zu verzeichnen haben, ist die **Studienanfängerzahl** (1. Hochschulsesemester) an der Universität Düsseldorf um über 35 Prozent auf nunmehr 2611 Studienanfänger/-innen angestiegen. Auf Bundesebene nahmen 5,3 Prozent weniger Erstsemester im Vergleich zum vorherigen Wintersemester ein Studium auf. Die Gesamtzahl der ordentlich Studierenden liegt in diesem Wintersemester an der Universität Düsseldorf bei knapp 17 800 (+2,2 Prozent). Die Universitäten in NRW verzeichnen bei den Gesamtstudierendenzahlen ein Minus von etwa einem Prozent. An den Universitäten in Deutschland sind 0,7 Prozent weniger Studierende eingeschrieben als im Jahr zuvor. Dies teilte das Statistische Bundesamt mit.
- Dem Energieträger Wasserstoff wird eine wichtige Rolle in der zukünftigen Energiewirtschaft zugeschrieben. Die Dresden International University (DIU) hat in enger Zusammenarbeit mit der TU Dresden einen zweijährigen berufsbegleitenden **Masterstudiengang „Wasserstofftechnik“** eingerichtet, der im März 2007 beginnt.
- Deutschlands **besten Biogielaborant 2006** kommt aus dem Forschungszentrum Jülich und heißt Nico Hampe. Er wurde bei einer Feierstunde des Deutschen Industrie- und Handelskammertags (DIHK) in Berlin für seine sehr gute Abschlussnote geehrt. Im November war Hampe bereits als Landesbester in Nordrhein-Westfalen ausgezeichnet worden. Traditionell liege der Anteil an Einser-Abschlüssen bei Auszubildenden am Forschungszentrum doppelt so hoch wie im Kammerbezirk. Für 2007 bietet das Forschungszentrum Jülich voraussichtlich 110 Ausbildungsplätze in 22 Berufen an.
- **Physikerinnen und Physiker** waren im vergangenen Jahr gefragte Fachkräfte. Von den bei der Bundesagentur für Arbeit eingereichten Stellenangeboten stammten über 70 Prozent aus der Wirtschaft, etwa 20 Prozent aus Forschungseinrichtungen und Hochschulen. Auch Museen und öffentliche Verwaltung hielten Ausschau nach Physikerinnen und Physikern. Deren Arbeitslosenquote lag bei rund 3 Prozent.

Qualitative Analyse – Trennungsgänge

Säureschwerlösliche Gruppe und Salzsäure-Gruppe

1 Kationen welches Elements sind in der Säureschwerlöslichen Gruppe nachzuweisen?

- A Ag
- B Pb
- C W
- D Nb
- E Hg

2 Welches Anion kann den Nachweis von Wolfram an dieser Stelle stören?

- A Phosphat.
- B Chlorid.
- C Carbonat.
- D Arsenat.
- E Borat.

3 Welche Vorprobe eignet sich als Hinweis auf Wolfram?

- A Lötrohrprobe.
- B Boraxperle.
- C Erhitzen im Glühröhrchen.
- D Reduktion mit metallischem Natrium.
- E Phosphorsalzperle.

4 Elemente der Säureschwerlöslichen Gruppe bleiben auch nach Löseversuchen mit Salpetersäure und Königswasser im Rückstand. Wodurch kann man Wolframsäure aus dem Rückstand lösen?

- A Schwefelsäure.
- B Ammoniak.
- C Natronlauge.
- D Essigsäure.
- E Natriumcarbonat.

5 Worauf beruht der mikrochemische Nachweis von Silber?

- A Bildung eines braunen Niederschlags von Silberoxid.
- B Bildung von komplexem Silberthiocyanat.
- C Bildung eines metallischen Silberspiegels.
- D Bildung von Würfeln und Oktaedern aus Silberchlorid.
- E Bildung von gelbem Silberphosphat.

6 Welche Elemente finden sich in der Salzsäure-Gruppe?

- A Ag
- B Hg
- C Pb
- D Ta
- E Nb

7 Wie fällt man die Kationen der Salzsäure-Gruppe?

- A Man raucht die Salpetersäure ab und löst den Rückstand in Salzsäure.
- B Man verdünnt die Lösung langsam mit viel Wasser.
- C Man neutralisiert die salpetersaure Lösung mit Natronlauge.
- D Man macht die Lösung ammoniakalisch.
- E Man gibt langsam Salzsäure zur salpetersauren Lösung.

8 Im nächsten Schritt filtriert man den Niederschlag ab und digeriert mit heißem Wasser. Welche Verbindung liegt dann vor?

- A AgCl
- B HgCl
- C PbCl₂
- D AgNO₃
- E Hg₂Cl₂

9 Nach erneutem Filtrieren versetzt man den Rückstand mit Ammoniak. Welche Verbindung liegt nun vor?

- A PbCl
- B [Ag(NH₃)₂]⁺
- C Hg
- D Hg(NH₂)Cl
- E AgCl

10 Was lässt sich allgemein über Silberhalogenide sagen?

- A Silberionen können je nach Bedingungen mit Chlorid sowohl ein Salz als auch einen Komplex bilden.
- B Silberchlorid ist schwerlöslich.
- C Silberiodid ist leicht löslich.
- D Silberfluorid ist schwerlöslich.
- E Silberhalogenide sind lichtempfindlich.

11 Welche Reaktion geben Silberionen mit Natronlauge?

- A Keine Reaktion.
- B Es fällt Silberhydroxid.
- C Gebildetes Silberhydroxid fällt als braunes Silberoxid aus.

12 Was lässt sich allgemein über Bleihalogenide sagen?

- A Bleiionen können je nach Bedingungen mit Chlorid sowohl ein Salz als auch einen Komplex bilden.
- B Bleichlorid ist schwerlöslich.
- C Bleiiodid ist leicht löslich.
- D Bleifluorid ist schwerlöslich.
- E Bleihalogenide sind lichtempfindlich.

13 Was lässt sich allgemein über Quecksilberhalogenide sagen?

- A Quecksilberionen können je nach Bedingungen mit Chlorid sowohl ein Salz als auch einen Komplex bilden.
- B Quecksilberchlorid ist schwerlöslich.
- C Quecksilberiodid ist leicht löslich.
- D Quecksilberfluorid ist schwerlöslich.
- E Quecksilberhalogenide sind lichtempfindlich.

14 Welche Reaktion geben Quecksilberionen mit Natronlauge?

- A Keine Reaktion.
- B Es fällt Quecksilberhydroxid.
- C Quecksilber (I) fällt als schwarzes Gemisch von Quecksilber und Quecksilberoxid.
- C Quecksilber (II) fällt als gelbes Quecksilberoxid.

Lösungen zu Seite M78 (CLB 11/2006):

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

(Alle Lösungen zu Seite M86 finden Sie in CLB 01/2007 sowie auf www.clb.de)

F		
F-Test	470	
Farad (F)	271	
Faraday, Michael.....	271	
Farbstoff-Solarzelle.....	M43	
Fast GC-MS	387	
Fast LC	384	
Fast LC-MS/MS.....	385	
Feinchemie	204	
Feinstaub	M3	
Fenitrothion.....	390	
Fermentierung	458	
Fernwasserversorgungen Deutschlands.....	328	
Fertigtrennkartuschen.....	169	
Festphasen-Mikroextraktion	64	
Festphasenextraktion	208, 372, 392	
Fettsäure-Synthese	235	
Fettsäuremethylester	389	
Feuchtsalz.....	M3	
Feuerwerkskörper	M84	
Fibronektins.....	141, 142	
Finkelstein-Reaktion.....	257	
Fischer-Tropsch-Synthese	M67	
Fischschuppen	88	
Flammpunkttemperatur.....	M58	
Flash-Chromatographie.....	168	
Flavonglykoside	249	
FLUGS-Fachinformationsdienst	M3	
Flugzeit-Massenspektrometer (Time-of-Flight MS, TOF-MS).....	368	
Fluoreszanregung.....	393	
Fluoreszenzaktivität kondensierter aromatischer Verbindungen.....	210	
Fluoreszenzmarker	12	
Fluorophor.....	344	
Flüssigchromatographie.....	383	
Flüssigextraktion.....	208, 392	
Folsäure	132	
Forschungsstandort Deutschland	72	
Fotografie	29	
Freiheitsgrade	471	
Freone	354	
Freundsche Adjuvans	424	
Frost & Sullivan-Auszeichnungen	85	
Fructose	52	
fünfte Hauptgruppe.....	M40	
Fungizid.....	394	
Futtermittelskandale	13	
FZKWISS	M21	
G		
G8-Gymnasien in Bayern	M46	
Galen.....	303	
Galvaniker	458	
Gas-to-liquid, GtL.....	M67	
Gaschromatograph (FID), selbst gebauter.....	213	
Gasportionierungsapparatur.....	214	
GC-MS	208, 393, 392	
Gedächtniszellen.....	424	
Gefährdungspotenzial.....	209	
Gendoping.....	233	
Genetischer Kode.....	132	
Genexpression	129	
Genom	58	
Genomforschung.....	268	
Genomik.....	128	
Geoakkumulationstendenz	209	
Geruchsabsorber.....	288	
Gitarren-Nebel.....	108	
Gluco-Vanillin	459	
Glucocorticoide.....	432	
Glucose	52	
Glufosinate	357	
Glutarsäuredimethylester	M49	
Glycerin	M49	
Glycyrrhizin	49	
Glykopeptid	425	
Glykosaminoglykane.....	249	
Glyphosate	357	
GMDP (N-Acetylglucosaminyl-(1-4)-N-Acetylmuramyl-L-Alanyl-D-Isoglutamin)	425	
Gold	292	
Goldrausch	308	
Gradientenchromatographie	37	
Graphentheorie.....	M60	
Gray (Gy)	273	
Grundwasserkontaminanten	364	
Grundwasserleiter.....	209	
GtL- und CtL-Kraftstoffe	M67	
Guajacol-Prozess	462	
Günzburgs-Reagenz	465	
H		
Halbacetal.....	51	
Haloforme	354	
Halogene	M56	
Halone	354	
Hämatochrom	250	
Hämophilus influenzae	420	
Haupteffekte (HE)	468	
Hauptgruppe, vierte	M32	
Hauptkomponentenanalyse.....	332	
Hauptsatz der Thermodynamik	102	
Headspace-GC-Verfahren.....	64	
Heine, Augustus de	17	
Henry (H)	440	
Heptachlor	394	
Heptachlor-tetrahydro-methano-inden	394	
Hertz, Heinrich Rudolf	152	
Hexachlor-epoxy-octahydro-endodime-thano-naphthalin	394	
Hexachlorbenzol	394	
Hexafluorosilikate	255	
Hippocrates	299	
HIV-1-Infektion	9	
Hochschul-Ranking.....	M36	
Höllenstein	28	
Homöostase	128	
Hope-Diamant	44	
Hopfen	M79	
HPLC.....	M30, 402	
HPLC, präparative	170	
HPLC, ultraschnelle.....	383	
HPLC-FL	393	
HPLC-ICP-MS-Kopplung	338	
HPLC-MS-Verfahren	340	
HPLC-MS/MS	342, 360	
HPTLC/APGD-MS.....	343	
HPTLC/DART-MS.....	343	
HPTLC/ESI-MS.....	343	
Hybridisierungsverfahren.....	15	
I		
IC-ICP-MS.....	376	
ICP	377	
Imitationsperlen	90	
Immunantwort	422	
Immunstimulatoren.....	425	
Immunsystem	418	
Immunverstärker.....	425	
Immunvorgänge	432	
Impedanzspektroskopie.....	M33	
Impf-Pflanzen	422	
Impfseren	424	
Impfstoffe	418	
Impfviren	421	
Industrieruß.....	53	
Infektionskrankheiten	418	
Informatik, Chemische	M7	
Ingenieur	21	
Innovationsperspektive.....	436	
Innovationspreis der Deutschen Wirtschaft	4	
Inokulation	418	
Insektizid	394	
Institut Dr. Flad	312	
Interleucin-2	425	
intermetallische Phase.....	M1	
Invertzucker	52	
Iodspezies.....	338	
Iodspezifische Wasseranalytik.....	340	
Ionenchromatographie (IC).....	376	
Ionenpaare	176	
Ionische Flüssigkeiten	176	
Ionenspray	377	
Iso-Eugenol-Verfahren	459	
ISO-Normung.....	208, 392	
Iso-Vanillin.....	464	
Isoenzyme.....	130	
Isopropylthioxanthon (ITX)	345, M44	
Isotachophorese (ITP)	56	
Isotope, natürliche	294	
J		
JAMs (Junctional Adhesion Molecules)	10	
Johannisbrotbaum	M41	
Joule, James Prescott	70	
Jugend forscht.....	259, M43	
Jugend lehrt	135, 30, 47	
Jugendsoftwarepreis.....	M77	
K		
Kahanes-Reagenz.....	254	
Kalibrierung, externe und interne	368	
Kaliumhydrogentartrate.....	256	
Kalk	331	
Kalkspat	88	
Kapazitive Sensoren	M33	
Kapillargaschromatographie	210, 393	
Kapillargelelektrophorese	14	
Kapillarzonenelektrophorese (CZE).....	56	
Karat	M41	
Karminsäure.....	248	
Karob	M41	
Karzinogen.....	373	
Käsefondue-Workshop	M22	
Katalysatorforschung	417	
katalysieren.....	58	
Kationentrennungsgang.....	M78	
Keimbildende Einheiten (KBE)	288	
Keimreduzierung.....	290	
Keimsammelverfahren	289	
Kelvin (K)	442	
Ketone	380	
kinetische Theorie	175	
Kläranlagenabläufe	208	
Klosterapotheke	303	
Knallgold	295	
Knövenagel-Reaktion	464	
Kochsalz	252	
Kohlenhydrate.....	379	

- Kohlenstoff-Märchen 138
 Kohlenwasserstoffe 213
 Kokosnuss 144
 Kombinatorik M77
 komplexe Systeme 60
 konfirmatorisch 466
 konfokales Laser-Raster-Mikroskop (CLSM) 11
 Kongenere 394
 Kontaktgift 395
 Kopplungsmöglichkeiten ... 343, 385, 402
 Konservendosen 17
 Kosmetik 304
 Krebs 418
 Kreuzkatalyse 61
 Kriminaltechnik 64
 Kristallgitter 252
 Kunsthonig 52
 Künstliche Chemie 58
 Kunststoff-Recycling M43
 Kupellation 298
 Kupfer M49
- L**
 Lab-on-a-Chip 269
 Laborberufe 21, 443
 Laborpumpe 276
 Lagemaße 335
 Lambert-Beersches Gesetz 260
 Landeswasserversorgung 328
 Länge M6
 Langkettige Kohlenwasserstoffe 213
 LC-MS-Analytik 360, 375
 LC-MS-MS-Analytik... 356, 364, 386, 372
 LC-Tandemmassenspektrometrie (MS-MS) 365
 LC/MSD TOF System 369
 LD₅₀-Wert 253
 Lebensmittel 115, 128, M44
 Lebensmitteladditive 134
 Lebensmittelanalytik 443
 Lebensmittelchemie 417, M74
 Lebensmittelfarbstoff (E 120) 249
 Lehrkräfte M75
 Leibniz-Preisträger 2007 483
 Leitfähigkeit M33
 Leitfähigkeitsdetektion 376
 Lernstrategien 21
 Leuchtbakterientest 330
 Leunabenzin M67
 LHKW-Analytik 380
 Lichtstärke M6
 Lignin-Verfahren 462
 Linalool-Peak 390
 Lipidmembranen 9
 Lipopeptid 420
 Lipoproteine 425
 Liposome 9, 425
 liquid-liquid extraktion, LLE 208, 392
 Liquidustemperatur M1
 Lote, bleifreie M1
 Löseversuche M69
 Lötzinn M1
 Luftschadstoffe 291, M15
 Lukretius 301
 Lungentuberkulose 418
- M**
 Magnetische Kernresonanzspektroskopie (¹H-NMR-Spektroskopie) 59
 MAK- und BAT-Werte-Liste M49
 Malaria 418
 Malathion 390
 MALP-2 425
 Malvasia 248
 Masse M6
 Massenbestimmung 368
 Massenspektrometer 377, 330, 343, 218
 Master M53
 Materie, Dunkle 108
 Max-Planck-Institut für Kohlenforschung 169
 McLafferty-Umlagerung 218
 Megajoule 68
 Membranfilterverfahren 289
 Membranproteine 10
 Messtechnik 232
 Metabolite 364
 Metall-Chloride, Sublimations-Temperaturen von 257
 Metastase-Streuzellen 140
 Metathese von Alkinen 169
 Methacrifos 390
 Methanol 349
 Methionin 129
 Methodenoptimierung 349
 Methotrexat 432
 Methylamine 379
 Methylierungsmuster 132
 metrisches System M42
 microRNA assays 278
 MIDGE (Minimalistic Immunogenically Defined Gene Expression) 421
 Mikrochip 110
 Mikrofabriken M47
 Mikrofluidische Systeme 56
 Mikrokanalplatte (MCP) 368
 Mikrosysteme 54
 Mikrowellensysteme. 156, 213, 275, 285
 Millersches Experiment 58
 Milzbrandsporen 420
 Miniaturisierung 54
 Mirex 394
 MKS-System M42
 MNU-Jahrestagung 148
 Monellin 49
 Monosaccharide 51
 Morphin M20
 MPPA 357
 MRM-Mode 365
 MS-Detektion 377
 MS-Spektren 391
 MS/MS-Spektrenbibliotheken 370
 Muffelofen 38
 multi-drug-resistance 9
 Multimode-Mikrowellenreaktor 213
 Multiple Sklerose 418
 MultiPurposeSampler MPS 372
 Multisäulen-Flash Chromatographen. 169
 Mycobacterium tuberculosis 424
 Mykotoxine 373, M30
- N**
 Nachhaltigkeit M37
 Nachweisgrenzen 375, 378
 NaCl 252
 NaClO₄ 254
 Nährbodenplatten 290
 Nahrungsmittelsicherheit M61
 Nakadomarin A 171
 Naled M50
 Nano-LC 402
 Nano-Spray M25
 Nanoforschung 164, 45, 234, 230, 54, M23
 Naringin-dihydrochalcon 49
 Natrium-Magnesium-Uranylacetat-Hydrat 254
 Natriumchlorat 254
 Natriumchlorid 252
 Natriumfluoracetat M49
 Natriumtartrat 256
 Naturfaserverstärkte Kunststoffe M22
 Naturprodukte 36
 Naturstoffsynthese 171
 Nebelabsorptionsverfahrens 288
 Neohesperidin-dihydrochalcon 49
 Nephrolithiasis 96
 Neutrinos, sterile 108
 Nikander 300
 Nikotinsucht 418
 NIR-Spektrometer 76
 Nitrozucker 53
 NMR-Spektroskopie 62
 Nobelpreise 327
 Nomenklatur 36
 Nordseealgen M27
 Normierung 334
 Normzündtemperatur M57
 nucleophile Substitution 257
- O**
 Oberstufenreform M46
 Occludin 10
 Ocean Optics 44
 Octaacetat 52
 Octachlor-tetrahydro-metano-indan... 394
 Ohm 485
 Oligosaccharide 51
 Olivin 248
 Online-Knigge M23
 Opuntia ficusindica 248
 Organische Leuchtdioden (OLEDs) ... 235
 Oxalsäure 95
 Oxohalogenidanalyse 378
 Ozonloch 136
- P**
 P-Glycoprotein (P-gp) 9
 PAK-Analytik 208, 392
 PAK-Exposition M28
 Pandemiefall 424
 Paraffindestillate 392
 Pareto-Diagramm 336
 Parfum-Hersteller 458
 Partikelanalyse 277
 Partikelgrößen 383
 Pascal (Pa) 487
 Pascalsches Dreieck 487
 Pasteur, Louis 17, 418
 Patente 188
 Patentverwertungsagentur 84
 PCB 394
 PCD 394
 PCDD 394
 PCR (Polymerase Chain Reaktion), Polymerase-Ketten-Reaktion ... 15, M30
 Peaks 389
 Pentan M49
 Peptide (Anti-CCP), zyklische citrullinierte 432
 Perchlorat 379
 perfluorierte organische Tenside (PFT) M61
 Perfluorooctansäure (PFOA) M50, M61

Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)	M61	Retentionzeit	387	Solvay	254
Periodat	249	Reverse Impfstoffentwicklung.....	423	Sonderforschungsbereiche	M63
perlas majorica	88	RFA-Analysator	266	Spaltimpfstoffs	424
Perlmutter	88	RFLP-Analyse.....	13	SPE (solid-phase extraction).....	208, 392
Pestizide	360, 331	Rhabarber	92	SPE-Modul	372
Pestizidstandard	389	Rheumatoide Arthritis	431	Spektrallinien.....	100
PET-Recycling.....	M52	Richtlinie 2000/60/EG.....	209	Spektrqualität.....	390
Pflanzenschutzzentrum	171	Ringversuche	M14	Speziesanalytik.....	338
Pharmakodynamik	8	Risikobewertung	M44	SPME-Technik (Solid Phase Micro Extraction)	64
Phase Optimized Liquid Chromatography (POPLC).....	349	Rituximab	433	Spurenanalytik	360
Phospholipide	8	RNA.....	129	Spurenstoffe	392, 364
Phosphor	M37, M49	Roentgenium	446	Spurenstoffe, anthropogene	366
Phosphortrichlorid.....	M49	Rohöl.....	M81	Spurenstoffe, organische	208
Photoinitiator	M44	Rohrzucker	48	Stammzellen	445
Photometer	259	RoHS-Richtlinie (Restriction of Hazardous Substances)	M1	Standespolitik	221
Photonen	400	Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA).....	66	Start ups	M39
Photovoltaik.....	M11	Röntgenkontrastmittel.....	340	Staubfraktionen	M3
Phthalsäure	M49	Rotalgen	M27	STED-Mikroskopie	149
Planar-Chromatographie	343	RP-C18 Extraktionsscheibe.....	210, 392	Steinsalz	258
Plankton-Net.....	M62	Rübenzucker	48	Steviosid	49
Plaque-Proteine	10	S		Stöchiometrie, organismische.....	128
Plasma	213	Saboraud.....	290	Stoffliste	209
Platinooctäthylporphyrin.....	400	Saccharide	420	Stoffmenge	M6
Plinius	301, 302	Saccharin	49	Strahlenschutz	M29
Polychlorierte Biphenyle (PCB) .394, M17		Saccharose.....	51	Streuemaße	335
Polychlorierte Dibenzodioxin	394	Salinensalz.....	258	Streusalz	258, M3
Polychlorierte Dibenzofuran	394	Salzsäure-Elektrolyse.....	324	Streuungsmaße	335
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK).....	392, M28	Salzsäure-Gruppe	M86	Stromstärke	M6
Polydimethylsiloxane	M50	Salzschmelzen.....	257	Stromwaage	33
Polymer-Leuchtdioden.....	235	Säulenchromatographie	168	Studienabschlüsse.....	M51
POPLC (Phase Optimized Liquid Chromatography)	349	Säulenparameter.....	387	Studieneignung.....	M9
präbiotisch.....	58	Schädlingsbekämpfungsmittel.....	394	Studiengebühren	M50
Prisma-Modell.....	349	Schadstoffe.....	M17	Studienkredit	M36
Probentransfer	389	Schadstofffracht	209	Sublimation	257
Probenvorbereitung.....	208	Scheduled MRM	385	Sublimations-Temperaturen von Metall- Chloriden	257
Promotersequenzen	132	Schimmelpilze	373, M30	Submikroliter-Chiplabor	269
Propylenglykol.....	M50	Schlafmohn.....	M20	Substitution, nucleophile	257
Protein Engineering.....	140	Schmauchspurenanalytik	65	Sucrose.....	51
Proteine	232	Schneidöle	392	Sulfonamiden.....	386
Proteinkorrelation	232	Schnitte, optische	11	superschwere Elemente	U3
Proteomforscher	232	Schwarzpulver	66	Süßholzzucker	49
Protocatechu-Säure	459	Schwebstoffe	209	Süßstoffe	49
Pseudomonas-Bakterien.....	233	Schwefelassimilation	129	Süßwaren-Industrie.....	458
Pulsare.....	108	Schwefelexpression.....	131	Synproportionierung	256
Purge-und-Trap-GC/MS	352	Schwefelkohlenstoff.....	M58	Système International d'Unités SI.....	M42
Q		Schwefelwasserstoff.....	M49	Systeme, mikrofluidische.....	56
Quadrupol-GC/MS-Systeme.....	380	Schwelbrand	M4		
Qualitative Analyse.....	M78	Schwerkraft-Säulenchromatographie..	168	T	
Qualitative anorganische Analyse.....	403	Schwingungsviskosimeter.....	197	T-Lymphozyten	420
Quanteneffekt	111	Science4Life	228	T-RFLP-Methode	14
Quantenmechanik.....	99	selbstreplizieren.....	58	T-Zell-Impfstoffe.....	420
Quantenphysik.....	75	Selektivität.....	364, 365	Tandemmassenspektrometrische	365
R		Sensitivität	365	TAT-Protein	9
Radikal.....	219	Sensoren.....	M33	Technische Chemie.....	74
Raffinat	48	Sequenzidentität	130	Temperatur.....	M6
Reach.....	M60	Serpentin.....	250	Tensid	53, 291
Reaktionsmechanismus	219	Serum.....	419	Tenside, perfluorierte organische (PFT)....	M61
Redox-Vorgänge, innere	256	SI-Einheiten32, 112, 152, 194, 271, 440, 485, M6		Tensiometer.....	117, 278
Regelkarte.....	335	Sicherheitsfilm	M35	Terbiummoleküle.....	9
Regressionsanalyse	466	Siedepunkt	M58	Terminale RFLP.....	14
Replikationsforschung	62	Siedesalz.....	258	Terpene	380
Replikationsforschung, chemische	62	Siedetemperaturen.....	257	Tesla	68
Resequenzierung.....	238	Silber.....	28	Tetrachlormethan.....	M49
Restriktions-Enzyme	15	Silica-Materialien	208	Tetraeder	51
Restriktions-Fragment-Längen-Polymor- phismus (RFLP, gesprochen Riflip) ...	13	Silvesterfeuerwerk.....	M84	Tetrahydrocannabinol (THC).....	67
Restriktionsenzyme	13	Silvia Arroyo Camejo	75	Tetrahydrothiophen	M49
		Skleroproteine	88	Thaumatococcus	49
		Solarzellen	M11, 400	Theorie, dynamische	175
		solid-phase extraction, SPE.....	208, 392	Theorie, kinetische	175

Thermodynamik	M57	U	Überdüngung	137	W	Wahrscheinlichkeitspapier	468
TIC-Elutionsprofil	347		Überwachung der Wässer	209		Wärmeexplosion von Semenoff	M58
Tierartenbestimmung	14		Ultra-Spuren-Bereich	360		Wasser	M72
Tierarzneimitteln	M68		Umweltmatrices	208		Wasseranalytik	208, 352, 360, 376
Tight Junction (TJ)-Barriere	10		Umweltrelevanz der PAK	208		Wasseraufbereitung	284, 366
TOF-LC/MS	368		Umweltschutz	267		Wasserökosysteme	380
Totalreflexions-Röntgenfluoreszenz-			univariat	466		Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)	209
Analyse (TXRF)	66		Unscrambler	470		Wasserstoff	M8
Totraumeffekte	219		Unternehmensgründer	228		Wasserwerk	331
Toxaphen	394		Urheberrecht	M31		Water Framework Directive (WFD)	209
Toxizitätsrangliste	234		V			Wechselwirkungseffekte (WW)	468
Trärgase	387		Vakzination	418		Weinchemiker	426
Transformationsprodukten	364		Validierungsexperimente	211, 393		Wiederfindungsrate	361, 211
Transkriptionsfaktoren	132		van-Deemter-Gleichung	175, 383		Wirkstoff-Membran-Interaktion	8
Transporter-Protein	9		Vanadium	M50		Wirtschaftsgeschichte	16
Trenneffizienz	389		Vanillin	458		Wissenschaft und Gesellschaft	183
Trennstufenmodell	175		Vanillin, Struktur-Bestimmung	459		Wissenschaftsrangking	M15
Trennungsgänge	M69, M78		Varianzanalyse	466, 471, 469		Wolframbarren, vergoldete	294
Trennverfahren, chromatographische	364		Variation	418		Xanthhydrol	344
Triazingemisch	350		vdbiol	M46		Xenophon	300
Trichlorbenzol	M49		Verband Deutscher Chemotechniker und			X, Y, Z	
Triethylenglykol	M49		Chemisch-technischer Assistenten e.V.			Zeit	M6
Trihalogenmethanverbindungen (THM) ...	366		.....	221		Zentralen Nervensystem (ZNS)	10
Trimethoprim	386		Verbraucherschutz	M61		Zinn-Kupfer-Lote	M1
Trimethylamin	M49		Verfahrensreproduzierbarkeit	211		Zinn-Silber-Lote	M1
Trinkwasser	209, 328, 362, 378		Verteilungskoeffizient, apparenter	9		Zonenelektrophorese	56
Trinkwasserringversuche	M14		Verteilungsstudien	9		Zucker	48
Trinkwasserverordnung	209, 392		Vinylchlorid	381		Zucker-Veredlung	53
Tripelquadrupol-Gerät	365		Virosomen	424, 425		Zuckeranalyse	379
Triple-Quadrupol-Massenspektrometer	360		Virosomen-Impfstoffe	421		Zuckerrohr	48
Trockensalz	M3		Vitruv	301		Zuckerrüben	48
Tuberkulose	418		VOC volatile organic compound	354, 380		Zündtemperatur	M57
Tumorprogression	140		Vogelgrippe	424		Zytokine	432
Tumortheraeutika	9		Vorproben	M64, M69		zytotoxisch	234
Tumorzellen	141						

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
Prof. Dr. K. Kleinermanns, Düsseldorf
Prof. Dr. Heinz-Martin Kuß, Duisburg,
Prof. Dr. J. Schram, Krefeld
Prof. Dr. Georg Schwedt,
Clausthal-Zellerfeld
Dr. Wolfgang Schulz, Stuttgart
Prof. Dr. G. Werner, Leipzig.

Redaktion:
Rolf Kickuth (RK, verantwortlich;
E-Mail: kickuth@clb.de),
Dr. Maren Bulmahn (MB, CLB-Memory,
E-Mail: bulmahn@clb.de),
Dr. Christiane Soiné-Stark
(CS, E-Mail: stark@clb.de).

Ständige Mitarbeiter:
Ans de Bruin (Grafik), Heidelberg; Wer-
ner Günther, Düsseldorf; Prof. Dr. Wolf-
gang Hasenpusch, Hanau;
Dr. Mechthild Kässer, Diekholzen; PD Dr.
Röbke 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

Abonnentenbetreuung:
Natalia Khilian
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 VBTA, des VCO sowie des VDC erhal-
ten die CLB zu Sonderkonditionen.

Anzeigenpreisliste:
Nr. 45 vom 01. 01. 2006.

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

ISSN 0943-6677





Variable	Effect	F-ratio	Absorption
Flammenhöhe (A)	10.250	1.078	NS
Flammenstöchiometrie (B)	16.000	2.628	NS
Essigsäurekonzentration (Sample) (C)	40.500	16.836	++
Lampenstrom (D)	24.250	6.036	NS
AB	-26.250	7.073	-
AC	2.750	7.762e-02	NS
AD	4.500	0.208	NS
BC	-4.500	0.208	NS
BD	11.750	1.417	NS
CD	18.250	3.419	NS

* NS = nicht signifikant.

Abbildung 7: softwareunterstützte Berechnung der Effekte.

Abbildung 8: Ergebnis der Varianzanalyse.

	SS	DF	MS	F-ratio
Summary				
Model	1.519e+04	10	1.519e+03	3.898
Error	1.949e+03	5	389.700	
Adjusted Total	1.714e+04	15	1.143e+03	
Variable				
Flammenhöhe (A)	420.250	1	420.250	1.078
Flammenstöchiometrie (B)	1.024e+03	1	1.024e+03	2.628
Essigsäurekonzentration (Sample) (C)	6.561e+03	1	6.561e+03	16.836
Lampenstrom (D)	2.352e+03	1	2.352e+03	6.036
AB	2.756e+03	1	2.756e+03	7.073
AC	30.250	1	30.250	7.762e-02
AD	81.000	1	81.000	0.208
BC	81.000	1	81.000	0.208
BD	552.250	1	552.250	1.417
CD	1.332e+03	1	1.332e+03	3.419

Tabelle 5: Ausschnitt F-Tabelle; v_1 = Zahl der Freiheitsgrade des Zählers, v_2 = Zahl der Freiheitsgrade des Nenners

F-Tabelle (Vertrauenswahrscheinlichkeit 0,9)

$v_1 \backslash v_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	=
1	39,86	49,50	53,59	55,83	57,24	58,20	58,91	59,44	59,86	60,19	60,71	61,22	61,74	62,00	62,26	62,53	62,79	63,06	63,33
2	8,53	9,00	9,16	9,24	9,29	9,33	9,35	9,37	9,38	9,39	9,41	9,42	9,44	9,45	9,46	9,47	9,47	9,48	9,49
3	5,54	5,46	5,39	5,34	5,31	5,28	5,27	5,25	5,24	5,23	5,22	5,20	5,18	5,18	5,17	5,16	5,15	5,14	5,13
4	4,54	4,32	4,19	4,11	4,05	4,01	3,98	3,95	3,94	3,92	3,90	3,87	3,84	3,83	3,82	3,80	3,79	3,78	3,76
5	4,06	3,78	3,62	3,52	3,45	3,40	3,37	3,34	3,32	3,30	3,27	3,24	3,21	3,19	3,17	3,16	3,14	3,12	3,10
6	3,78	3,46	3,29	3,18	3,11	3,05	3,01	2,98	2,96	2,94	2,90	2,87	2,84	2,82	2,80	2,78	2,76	2,74	2,72
7	3,59	3,26	3,07	2,96	2,88	2,83	2,78	2,75	2,72	2,70	2,67	2,63	2,59	2,58	2,56	2,54	2,51	2,49	2,47
8	3,46	3,11	2,92	2,81	2,73	2,67	2,62	2,59	2,56	2,54	2,50	2,46	2,42	2,40	2,38	2,36	2,34	2,32	2,29
9	3,36	3,01	2,81	2,69	2,61	2,55	2,51	2,47	2,44	2,42	2,38	2,34	2,30	2,28	2,25	2,23	2,21	2,18	2,16
10	3,29	2,92	2,73	2,61	2,52	2,46	2,41	2,38	2,35	2,32	2,28	2,24	2,20	2,18	2,16	2,13	2,11	2,08	2,06
11	3,23	2,86	2,66	2,54	2,45	2,39	2,34	2,30	2,27	2,25	2,21	2,17	2,12	2,10	2,08	2,05	2,03	2,00	1,97
12	3,18	2,81	2,61	2,48	2,39	2,33	2,28	2,24	2,21	2,19	2,15	2,10	2,06	2,04	2,01	1,99	1,96	1,93	1,90
13	3,14	2,76	2,56	2,43	2,35	2,28	2,23	2,20	2,16	2,14	2,10	2,05	2,01	1,98	1,96	1,93	1,90	1,88	1,85
14	3,10	2,73	2,52	2,39	2,31	2,24	2,19	2,15	2,12	2,10	2,05	2,01	1,96	1,94	1,91	1,89	1,86	1,83	1,80
15	3,07	2,70	2,49	2,36	2,27	2,21	2,16	2,12	2,09	2,06	2,02	1,97	1,92	1,90	1,87	1,85	1,82	1,79	1,76
16	3,05	2,67	2,46	2,33	2,24	2,18	2,14	2,09	2,06	2,03	1,99	1,94	1,89	1,87	1,84	1,81	1,78	1,75	1,72
17	3,03	2,64	2,44	2,31	2,22	2,15	2,10	2,06	2,03	2,00	1,96	1,91	1,86	1,84	1,81	1,78	1,75	1,72	1,69
18	3,01	2,62	2,42	2,29	2,20	2,13	2,08	2,04	2,00	1,98	1,93	1,89	1,84	1,81	1,78	1,75	1,72	1,69	1,66
19	2,99	2,61	2,40	2,27	2,18	2,11	2,06	2,02	1,98	1,96	1,91	1,86	1,81	1,79	1,76	1,73	1,70	1,67	1,63
20	2,97	2,59	2,38	2,25	2,16	2,09	2,04	2,00	1,96	1,94	1,89	1,84	1,79	1,77	1,74	1,71	1,68	1,64	1,61
21	2,96	2,57	2,36	2,23	2,14	2,08	2,02	1,98	1,95	1,92	1,87	1,83	1,78	1,75	1,72	1,69	1,66	1,62	1,59
22	2,95	2,56	2,35	2,22	2,13	2,06	2,01	1,97	1,93	1,90	1,86	1,81	1,76	1,73	1,70	1,67	1,64	1,60	1,57
23	2,94	2,55	2,34	2,21	2,11	2,05	1,99	1,95	1,92	1,89	1,84	1,80	1,74	1,72	1,69	1,66	1,62	1,59	1,55
24	2,93	2,54	2,33	2,19	2,10	2,04	1,98	1,94	1,91	1,88	1,83	1,78	1,73	1,70	1,67	1,64	1,61	1,57	1,53
25	2,92	2,53	2,32	2,18	2,09	2,02	1,97	1,93	1,89	1,87	1,82	1,77	1,72	1,69	1,66	1,63	1,59	1,56	1,52
26	2,91	2,52	2,31	2,17	2,08	2,01	1,96	1,92	1,88	1,86	1,81	1,76	1,71	1,68	1,65	1,61	1,58	1,54	1,50
27	2,90	2,51	2,30	2,17	2,07	2,00	1,95	1,91	1,87	1,85	1,80	1,75	1,70	1,67	1,64	1,60	1,57	1,53	1,49
28	2,89	2,50	2,29	2,16	2,06	2,00	1,94	1,90	1,87	1,84	1,79	1,74	1,69	1,66	1,63	1,59	1,56	1,52	1,48
29	2,89	2,50	2,28	2,15	2,06	1,99	1,93	1,89	1,86	1,83	1,78	1,73	1,68	1,65	1,62	1,58	1,55	1,51	1,47
30	2,88	2,49	2,28	2,14	2,05	1,98	1,93	1,89	1,86	1,83	1,78	1,73	1,68	1,64	1,61	1,57	1,54	1,50	1,46
40	2,84	2,44	2,23	2,09	2,00	1,93	1,87	1,83	1,79	1,76	1,71	1,66	1,61	1,57	1,54	1,51	1,47	1,42	1,38
60	2,79	2,39	2,18	2,04	1,95	1,87	1,82	1,77	1,74	1,71	1,66	1,60	1,54	1,51	1,48	1,44	1,40	1,35	1,29
120	2,75	2,35	2,13	1,99	1,90	1,82	1,77	1,72	1,68	1,65	1,60	1,55	1,48	1,45	1,41	1,37	1,32	1,26	1,19
=	2,71	2,30	2,08	1,94	1,85	1,77	1,72	1,67	1,63	1,60	1,55	1,49	1,42	1,38	1,34	1,30	1,24	1,17	1,00

Junges Gebiet mit vielen Chancen

Volker Wagner, Düsseldorf

Elektroaktive Polymere (EAPs) ändern unter Einfluss einer Spannung ihre Länge oder führen Biegebewegungen aus. Sie gehören zur Klasse der Smart Materials und sind besonders geeignet für den Aufbau von low-complexity Aktuatoren, die sich durch niedrige Herstellungskosten, geringes Gewicht und einfache Miniaturisierbarkeit auszeichnen.

Erste Experimente mit polymerbasierten Aktuatoren wurden bereits in den 50er Jahren durchgeführt. 1969 wurde der starke piezoelektrische Effekt von Polyvinylidenfluorid (PVDF) entdeckt. Seitdem wird PVDF für Nischenanwendungen in der Sensorik, darunter besonders für Ultraschallsensoren, vermarktet. Derzeit stehen im Fokus der Forschungsarbeiten eine Reihe von neuen elektroaktiven Materialien, die in den vergangenen zwanzig Jahren entdeckt wurden. Dabei haben sich zwei Hauptklassen von Materialien herauskristallisiert: die ionischen und die elektrischen EAPs. Die ionischen EAPs werden auch als feuchte EAPs bezeichnet, da sie häufig einen wässrigen Elektrolyten enthalten. Die Materialdehnung bei Anlegen einer Spannung wird bei ihnen durch den Transport von Ionen verursacht. Zu dieser Materialklasse zählen Hydrogele, leitfähige Polymere und ionische Polymer-Metallkomposite. Diese EAP-Materialien sind gekennzeichnet durch niedrige Steuerspannungen von einigen Volt, Drücken von einigen bis zu mehr als 100 MPa und Dehnungen von bis zu 40 %.

Bei den elektrischen EAPs wird die Dehnung des Polymers durch elektrostatische Effekte bedingt. Zu dieser Materialklasse zählen die piezoelektrischen, die elektrostriktiven und die dielektrischen Elastomere. Die Steuerspannungen für diese Aktuatorklasse betragen einige 100 V bis zu einigen kV, die Dehnungen erreichen bis zu 380 % und die



Vision der EAP-Forscher: ein robotischer Arm mit künstlichen Muskeln gewinnt ein Armdrücken gegen einen Menschen. Solche Wettbewerbe werden bereits ausgetragen (siehe Informationen im Internet; Abb.: NASA JPL).

übertragenen Drücke liegen bei einigen 10 MPa. Da elektrische EAPs keine wässrigen Elektrolyten enthalten, die aufwändig gegen Austrocknung verkapselt werden müssen, sind sie besonders für industrielle Anwendungen geeignet.

Seit den 90er Jahren hat die Anzahl der Arbeitsgruppen auf dem Gebiet der EAPs stark zugenommen, und die Anzahl der EAP Publikationen ist von etwa 20 Ende der 90er Jahre auf 140 im Jahr 2005 angestiegen. Um die Forschungscommunity zusammenzuführen, wurde 1999 die erste EAP-Konferenz, in Newport Beach, Kalifornien durchgeführt, die seitdem jährlich stattfindet. In den USA, die derzeit auf dem Gebiet der EAP-Forschung führend sind, spielte die staatliche Förderung durch die NASA und die Forschungsagentur des Pentagons eine wichtige Rolle für die Entwicklung dieser Technologie. Beide Agenturen sahen in EAP-Aktuatoren aufgrund ihrer hohen Energiedichte eine effizientere Alternative zu elektromagnetischen Antrieben, insbesondere für Roboter. Die Erforschung solcher Systeme



Der Autor

Dr. Volker Wagner ist Chemiker und arbeitet derzeit als Technologieberater in der Abteilung „Zukünftige Technologien Consulting“ der VDI Technologiezentrum GmbH mit den Schwerpunkten Werkstoffe und Nanotechnologie. Er ist neben seinen Tätigkeiten für öffentliche Auftraggeber an verschiedenen „Technology Watch“-Projekten für Industrieunternehmen aus der Chemie- und Automobilbranche tätig.

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

hat am Stanford Research Institute (SRI), Menlo Park, zur Entwicklung dielektrischer Elastomere geführt, die heute, abgesehen von den etablierten piezoelektrischen Polymeren, den ausgereiftesten technischen Entwicklungsstand von allen elektroaktiven Materialien aufweisen. Derzeit entwickelt das Start-up Artificial Muscle Inc., Menlo Park, auf Basis dieser Materialien kommerzielle Produkte auch für nichtmilitärische Anwendungen.

Der biomimetische Gedanke spielt bei der Entwicklung von elektroaktiven Polymeren eine wichtige Rolle, da biomimetische muskelartige Aktuatoren den heutigen elektromagnetischen Aktuatorssystemen in vielen Leistungsparametern prinzipiell überlegen sind. Dieser Sachverhalt wird auch von der Leitvision der EAP-Forscher widergespiegelt: Die Entwicklung eines robotischen Arms, dessen künstliche Muskeln stark genug sind, um ein Arm drücken gegen einen Menschen zu gewinnen.

F&E-Stand

In den letzten 20 Jahren wurden sowohl die Materialeigenschaften von EAPs optimiert als auch neue integrierte Aktuatorssysteme für Polymeraktuatoren entwickelt. Ein Durchbruch auf dem Gebiet der dielektrischen Elastomere wurde Ende der 90er Jahre erzielt, als man entdeckte, dass sich durch eine Vordehnung der Materialien die Längenänderung der Aktuatoren bei Anlegen einer Spannung um mehrere 100 % erhöhen lässt. Weiterhin gelang es innerhalb der letzten 5 Jahre durch den Einsatz maßgeschneiderter Materialien, die Lebensdauer von EAPs deutlich zu verbessern. Diese Entwicklungen haben insbesondere in den USA zu einem verstärkten Interesse der Industrie an dieser Materialklasse geführt.

Forschungsbedarf

Für ionische und elektrische EAPs sind aufgrund ihrer unterschiedlichen chemischen und physikalischen Eigenschaften die Entwicklungshürden verschieden. So hat sich bei den ionischen EAPs herausgestellt, dass der Schutz der Aktuatormaterialien vor Austrocknung nur schwer zu erreichen ist. Da die Funktionsweise der Aktuatoren auf Ionentransport basiert, verlieren sie bei Austrocknung ihre Funktionsfähigkeit. Derzeit wird an einer Verbesserung der Verkapselung der Aktuatoren gearbeitet sowie an Aktuatoren auf Basis von nicht wässrigen Elektrolyten, wie z. B. ionischen Flüssigkeiten. Ein weiterer Forschungsschwerpunkt für ionische EAPs ist die Verbesserung der Aktuator-Leistungsparameter, wie Dehnung, Druck und Ansprechzeit. Eine Herausforderung, unabhängig von der Aktuatorklasse, ist die Entwicklung von Elektroden, die flexibel genug sind, so dass auch bei großen Längenänderungen von mehreren 10 %

keine Delaminierung auftritt. Für die Entwicklung von elektrischen EAPs gibt es drei F&E-Ziele, die von besonderer Bedeutung sind:

- Die Materialeigenschaften der verwendeten Elastomere müssen verbessert werden, so dass eine Lebensdauer von mehreren Millionen Schaltzyklen erreicht wird.
- Es wird versucht, durch Änderung der Polymerzusammensetzung und durch Optimierung der Geometrie der Aktuatoren die notwendigen Schaltspannungen auf einige 100 V zu verringern.
- Es müssen elektronische Ansteuerungen entwickelt werden, die hohe Steuerspannungen von bis zu mehreren kV erreichen. Dies ist auch heute noch eine Herausforderung, da elektronische Bauelemente im Allgemeinen für niedrige Spannungen ausgelegt sind.

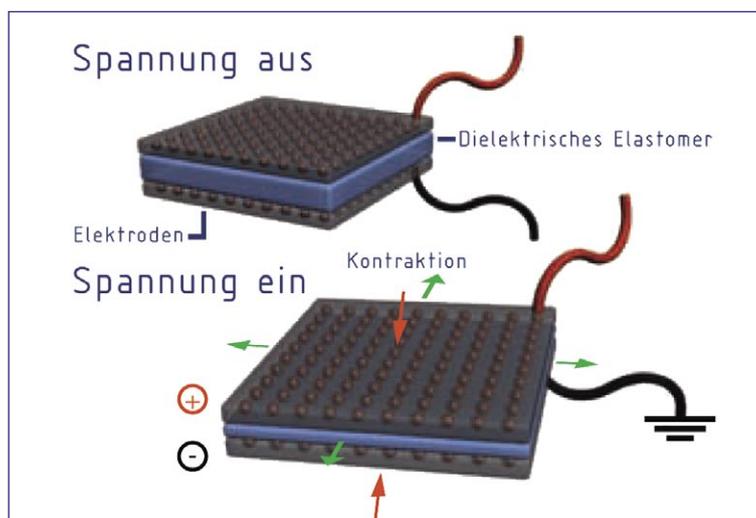
Anwendungsperspektiven

Der weltweite Markt für Aktuatoren wird derzeit auf 50 Milliarden US\$ geschätzt. Experten am Stanford Research Institute gehen davon aus, dass mittelfristig ein Marktsegment von etwa 4 Mrd. US\$ von elektroaktiven Polymeren adressiert werden kann. EAP-Aktuatoren weisen im Vergleich zu bestehenden Aktuatorkonzepten folgende Vorteile auf: geringe Herstellungskosten, geringe mechanischen Komplexität, große Robustheit und geringes Gewicht.

PVDF ist das einzige elektroaktive Polymer, das bereits im Markt etabliert ist, derzeit allerdings zu 90 % für Sensoren eingesetzt wird. Der wichtigste Anwendungsbereich sind Ultraschallgeräte für medizinische und nautische Anwendungen. Von den neueren EAPs, die sich seit den 80er Jahren in der Entwicklung befinden, sind bis auf eine Spielzeuganwendung, die von einem japanischen Hersteller seit 2002 angeboten wird, noch keine Produkte auf



Aufbau eines EAP-Aktuators auf Basis von dielektrischen Elastomeren (Abb.: VDI-TZ).



dem Markt eingeführt worden. Jedoch gibt es eine Reihe von Start-ups, die intensiv an Produktentwicklungen für technische und Consumer Märkte arbeiten. Zu diesen Unternehmen zählen Artificial Muscle Incorporated, USA; EAMEX, Japan; EMFIT, Finnland und Micromuscle, Schweden. Da die Materialien derzeit hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften noch nicht optimiert sind, werden die Einstiegsmärkte dort gesehen, wo Aktuatoren nur kleine Kräfte aufweisen müssen und nur kurze Verstellwege erforderlich sind. Produktentwicklungen, die von den Start-ups verfolgt werden, sind Mikropumpen, Autofokussysteme, minimalinvasive chirurgische Instrumente und allgemein Stellelemente für Mikrosysteme. Markteinführungen werden hier bereits innerhalb der nächsten zwei bis drei Jahre erwartet. Das schwedische Start-up Micromuscle entwickelt zum Beispiel auf Basis von EAPs Gefäßstützen (Stents) und so genannte „Connectors“ für die Verbindung von Blutgefäßen, wie sie bei Ope-

rationen des Handgelenks eingesetzt werden. Mit Hilfe der EAPs kann die Größe solcher Implantate über die angelegte elektrische Spannung verändert werden. Dies ermöglicht es, chirurgische Eingriffe zu vereinfachen und Implantate mit neuen Funktionalitäten auszustatten.

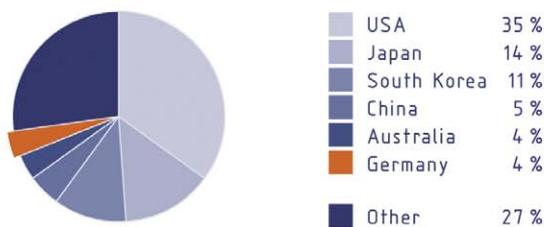
Mittelfristig wird der Einsatz von EAPs in praktisch allen Industriebranchen anvisiert, in denen Aktuatoren von Bedeutung sind; dazu zählen Automobilindustrie, Flugzeugbau, Maschinenbau und Haushaltsgeräte. So befinden sich in gut ausgestatteten Autos heute mehr als 100 elektrische Motoren, von denen viele durch elektroaktive Aktuatoren ersetzt werden könnten, um so Herstellungskosten, Platz, Stromverbrauch und Gewicht zu sparen. Aufgrund der hohen Anforderungen an die mechanische Belastbarkeit und die Lebensdauer der Aktuatoren wird mit ihrem Einsatz in der Automobilbranche jedoch frühestens in 7-8 Jahren gerechnet.

Ein zusammenfassender Überblick über elektroaktive Polymere (Abb.: VDI-TZ).

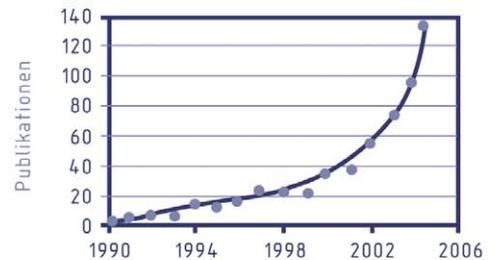
Potenzielle Anwendungsmärkte	Medizintechnik, Automobilbau, Luftfahrt, Elektrotechnik, Consumer Produkte, Textilien, Energieerzeugung, Mikroreaktorik	Entwicklungsphase	Demonstratoren
Markt	Einige hunderttausend US\$, 2006	Technische Hürden	Leistungsparameter, Systemintegration
Marktpotenzial	4 Milliarden US\$	Relevante Technologietrends	Miniaturisierung, Mechatronik, Bionik
		Konkurrenztechnologien	Elektromechanische Aktuatoren, Piezokeramiken

Literaturentwicklung und -verteilung

Länderaufschlüsselung Literatur ab 1990

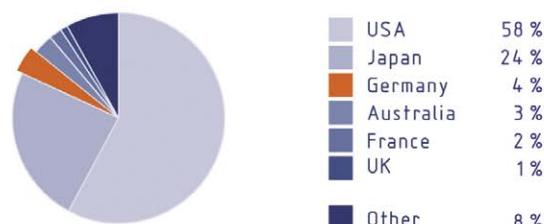


Literaturentwicklung

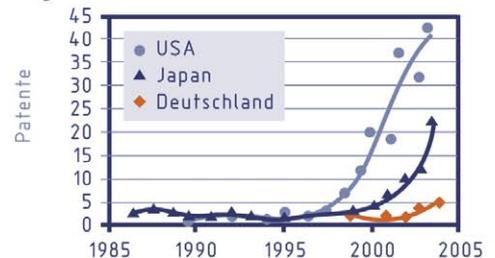


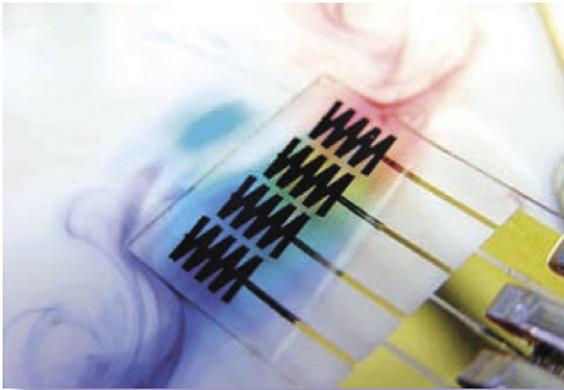
Patententwicklung und -verteilung

Länderaufschlüsselung Patente ab 1985



Patententwicklung





Mit Hilfe von EAPs wird in einem Mikrochip die Freisetzung von vier verschiedenen Substanzen kontrolliert. Dies ist eine Entwicklung der im Jahr 2000 gegründeten schwedischen Firma Micromuscle AB. Sie ist in diesem Jahr dem finnischen Forschungsprojekt „Elcompo“ unter Leitung der finnischen Forschungsorganisation VTT beigetreten. Mit einem Forschungsbudget von 1,1 Milliarden Euro für drei Jahre entwickelt man elektroaktives, polymerbasiertes Nanocomposit-Material und entsprechend aufgebaute Aktoren (Abb.: Micromuscle AB).

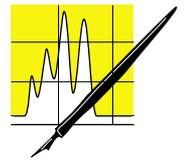
Ein wichtiger potenzieller Anwendungsbereich ist weiterhin der Einsatz von elektroaktiven Materialien für Relais, die heute in den meisten elektronischen Schaltkreisen in Automobilen, Haushaltsgeräten und Industriemaschinen Anwendung finden. Aber auch Unternehmen der Bekleidungsindustrie, die intelligente Textilien entwickeln, sind an diesen neuen Materialien interessiert. So können EAPs eingesetzt werden, um für in Kleidung integrierte elektronische Geräte, wie Handys oder MP3 Player, Strom aus Bewegungsenergie zu gewinnen. Visionärer hingegen sind die Anwendungen in der Luftfahrtindustrie. So wird von der NASA untersucht, ob sich EAP-Materialien für die Konstruktion von Flügeln einsetzen lassen, die ihre Form an die entsprechende Flugphase und Umgebungsbedingungen anpassen können. Darüber hinaus gibt es auch erste Studien vom Stanford Research Institute, in denen über den Einsatz von EAPs zur Gewinnung von Strom aus Wind- und Wellenenergie nachgedacht wird.

Ausgangssituation in Deutschland

Die Ausgangssituation in Deutschland für die Entwicklung elektroaktiver Polymere erscheint aussichtsreich, da die deutsche Chemieindustrie traditionell stark auf dem Gebiet der Polymere ist und Deutschland auf Grund seiner starken Automobilindustrie und Mikrosystemtechnik gleichzeitig auch zu den Leadmärkten für diese Aktuatorklasse gehört. Jedoch gibt es in Deutschland bislang nur eine kleine Gruppe von Wissenschaftlern, die sich diesem Thema angenommen hat, dazu zählen Arbeitskreise an der TU Dresden, der TU Darmstadt, der Universität Freiburg und an verschiedenen

Fraunhofer-Instituten. Insbesondere in den USA und Japan sind die Patentierungsaktivitäten seit Ende der 90er Jahre auf dem Gebiet der EAP-Aktuatoren stark angestiegen, während ein solcher Trend in Deutschland nicht zu erkennen ist. Dabei besteht nach Aussage von Wissenschaftlern und Industrievertretern in vielen Branchen, darunter der Automobilzulieferindustrie und der Elektroindustrie, Interesse an den neuen Aktuormaterialien. Die konkurrierenden Produkte aus Asien in diesen Sektoren haben vielfach technologisch zu deutschen Produkten aufgeschlossen, so dass hier von deutschen Herstellern nach neuen technischen Ansätzen und Materialien gesucht wird, um die technologische Führerschaft zu halten. Dem verstärkten Einsatz neuer Aktuatorssysteme mit verbesserten mechanischen und elektrischen Eigenschaften wird hier große Bedeutung beigemessen. Das Gebiet der Polymeraktuatorik ist derzeit stark von japanischen und amerikanischen Aktivitäten dominiert, jedoch ist es noch so jung, dass für Deutschland gute Chancen bestehen, wichtige Patentpositionen zu besetzen und bei der Kommerzialisierung dieser Technologie eine führende Rolle zu übernehmen.

CLB



AUFsätze

Informationen zu EAPs im Internet

Als Austauschseite für Entwicklungen auf dem EAP-Gebiet empfiehlt sich selbst der von der NASA betriebene „WorldWide Electroactive Polymer Actuators Webhub“, wobei das Actuators für „Artificial Muscles“ steht (<http://ndea.jpl.nasa.gov/nasa-nde/lommas/eap/EAP-web.htm>). Dort gibt es EAP-Demonstrationen als Film (siehe Screenshot hier unten: Künstliche Mimik mit Hilfe von EAPs; Foto: NASA/JPL, Modell: David Hanson, Univ. of Texas) oder auch Tabellen über den Vergleich verschiedenster EAP-Systeme mit natürlichen Muskeln. Die Seite führt auch zu dem „Worldwide EAP Newsletter“, der ebenso von der NASA produziert wird (<http://ndea.jpl.nasa.gov/nasa-nde/lommas/eap/WW-EAP-Newsletter.html>). Er erscheint seit 1999 zweimal jährlich. Die 17. Ausgabe (01-2007) ist jetzt in Vorbereitung. Außerdem gibt es eine internationale Liste von Organisationen, die auf dem Gebiet der EAPs arbeiten. RK



Stifterverband lud zur Diskussion in die Villa Hügel Cluster – Potenziale für Wissenschaft und Wirtschaft

Dreißig hochkarätige Experten und Wirtschaftsführer diskutierten kürzlich in Essen im Stammsitz der Krupp-Familie, der Villa Hügel, über Cluster als Instrument der gegenseitigen Förderung von Wirtschaft und Wissenschaft. Ein Detail des Fazits, dass Prof. Dr. Michael Hüther, Direktor des Instituts der Deutschen Wirtschaft (IDW, Köln) zog: Die Forschungsprämie, die DFG-Präsident Prof. Ernst-Ludwig Winnacker schon länger forderte, ist eine sinnvolle Sache. Sie wird im nächsten Jahr eingeführt (siehe Kasten). Zudem solle Forschung und Entwicklung mehr Markt- statt Institutionsorientiert stattfinden. Auch müssten die Unternehmen mehr Bereitschaft zeigen, private Hochschulen zu finanzieren.

Die Diskussionsteilnehmer, moderiert von Ex-BMW-CEO Prof. Joachim Milbert, jetzt Präsident des Acatech-Konvents für Technikwissenschaften in München, vertraten zwar in Details durchaus unterschiedliche Meinungen. So warnte BASF-Vorstandschef

Dr. Jürgen Hambrecht davor, die Cluster inhaltlich zu überhöhen. Nicht in jedem Cluster müsse Wissenschaft dabei sein. Leider werde zum Beispiel vom Ausbildungsverbund kaum geredet. Noch DFG-Präsident Winnacker, ab Januar Secretary General des neu geschaffenen European Research Council (ERC) in Brüssel mit einem Budget von 7,5 Milliarden Euro für die nächsten sieben Jahre, entgegnete jedoch, die Idee der Cluster für technische Entwicklungen benötige die Wissenschaft als ständigen „Nachschuss“.

Hambrecht betonte, eine Win-Win-Situation bei allen Beteiligten eines Clusters würde für einen Erfolg stehen. Die BASF beispielsweise arbeite mit 1300 Partnern in Forschung und Entwicklung weltweit zusammen. Neuestes Beispiel sei das Katalyselabor Rhein-Neckar (siehe Kasten Seite 478). Hambrecht machte aber auch auf die Wissenshungrigkeit in China und Indien aufmerksam: „Wenn wir unsere Rahmenbedingungen nicht ändern gelangen wir sehr schnell in einen Rückstand.“ Als

Beispiel nannte er die immer noch vorhandenen Hürden in der Biotechnik und die Diskussionen über ihre Sicherheit, warf mit einem zwinkernden Auge zur Sicherheit genveränderter Pflanzen ein: „Die Kartoffel vermehrt sich über die Knolle. Die muss man schon selbst irgendwo hintragen.“ Allerdings gebe es in Deutschland einen gegenüber anderen Ländern hervorragenden Teamgeist, ein Pluspunkt bei der Clusterbildung.

Ernst-Ludwig Winnacker machte auf Strukturdefizite aufmerksam, die einer sinnvollen Forschungsförderung entgegenstünden. So müsse man die Länderstrukturen ändern, sonst würde die Wettbewerbsidee ad extremum geführt. Als Beispiel nannte Winnacker die Universität Siegen und die ETH Zürich, beide mit etwa 12 000 Studierenden. Während die westfälische Uni über eine Etat von etwa 80 Millionen Euro verfüge, sei derjenige der Schweizer Hochschule etwa zehnmal so hoch. Zweites Beispiel: Die Uni Passau erhalte nur etwa ein Hundertstel der DFG-Fördermittel wie die Lud-

30 Experten diskutierten in Essen, moderiert von Prof. Joachim Milbert (Stirnseite 2.v.l.; rechts daneben: Stifterverbands-Präsident Dr. Arend Oetker; Fotos: Kickuth).



Forschungsprämie

„Rein rechnerisch ist jedes Drittmittelprojekt für die Universität ein Zuschussgeschäft“, sagte im Januar dieses Jahres Burkhard Rauhut, Rektor der RWTH Aachen. Der Grund: Die Hochschule muss neben den unmittelbaren Forschungskosten auch Raumkosten, Bibliothek und sonstige Infrastruktur mit entsprechenden Personalkosten finanzieren. Nach Rauhuts Rechnung legt die Hochschule für jeden eingeworbenen Euro nochmals 50 Cent an Nebenkosten dazu. Daher müsse man sich bei manchen Forschungsprojekten fragen: Kann man sich dafür die Drittmittel-Einwerbung leisten? Diese Situation soll die Forschungsprämie entschärfen, für die die deutsche Bundesregierung ab dem kommenden Jahr bis 2010 sechs Milliarden Euro zusätzlich ausgeben will. Gefördert werden F&E-Kooperationen zwischen Hochschulen und kleinen und mittleren Unternehmen (KMU). Dabei sollen 25 Prozent des gesamten Auftragsvolumens dieser Forschungsaufträge an die Forschungseinrichtungen als Prämie gezahlt werden. In den USA gibt es Forschungsprämien seit mehr als 50 Jahren, andere Länder sind dem US-Beispiel gefolgt, etwa Großbritannien oder skandinavische Länder. RK

wigs-Maximilian-Universität in München. Winnackers Schlussfolgerung: Differenzierung muss sein, sie sollte aber eher über die Fächer gehen.

In dasselbe Horn stieß Dr. Wilhelm Krull, Generalsekretär der Volkswagen-Stiftung Hannover: „Der Differenzierungsprozess zwischen den Hochschulen ist dramatisch. Kleinere Hochschulen werden ihren Rettungsanker bald nur noch als Dienstleister in der Region finden.“

Das im Grunde alles um Menschen und insbesondere um helle Köpfe geht machte Dr. Christian

Ketels in einem Statement deutlich: „Cluster sollen helfen, Gründe zu schaffen, dass Leute zu uns nach Deutschland kommen“, so der Principal Associate der Harvard Business School, Boston (siehe Details Kasten Seite 478). In den USA seien zwei Drittel der F&E-Vorhaben regional miteinander verbunden, ein Drittel jedoch über Cluster, mehr als in Europa. Dies fördere die Standortkonkurrenz und führe zu stärkerer Fokussierung. Fehlerhafte Clusterbildung sieht er im Bereich der Biotechnik: „Wenn alle das gleiche machen, ist das eher schädlich.“

Das Cluster-Prinzip

Ketels definierte Cluster (nach Michael E. Porter) wie folgt: Cluster sind Gruppen von Produzenten, Dienstleistern, Lieferanten, Forschungs- und Ausbildungsstätten sowie anderen Institutionen, die sich durch zwei Eigenschaften auszeichnen: zum einen durch inhaltliche Nähe durch Aktivitäten in einem bestimmten Wirtschaftsbereich, zum anderen durch geographische Nähe durch die Präsenz in einer bestimmten Region.

Die Kombination inhaltlicher und geographischer Nähe führe dazu, daß es zwischen den Akteuren innerhalb eines Clusters eine Vielzahl direkter und indirekter Beziehungen gebe: Lieferbeziehungen, Nutzung des gleichen Arbeitsmarktes, Kooperation bei bestimmten Aktivitäten, Wissens-Transfer unterschiedlicher Art, Motivation und schnelle Adaption von „Best Practices“ durch den direkten Vergleich mit Wettbewerbern im Cluster und vieles mehr. Ketels betonte, auch wenn die regionale Komponente bei Clustern eine wichtige Rolle spiele, würde die Bedeutung der Cluster gerade in Zeiten der Globalisierung noch steigen. Der Zugang zu Clustereffekten an einem Standort sei nicht kopierbar. Andere Quellen von Wettbewerbsvorteilen seien hingegen immer schwerer zu verteidigen.



In seinem Fazit bemängelte Prof. Michael Hüther (rechts) vom IDW, dass 80 Prozent der staatlichen F&E-Gelder an Großunternehmen gingen. Er unterstützte daher die Forderung von DFG-Chef Prof. Ernst-Ludwig Winnacker (links) nach einer Forschungsprämie (Mitte links: Hamburgs Wissenschaftssenator Dr. Jörg Dräger; Mitte rechts: Martin Jetter, Geschäftsführer IBM Deutschland).

Laut Ketels lassen sich Cluster durch Wirtschaftspolitik stärken und die Chancen für ihr Entstehen lassen sich durch Wirtschaftspolitik erhöhen; Cluster ließen sich jedoch nicht durch Wirtschaftspolitik erzeugen.

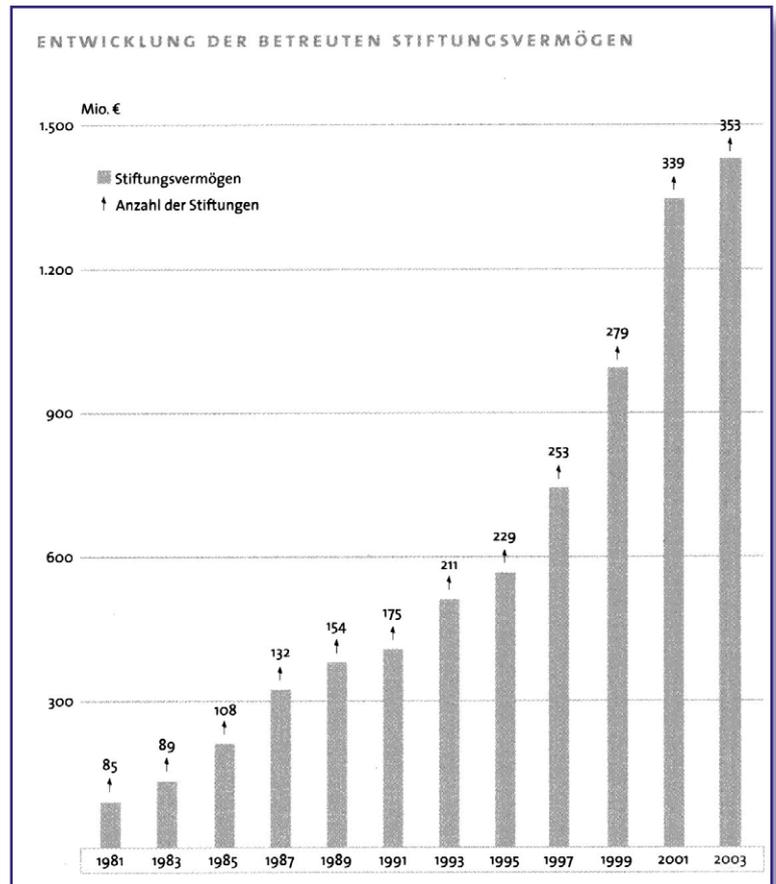
Zu dem Prozess, der zur Clusterbildung führt, gab Prof. Gerhard Fettweis von der TU Dresden Hinweise. Wenn ein Keim einer Entwicklungsmöglichkeit durch entsprechende Vorforschung vorhanden sei und sich eine gute Gelegenheit ergebe, neudeutsch ein „Window of Opportunity“ öffne, müsse man ein Risiko eingehen, investieren und ein Cluster „hochziehen“. Das hätte man in Dresden auch von politischer Seite bei der Ansiedlung von AMD gemacht, als man in Konkurrenz zu Singapur stand. 40 Prozent der Mitarbeiter kämen jetzt aus den Technischen Universitäten Dresden und Chemnitz. Ein Cluster biete bei Erfolg die Möglichkeit, dass Leute von einer Firma zur anderen ohne Ortsveränderung wechseln könnten. Die Offenheit eines Clusters sei mit entscheidend für seinen Erfolg.

Welcher gesellschaftliche Sprengstoff in der wirtschaftsnahen Wissenschaftsförderung

steckt, die ja im Hintergrund der Clusterbildung steht, machte BMBF-Staatssekretär Prof. Meyer-Krahmer mit der Frage deutlich: „Wollen wir die Verbeamtung von Professoren beibehalten? Müssen wir die Gehälter regelmäßig überprüfen?“ Worauf Prof. Fettweis gleich konterte: „Wenn man das tut muss man wegen fehlender Sicherheiten gleich an der Gehaltsschraube drehen.“ Dabei verwies er auf besonders gute Verdienstmöglichkeiten für Gelehrte etwa in den USA.

Es fehlen „F&E-Köpfe“

Das Spannungsfeld von Köpfen und Geldern sprach auch nochmals DFG-Chef Winnacker an. Hintergrund: Im März 2000 einigten sich die Staats- und Regierungsoberhäupter der Europäischen Union auf einer Tagung in Lissabon darauf, die EU bis 2010 zum wettbewerbsfähigsten und dynamischsten



Die Geschichte des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft führt in die frühe Weimarer Republik zurück, die unter der Last von Kriegsfolgen und Inflation litt. In besonderem Maße galt dies für die Wissenschaft, die von der Teuerung stranguliert wurde. Es war aber nicht allein die schiere materielle Not, die wissenschaftliches Arbeiten fast unmöglich macht; blockierend machte sich hier vor allem auch der bewusste Abbruch der Wissenschaftsbeziehungen zum westlichen Ausland bemerkbar. In dieser Situation politisch-wirtschaftlicher Instabilität fanden sich führende Wissenschaftler und Industrielle zusammen, um am dreißigsten Oktober 1920 eine „Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft“ im wahrsten Sinne des Wortes und am vierzehnten Dezember den dazugehörigen „Stifterverband der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft“ zu gründen. Die Notgemeinschaft sollte die Interessen der universitären und außeruniversitären Wissenschaft gegenüber dem Reich und den Ländern bündeln, der Stifterverband hatte die erklärte Absicht, in den „Erwerbsständen“ Geld für wissenschaftliche Zwecke zu beschaffen.

Heute verwaltet der Stifterverband 370 gemeinnützige Stiftungen. Die Stiftungen, die unter dem Dach des Stifterverbandes arbeiten, verfügen über ein Gesamtvermögen von 1,6 Milliarden Euro. 2005 konnten sie rund 100 Millionen Euro für die Förderung gemeinnütziger Zwecke aufwenden (Grafik: Stifterverband).

Uni Heidelberg und BASF: „Carla“

Die Forschungsarbeit im neuen Katalyselabor CaRLa (Catalysis Research Laboratory) der BASF Aktiengesellschaft und der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg im Technologiepark Heidelberg kann beginnen: Günther H. Oettinger, Ministerpräsident des Landes Baden-Württemberg (Bild 2.v.r.), weihte das 1,5 Millionen-Euro-Projekt Mitte November im Beisein von Dr. Stefan Marcinowski, Forschungsvorstands der BASF (Bild links) sowie Prof. Peter Hommelhoff, Rektor der Universität (Bild rechts), feierlich ein. Ab sofort wird im Technologiepark Heidelberg ein internationales Team aus jeweils sechs promovierten Wissenschaftlern der Universität und der BASF gemeinsam an der Entwicklung neuer homogener Katalysatoren arbeiten. Laborleiter ist der BASF-Forscher Dr. Christoph Jäkel (Bild 2.v.l.).



wissenschaftlichen Wirtschaftsraum der Welt zu machen. Die EU-Staats- und Regierungschefs einigten sich später darauf, dass Investitionen in europäische Forschung und Entwicklung bis zum Jahr 2010 auf drei Prozent des jeweiligen Bruttoinlandsproduktes (BIP) erhöht werden sollten, wobei mindestens zwei Drittel der Gesamtinvestitionen aus dem privaten Sektor stammen sollten.

Winnacker dazu: „Wir liegen derzeit bei 2,5 Prozent, Japan bei 3,3 Prozent. Allein Toyota investiert soviel in F&E wie unsere gesamte Auto- und Autozulieferindustrie zusammen. Wenn wir das Ziel bis 2010 erreichen wollen benötigen wir eine Steigerung von sechs Prozent jährlich – 2,2 Milliarden Euro mehr jedes Jahr; wir haben aber nur 0,8 Prozent.“ Jetzt kommt aber der Knackpunkt, wie

Acatech-Chef Milberg plakatierte: „Wir haben jedes Jahr 60 000 junge Menschen mit einer fertigen Ausbildung in Naturwissenschaft und Technik in Deutschland. Es müssten aber 90 000 sein, wenn es seit 2005 die drei Prozent F&E-Förderung vom BIP gegeben hätte.“

Verständlich, dass mit diesem Hintergrund Winnacker eine lebenslange und schnell erteilte Aufenthaltsgenehmigung von ausländischen Professoren forderte. Ihr Anteil läge in Deutschland bei vier Prozent, an der ETH Zürich jedoch bei 60 Prozent! Auch die Exzellenzinitiative der Bundesregierung erfordere ganz schnell 4000 bis 5000 neue junge Forscher – bzw. Forscherinnen. Dazu müsse auch ein geeignetes gesellschaftliches Umfeld geschaffen werden. Verwundert vermerkte der Noch-DFG-Präsident dazu, bedauerlicherweise sei es an der Uni Frankfurt am Campus Riedberg in 20 Jahren nicht gelungen, eine Kinderbetreuung zu organisieren.



Traditionsreicher Diskussionsort des Stifterverbandes: Die Villa Hügel in Essen, Stammsitz der Industriellenfamilie Krupp (Foto: RK).

Maßnahmen des Stifterverbandes

Erste Maßnahmen zur Verbesserung der Forschungs- und Entwicklungslandschaft in Deutschland durch den Gastgeber, den Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, kündigte deren Präsident und Firmemagnat Dr. Arend Oetker an (u.a. „Schwartau“; die Pudding-Marke Oetker hingegen gehört zu Vetter August): „Ab 2008 will der Stifterverband Hochschulen för-

dern, die besonders stark in der Lehre sind, ohne die Forschung zu vernachlässigen. Zudem untersuchen wir, wo Exzellenzen in kleinen und mittleren Universitäten machbar sind, und wollen diese fördern. Die Arbeiten sollen stärker mit Marketing-Aktivitäten gekoppelt werden.“ Besonderen Wert wolle man aber auch darauf legen, in der Jugend wertvolle Köpfe zu finden, die führen, kommunizieren wollen.

Rolf Kickuth



Der Jahrgang 2006 ist komplett.

CLB-Einbanddecken 2005 sind noch verfügbar.

CLB-Einbanddecken 2006 können jetzt bestellt werden.

Jede Einbanddecke kostet 11,80 Euro (+MWSt. und Versand).

Richten Sie Ihre Bestellung per e-Mail an service@clb.de oder per Fax an die Faxnummer 06223 9707 41.

Zufuhr von Histamin in Taufliegen-Auge aufgeklärt Schnell sehen mit Botenstoff-Recycling

Die ununterbrochene Ausschüttung des Botenstoffs Histamin im Facettenauge ermöglicht der Taufliege (*Drosophila melanogaster*) die blitzschnelle Wahrnehmung auch geringer Veränderungen der Lichtintensität. Wie es die Fliegen schaffen, die notwendige Zufuhr von Histamin ohne eine „kostspielige“ Neubildung aufrecht zu erhalten, ist jetzt aufgeklärt.

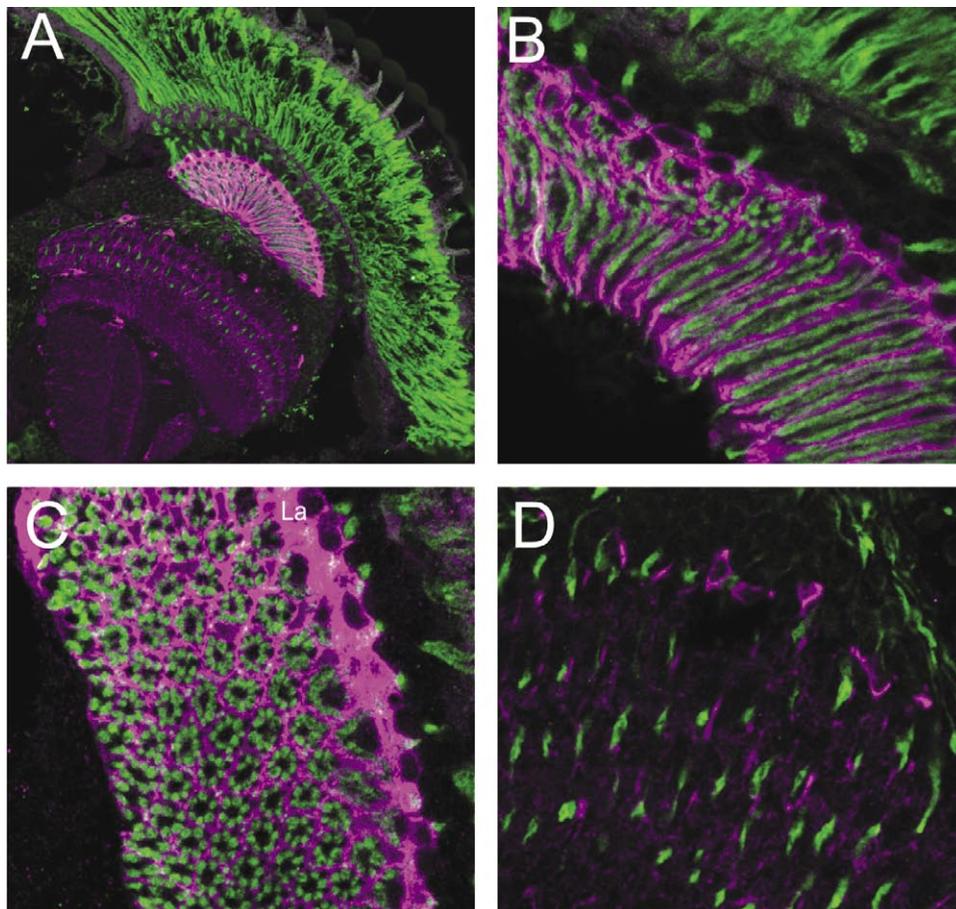
Biochemiker der Ruhr-Universität um Prof. Dr. Bernhard Hovemann (AG Molekulare Zellbiochemie) konnten gemeinsam mit einem internationalen Forscherteam nachweisen, dass das Enzym Tan direkt vor Ort in den

Photorezeptorzellen des Auges den nach Signaltransfer inaktivierten Botenstoff Histamin recycelt. Darüber berichten sie im *Journal of Comparative Neurology*.

Die beiden Enzyme Tan und Ebony, das die Bochumer Forscher im Jahr 2003 erstmals charakterisiert haben, sind bei der Taufliege in verschiedenen Rollen aktiv. Sie spielen sowohl bei der Bildung der Kutikula der Fliegen mit – Tan reguliert hier die Konzentration des Dopamins, das später in den Farbstoff Melanin umgewandelt wird, weswegen Mutanten, denen Tan fehlt, heller aussehen als ihre Artgenossen – als auch bei der Signalübertragung des Sehsystems.

Im Facettenauge mit seinen ca. 800 Einzelaugen (Ommatidien) wird der Botenstoff Histamin unentwegt ausgeschüttet. Wie alle Neurotransmitter ist auch Histamin nur kurzzeitig aktiv: Das Enzym Ebony inaktiviert Histamin durch Umwandlung in Beta-Alanyl-Histamin. Diese Inaktivierung geschieht in den Gliazellen, die den Photorezeptorzellen im Fliegenauge benachbart sind. Aufgabe des Enzyms Tan ist es dann, das Anhängsel Beta-Alanin wieder abzuspalten und so den Neurotransmitter Histamin zu reaktivieren. Die Forscher konnten jetzt zeigen, dass der Recyclingprozess durch Tan direkt in den Photorezeptorzellen geschieht, wo Histamin dann erneut zur Ausschüttung zur Verfügung steht.

Tan tritt ausschließlich in den acht neuronalen Photorezeptorzellen, das heißt getrennt, aber direkt benachbart zum Gegenspieler Ebony (Bild A (Titelbild)). Die direkte räumliche Nähe von Tan und Ebony zeigt sich in den Lamina Cartridges, in denen jeweils drei Gliazellen die Fortsätze (Axone) der Photorezeptorzellen 1 bis 6 umhüllen. Ebony wird hier ausschließlich in Gliazellen exprimiert (Bild B und C), während Tan nur in den neuronalen Photorezeptorzellen auftritt. Dieselbe Aufteilung fanden die Forscher in der Medulla, neben der Lamina das zweite optische Verschaltungszentrum, wo in der Aufnahme die axonalen Endigungen der Photorezeptorzellen 7 und 8 mit Tan-Signalen Seite an Seite mit den Ebony-Signalen der Gliazellen auftreten (Bild D; Abb.: Uni Bochum/Hovemann).



Die Arbeitsplätze der Enzyme

„Die zelluläre und subzelluläre Lokalisierung des Tan-Enzyms ist entscheidend für das Verständnis des Wegs, den der notwendige Histamin-Recycling-Prozess im Auge einschlägt“, erklärt Prof. Hovemann die Bedeutung der Ergebnisse. „Mit der Klärung dieser Frage konnten wir das Verständnis des Transmitter-Kreislaufs einen entscheidenden Schritt voran bringen.“

Der Aufbau von Tan, d.h. die Abfolge der Aminosäuren, zeigt überraschenderweise eine enge Verwandtschaft mit einem Enzym der Penicillin-Synthese (Isopenicillin-N N-Acyltransferase (IAT) aus *Penicillium chrysogenum*) aus der Familie der Cystein Peptidasen. Das Wissenschaftler-Team fand heraus, dass sich Tan wie IAT erst durch eine „Selbstspaltung“ (autoproteolytischer Schritt) aktivieren muss. Da IAT verschiedene Reaktionen katalysieren kann, können sie zusätzliche Aktivitäten von Tan im Insektenauge noch nicht ausschließen.

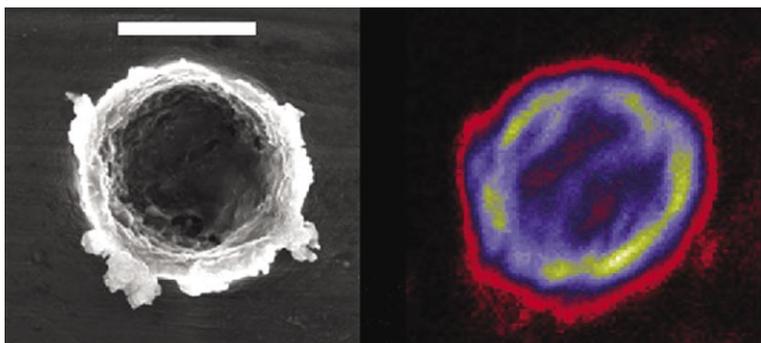
Stefanie Wagner, Christiane Hesinde, Kamila Szlachta, John R. True, Heino Prinz sowie Bernhard T. Hovemann berichten detailliert über die Arbeiten in der Online-Ausgabe vom *Journal of Comparative Neurology*, die am 8. Dezember erschien.

Raumsonde Stardust holt Kometenstaub Heißer Stoff aus kalter Gegend

Die 1999 gestartete Raumsonde „Stardust“ ist nach einer Reise über mehr als vier Milliarden Kilometer durch unser Sonnensystem im Januar dieses Jahres auf die Erde zurückgekehrt. Ziel der Mission war der Komet Wild 2, wobei Hunderttausende von Staubpartikeln eingesammelt werden konnten. Vorläufige Untersuchungen zeigen, dass die Bildung unseres Sonnensystems vor etwa 4,6 Milliarden Jahren mit einer großskaligen Mischung von Materie einherging: Obwohl der Komet in den äußeren kalten Zonen des Sonnensystems entstanden ist, enthält er auch Hochtemperatur-Mineralen, die sich in den inneren heißen Gebieten des solaren Nebels gebildet haben.

Ein aus annähernd 200 Wissenschaftlern bestehendes internationales Expertenteam, unter ihnen auch Peter Hoppe, Philipp Heck und Joachim Huth vom Mainzer Max-Planck-Institut für Chemie, hat in einer ersten Phase dieses NASA-Projekts ausgewählte Proben des Kometenstaubs untersucht. Das Expertenteam bestand aus sechs Gruppen, die sich den Bereichen Mineralogie/Petrographie, Isotopenzusammensetzung, chemische Zusammensetzung, organische Materie, Einschlagskrater und optische Eigenschaften gewidmet haben.

Einschlagskrater in einer Aluminiumfolie, links: Rasterelektronenmikroskopbild (Balkenlänge ein tausendstel Millimeter); rechts: Verteilung des Kometenmaterials in einem Silizium-Isotopenbild. Das einschlagende Kometenpartikel hatte eine Größe von etwa 300 Millionstel Millimetern (Bild: Max-Planck-Institut für Chemie).



Aufgefangen wurde der Kometenstaub mithilfe zweier verschiedener Targets: Aerogel, einem Material mit sehr geringer Dichte, und Aluminiumfolie. Insgesamt konnte auf diese Weise etwa ein Milligramm der kostbaren kosmischen Materie zur Erde gebracht werden. Wie die Untersuchungen zeigen, besteht das Kometenmaterial aus einer Mischung von Mineralen, die im solaren Nebel entstanden sind, organischer Materie, die vermutlich zumindest teilweise interstellaren Ursprungs ist, sowie Sternenstaub. Erstaunlicherweise machen die im Sonnensystem entstandenen Minerale den weitaus größten Teil des Kometenmaterials aus, Sternenstaub kommt dagegen vergleichsweise selten vor. „Es überrascht uns schon“, sagt Peter Hoppe, „dass der Anteil des Sternenstaubs nicht höher zu sein scheint als in primitiven Meteoriten oder interplanetaren Staubeilchen.“

Einige der untersuchten Minerale zeigen Anreicherungen im Sauerstoff-Isotop mit der Masse 16 – eine Signatur, wie man sie auch in Kalzium-Aluminium-reichen Einschlüssen in Meteoriten findet. Diese Hochtemperatur-Einschlüsse repräsentieren die frühesten Kondensate im Sonnensystem und sind in den inneren heißen Zonen des solaren Nebels entstanden. Weil nun überraschenderwei-

Proteine, Gene und Hormone

Ustilago maydis, der Maisbeulenbrandpilz, verursacht weltweit tumorartige Wucherungen an Maispflanzen. Eine internationale Arbeitsgruppe unter Beteiligung des Instituts für Bioinformatik (IBI) am GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit konnte Details zum Infektionsmechanismus des Pilzes aufklären, nachdem sein Genom entschlüsselt worden war. Es besteht aus 20,5 Megabasen und enthält etwa 6900 Protein-codierende Gene.

Die Genomsequenzen zweier Holzpilzarten, *Pleurotus ostreatus* und *Heterobasidion annosum*, werden von Forstwissenschaftlern der Universität Göttingen in Zusammenarbeit mit dem Joint Genome Institute in Kalifornien (USA) analysiert. Beide Pilze wachsen auf Holz und bauen dabei mittels Enzymen Holz ab. Dadurch richten sie in den Wäldern weltweit wirtschaftliche Schäden in Millionenhöhe an. Neben den Abbauprozessen interessieren sich die Forscher auch für Anwendungspotentiale in der biotechnologischen Forst- und Holzwirtschaft.

se solche Minerale auch in einem Kometen vorkommen, der sich in den äußersten Zonen des Sonnensystems gebildet hat, schließen die Forscher, dass festes Material über große, radiale Distanzen hinweg im frühen Sonnensystem gemischt wurde. „Wir haben Feuer und Eis gefunden“, so umschreibt der leitende Wissenschaftler der Stardust-Mission, Donald Brownlee von der Universität Washington in Seattle, das Vorkommen von Hochtemperatur-Mineralen in den kältesten Regionen unseres Sonnensystems.

Die Mainzer Forscher konnten mit ihrer NanoSIMS-Ionenmikrosonde und ihrem hochauflösenden Elektronenmikroskop maßgeblich zum Erfolg dieser ersten Untersuchungen beitragen. Sie bestimmten an einer Vielzahl von Einschlagskratern in der Aluminiumfolie (Abbildung) sowie an Partikeln, die aus dem Aerogel extrahiert wurden, sowohl die chemische Zusammensetzung als auch die Isotopenzusammensetzungen von Kohlenstoff, Stickstoff und Sauerstoff. Letztere geben Aufschluss über die Herkunft des Kometenmaterials und liefern somit einen wichtigen Mosaikstein zum Verständnis der Entstehungsgeschichte des Kometen Wild 2.

CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

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

Preis je Buch: 24,50 Euro incl. MWSt. und Versand.

Alles Repetito – oder was???

Maren Bulmahn • Rolf Kickuth

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

ISBN 3-9810449-0-8



9 783981 044904

Bulmahn
Kickuth

Alles Repetito – oder was???

Rubikon

Alles Repetito – oder was???

fragt der Bachelor die Laborantin



Maren Bulmahn • Rolf Kickuth

Abo-Bestellcoupon

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

Datum / 1. Unterschrift

Name / Vorname

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

Straße / Postfach

Land / PLZ / Ort

Datum / 2. Unterschrift

Telefon oder e-Mail

FAX-Hotline: 06223-9707-41

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

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

Leibniz-Preisträger 2007

129 Vorschläge – Zehn Gewinner

Die Preisträger 2007 im **Gottfried Wilhelm Leibniz-Programm der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG)** stehen fest. Aus 129 Vorschlägen wurden zwei Wissenschaftlerinnen und acht Wissenschaftler für die Auszeichnung mit dem höchstdotierten deutschen Förderpreis ausgewählt.

Sie erhalten erstmals eine Fördersumme von bis zu 2,5 Millionen Euro (vormals: 1,55 Millionen Euro) und können diese Mittel in einem Zeitraum von bis zu sieben Jahren (vormals: fünf Jahre) flexibel für ihre Forschungsarbeiten einsetzen.

Prof. Dr. Peter Gumbsch (44), Werkstoffwissenschaften, Institut für Zuverlässigkeit von Bauteilen und Systemen (IZBS) der Universität Karlsruhe (TH) und Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM), Freiburg i. Br. und Halle/Saale. Peter Gumbsch arbeitet auf dem Grenzgebiet zwischen Physik und Ingenieurwissenschaften im Bereich der Werkstoffwissenschaften, insbesondere auf dem Feld der Werkstoffmechanik. Neben der Verformung von dünnen Schichten beschäftigte er sich besonders mit der Dynamik von Verformungsprozessen und der die Verformung tragenden Versetzungen, also Unregelmäßigkeiten in der Gitterstruktur eines festen Werkstoffes, bei hohen Geschwindigkeiten. In ähnlicher Weise hat sich Peter Gumbsch mit den Elementarmechanismen des Bruchs auseinandergesetzt. Hier hat er mit atomistischen Untersuchungen und den ersten ernsthaften quantenmechanischen Berechnungen zum Sprödbruchverhalten das bislang in sämtlichen Lehrbüchern dargestellte thermodynamische Bild um wesentliche Aspekte des Brechens atomarer Bindungen erweitert. Er ist maßgeblich beteiligt an der Entwicklung des aktuellen Gebiets der Multiskalen-Material-

Modellierung, mit der Werkstoffe Skalen übergreifend beschrieben werden können.

Prof. Dr. Jens Claus Brüning (40), Endokrinologie, Institut für Genetik der Universität zu Köln. Jens Claus Brüning beschäftigt sich mit der Molekularen Diabetesforschung. So konnte er zeigen, wie der Insulinrezeptor an der Kontrolle des Körpergewichts und an der Entstehung einer Fettstoffwechselstörung beteiligt ist. Zugleich konnte er klären, warum bei Übergewicht zu wenig Insulin aus den endokrinen Zellen der Bauchspeicheldrüse freigesetzt wird. Darüber hinaus ist es Brüning gelungen, Nervenzellpopulationen im Hypothalamus zu identifizieren und zu charakterisieren, welche die Nahrungsaufnahme regulieren. Das entscheidende Steuerungssignal ist das Insulin, das den Energiestatus des Körpers vom Gehirn aus regelt.

Prof. Dr. Magdalena Götz (44), Neurowissenschaft, GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Institut für Stammzellforschung, Neuherberg, und Institut für Physiologie der Ludwig-Maximilians-Universität München. Magdalena Götz befasst sich mit der Erforschung der molekularen Grundlagen der Gehirnentwicklung, besonders der Großhirnrinde. Ihre Entdeckung, dass Gliazellen des Gehirns als Stammzellen fungieren und Nervenzellen aus Gliazellen hervorgehen können, führte in der Neurowissenschaft zu einem Paradigmenwechsel. Ihre Arbeiten sind wegweisend für die Versuche, die zielgerichtete Differenzierung von Stammzellen zu lenken und damit eines der zentralen Probleme der angewandten Stammzellforschung zu lösen.

Prof. Dr. Detlef Weigel (44), Pflanzliche Entwicklungsbiologie, Max-Planck-Institut für Entwicklungsbiologie, Tübingen. Detlef Weigel reduzierte durch die Ex-

pression des Blüten-Identitätsgens LEAFY in Pappelpflänzchen den Blühzeitpunkt dieses Baumes, der normalerweise mehr als acht Jahre beträgt, auf wenige Monate. Dies ist besonders im Hinblick auf die Beschleunigung von markergestützten Züchtungsprogrammen von Bedeutung, bei denen sich durch Vorverlegung des Blühzeitpunktes ein erheblicher Zeitgewinn erzielen lässt.

Prof. Dr. Falko Langenhorst (42), Mineralogie und Petrologie, Institut für Geowissenschaften der Universität Jena. Falko Langenhorst beschäftigt sich mit „Impakten“: Einschlägen von Himmelskörpern auf der Erde beziehungsweise auf anderen Planeten oder Monden, welche die Entwicklung der Erde und des Sonnensystems entscheidend beeinflusst haben. Er entdeckte Hochdruckminerale im Marsmeteoriten Zagami, der seinerseits durch Meteoriteneinschläge aus der Oberfläche des Mars herausgebrochen und auf die Erde geschleudert worden war. Besondere internationale Beachtung fanden ferner seine Untersuchungen zur Kristallchemie von Perowskit, einem Hauptbestandteil des unteren Erdmantels.

Prof. Dr. Guinevere Kauffmann (37), Astrophysik, Max-Planck-Institut für Astrophysik, Garching. Guinevere Kauffmann untersucht die Entwicklung von Galaxien unter Verwendung von umfangreichen Beobachtungen des Sternenhimmels. Sie zeigte, wie Strukturen dunkler Materie als Skelett benutzt werden können, um ein Entwicklungsmodell für die gesamte Galaxienpopulation zu konstruieren, und belegte, wie dieses Entwicklungsmodell in Computersimulationen der kosmischen Strukturentstehung eingebunden werden kann.

Prof. Dr. Patrick Bruno (42), Theoretische Festkörperphysik, Max-Planck-Institut für Mikro-

strukturphysik, Halle/Saale. Patrick Bruno bearbeitet die Theorie des Magnetismus in reduzierter Dimension und in Nanostrukturen. Er analysierte verschiedene magnetische Effekte in der Quantenmechanik. Dabei arbeitete er oft neue Aspekte der Standardtheorien heraus. .

Prof. Dr. Gerald Haug (38), Paläoklimaforschung, Department Geodynamik, GeoForschungsZentrum (GFZ) Potsdam und Institut für Geowissenschaften der Universität Potsdam. Gerald Haug erforscht die Entwicklung des Klimas während der letzten Jahrtausende bis

Jahrtausenden. Anhand von Meeres- und Seesedimenten rekonstruierte er klimatische Veränderungen in der jüngeren Erdgeschichte mittels innovativer Methoden in zahlreichen Schlüsselregionen unseres Planeten.

Prof. Dr. Bernhard Jussen (47), Mittelalterliche Geschichte, Fakultät für Geschichtswissenschaft, Philosophie und Theologie der Universität Bielefeld. In interdisziplinär angelegten Projekten beleuchtete Jussen die Zusammenhänge von Macht und Ordnung, Sinnstiftung und „Zeitgeist“ vor allem auch als semantisches Problem.

Prof. Dr. Oliver Primavesi (45), Klassische Philologie, Institut für Klassische Philologie der Ludwig-Maximilians-Universität München. Der Gräzist gab gemeinsam mit Alain Martin das Straßburger Empedokles-Papyrus heraus: eine Edition, die erstmals den Text eines vorplatonischen Philosophen in Originalfragmenten greifbar macht.

Die Verleihung der Preise durch den neuen Präsidenten der DFG, Professor Matthias Kleiner, findet am 13. März 2007 in der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften in Berlin statt.

Ende des HBFG – Föderalismusreform erfordert neues Förderprogramm Großgeräte: 50 Prozent von der DFG

Ab 1. Januar 2007 wird die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) in einem neuen Programm Elektronenmikroskope, Massenspektrometer und andere Großgeräte für die Forschung fördern.

Hierfür stellt der Bund der DFG jährlich 85 Millionen Euro zur Verfügung, die zur hälftigen Förderung bewilligter Anträge genutzt werden sollen. Die restlichen 50 Prozent der notwendigen Förderung müssen von demjenigen Bundesland zugesteuert werden, dessen Universität die Förderung erhält. Dies hat die Ministerpräsidentenkonferenz am 13. Dezember bei ihrer Sitzung in Berlin beschlossen.

Das neue Förderprogramm war nötig geworden, weil durch die Föderalismusreform das Hochschulbauförderungsgesetz (HBFG), das bisher die Förderung von Großgeräten regelte, außer Kraft gesetzt wurde.

Voraussetzung für die Förderung durch die DFG ist, dass das beantragte Großgerät zum Zweck der Forschung beschafft und genutzt wird. Es gilt für Geräte, deren Anschaffungskosten 100 000 Euro (Fachhochschulen) beziehungsweise 200 000 Euro (Hochschulen) übersteigen. Als oberste Bemessungsgrenze sind fünf Millionen Euro vorgesehen. Wie bisher wird die DFG entsprechende Anträge durch unabhängige externe Gutachter prüfen lassen. Nach einem darauf aufbauenden Votum des

Apparatausschusses beziehungsweise der Kommission für Rechenanlagen wird der Hauptausschuss der DFG die Förderentscheidung treffen.

Bei Geräten mit Anschaffungskosten über fünf Millionen Euro sowie bei Großgeräten, die vom Bund im Zuge von Forschungsbauten mitfinanziert werden, soll die DFG wie bisher die Begutachtung übernehmen.

Mit der Föderalismusreform endet auch die 37-jährige Erfolgsgeschichte des HBFG, bei dem die DFG für die Begutachtung und Evaluation von Großgeräten verantwortlich zeichnete. Hierbei wurden seit 1969 insgesamt 29 200 Anmeldungen mit einem Gesamtvolumen von 9,5 Milliarden Euro positiv entschieden, darunter 10 100 Rechenanlagen (3,8 Milliarden Euro) und 2800 Geräte zur Röntgendiagnostik, Computertomografen oder MR-Tomographie-Systeme (1,8 Milliarden Euro). Herausragende Highlights waren unter anderem eine Schwerionentherapieanlage für die Universität Heidelberg (46 Millionen Euro) sowie ein Höchstleistungsrechner für das Leibniz-Rechenzentrum in München (38 Millionen Euro).

Trendbarometer Förderungen

- Der **Niedersächsische Minister für Wissenschaft und Kultur** Lutz Stratmann hat der Universitätsmedizin Göttingen jetzt 175 000 Euro für die Erforschung der Langzeitfolgen von **Borrelioseerkrankungen** nach Zeckenbissen zur Verfügung gestellt.
- Die **VolkswagenStiftung** bewilligt rund 2,4 Millionen Euro für vier neue Vorhaben in ihrer Förderinitiative „Innovative Methoden zur Herstellung **funktionaler Oberflächen**“.
- Der jetzt für zunächst vier Jahre von der **DFG** genehmigte SFB 716 mit dem Titel „**Dynamische Simulation von Systemen mit großen Teilchenzahlen**“ startet im Januar. Insgesamt soll der SFB über zwölf Jahre laufen und mit einer Summe von etwa 15 Millionen Euro gefördert werden.
- Ein neues Forschungs-Großgerät zur Herstellung feinsten Nanostrukturen und von elektronenmikroskopischen Präparaten mit atomarer Präzision ist im Zentrum für Nanotechnologie (CeNTech) an der Uni Münster in Betrieb genommen worden. Das „**Focussed Ion Beam-System**“ (FIB) im Wert von über einer Million Euro ist eine Kombination eines feinen Ionenstrahls und hoch auflösender Rasterelektronenmikroskopie.

Namensgeber von SI-Einheiten (Teil 12)

Georg Simon Ohm (1789-1854)

Georg Simon Ohm (Abbildung 1) wurde am 16. März 1789 in Erlangen als Sohn eines Universitätschlossers geboren. Mit 11 Jahren trat er im Juni 1800 in das Gymnasium ein. Nach Bestehen der Abschlussprüfung am 22. April 1805 studierte er an der Universität in Erlangen Physik, Mathematik und Philosophie.

Im Jahr 1806 gab er aus finanziellen Gründen sein Studium auf und reiste in die Schweiz, wo er zunächst an der Privatschule eines Pfarrers in Gottstadt im Kanton Bern Mathematik-Unterricht gab. 1809 verließ er diese Schule und ging als Privatlehrer nach Neuenburg, dem heutigen Neuchâtel in der Westschweiz.

Zwei Jahre später kehrte Ohm nach Erlangen zurück, nahm sein Studium wieder auf und legte Ende des Jahres 1811 an der Philosophischen Fakultät der Universität seiner Vaterstadt die Doktorprüfung ab. Anschließend war er Privatdozent, bis er eine besser bezahlte Stelle als Lehrer an der Realschule in Bamberg bekam.

Im Spätherbst 1817 wechselte Georg Simon Ohm zum Gymnasium nach Köln, das mit physikalischen Einrichtungen gut ausgestattet war, so dass er seiner Freude am physikalischen Experimentieren nachgehen konnte. Er wandte sich zunächst vor allem der Erforschung der damals noch geheimnisvollen galvanischen Ströme zu. Ohm untersuchte mit primitiven Mitteln, wie die Stromstärke bei verschiedenen Metallen von der Drahtlänge abhängig ist. Als Maß für die Stromstärke galt die Ablenkung einer Kompassnadel, die sich in der Nähe des stromdurchflossenen Leiters befand. Eindeutige Erkenntnisse konnten nur schwer gewonnen werden, da die Klemmenspannung der verwendeten galvanischen Elemente nicht konstant, sondern vom Belastungsstrom abhängig war. Deshalb

verwendete Ohm bei späteren Versuchen auch Thermoelemente als Spannungsquellen, die zu eindeutigen Ergebnissen führten.

Im Jahre 1825 veröffentlichte Georg Simon Ohm in einem Jahrbuch der Physik und Chemie die ersten Ergebnisse seiner Arbeit unter dem Titel „Vorläufig Anzeige des Gesetzes, nach welchem Metalle die Kontaktelektrizität leiten“. Im Jahre 1826, nachdem Georg Simon Ohm seine ersten Erkenntnisse formuliert und veröffentlicht hatte, richtete er ein Gesuch um einen einjährigen Studienaufenthalt in Berlin an die zuständige Behörde, das auch bewilligt wurde. In Berlin konnte Ohm bei seinem Bruder wohnen, der Professor an der Universität war. Da ihm nun vielfältige Möglichkeiten zur Fortsetzung seiner Studien zur Verfügung standen, zeigten sich bald die Früchte seiner Forschungen.

Im Mai 1827 erschien seine weitere Schrift „Die galvanische Kette mathematisch bearbeitet“, die eindeutig das beinhaltet, was in der ganzen Welt als Ohmsches Gesetz bekannt wurde. Georg Simon Ohm formulierte damals seine Erkenntnisse etwa folgendermaßen: Die Stärke des elektrischen Stromes ist in einem geschlossenen Stromkreis bei konstanter Temperatur proportional der Spannung und umgekehrt proportional der „reduzierten Länge“. Unter der „reduzierten Länge“ verstand er den elektrischen Widerstand, ohne diesen Begriff zu verwenden (Abbildung 2). Er hatte auch erkannt,



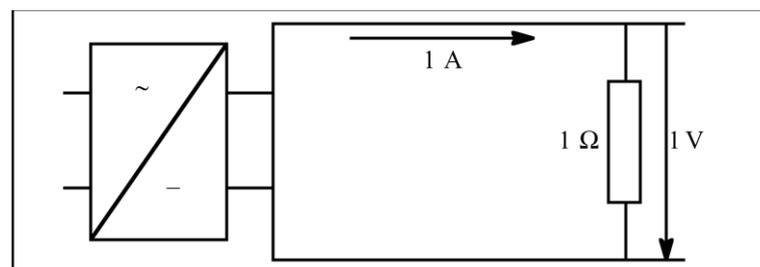
Abbildung 1: Georg Simon Ohm (1789 - 1854).

dass diese „reduzierte Länge“ proportional der Leitungslänge und umgekehrt proportional dem Leitungsquerschnitt und der materialabhängigen Leitungsgüte ist.

Ohm wandte sich danach an den König von Bayern mit der Bitte um eine Anstellung an der Akademie oder Universität in München. Daraufhin ernannte ihn Ludwig I. am 3. Juli 1833 in einem Dekret endlich zum Professor für Physik, aber nicht in München, sondern an der Polytechnischen Schule in Nürnberg.

Nachdem sich der Ruf von Georg Simon Ohm als Gelehrter langsam durchgesetzt hatte, folgten für ihn die Jahre der Ehrungen. Im Jahre 1839 wurde er korrespondierendes Mitglied der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften in Berlin. 1841 wurde Ohm durch die Royal Society in London mit der Copley-Medaille geehrt, die dem heuti-

Abbildung 2: Festlegung der SI-Einheit des elektrischen Widerstands



Ohm

Ohm (Ω) ist die abgeleitete SI-Einheit des elektrischen Widerstandes.

Definition des Ohm (Ω)

1 Ohm ist der elektrische Widerstand zwischen zwei Punkten eines fadenförmigen, gleichmäßig temperierten, homogenen Leiters, durch den bei der elektrischen Spannung 1 V zwischen den beiden Punkten ein zeitlich unveränderlicher elektrischer Strom der Stärke 1 Ampere fließt (Abbildung 2).

$$1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}} = 1 \frac{\text{Nm}}{\text{A}^2 \text{ s}} = 1 \frac{\text{kg m}^2}{\text{A}^2 \text{ s}^3}$$

Damit ist die Einheit des elektrischen Widerstandes eine von den Einheiten Volt (V) und Ampere (A) abgeleitete Einheit des Internationalen Einheitensystems, wobei die Einheit Ampere (A) eine Basiseinheit ist und die Einheit Volt (V) bereits eine von den Einheiten Ampere (A), Kilogramm (kg), Meter (m) und Sekunde (s) mehrfach abgeleitete Einheit darstellt.

gen Nobelpreis entspricht. Außerdem wurde er im gleichen Jahr noch korrespondierendes Mitglied der Physikomathematischen Klasse der Königlichen Akademie der Wissenschaften in Turin.

Nach all diesen ausländischen Auszeichnungen wollte man in seinem Vaterland auch nicht länger nachstehen. Am 1.

Oktober 1845 ernannte ihn die Mathematisch-Physikalische Klasse der Königlichen Bayerischen Akademie der Wissenschaften zum ordentlichen Mitglied. Von Maximilian II. wurde er am 23. November 1849 außerdem zum zweiten Konservator der Mathematisch-Physikalischen Staatssammlung bei der Bayerischen Akademie berufen.

Und endlich wurde Georg Simon Ohm mit 63 Jahren am 1. Oktober 1852 zum ordentlichen Professor für Mathematik und Physik an die Universität in München berufen.

Hier wirkte Ohm noch einige Jahre, bis ein Schlaganfall sein erfülltes, wenn auch nicht leichtes Leben beendete. Georg Simon Ohm starb am 6. Juli 1854 im 66. Lebensjahr in München.

Namensgeber von SI-Einheiten (Teil 13)

Blaise Pascal (1623-1662)

Blaise Pascal (Abbildung 1) wurde am 19. Juni 1623 in Clermont als Sohn des bekannten Mathematikers Etienne Pascal geboren. Von Klein auf bestach er durch sein mathematisches Talent. Als Zwölfjähriger stellte er ein eigenes geometrisches System auf, das auf

Euklid zurückging, und mit sechzehn Jahren verfasste er eine Studie über Kegelschnitte.

Er studierte sehr gründlich Mathematik, Physik und Philosophie. In der Arbeit „Abhandlungen über das arithmetische Dreieck“ sprach er einige grundlegende Thesen der Wahrscheinlichkeitstheorie und Kombinatorik aus; in der Arithmetik ist das Pascalsche Dreieck (Abbildung 2) heute wohlbekannt.

Weiterhin ermittelte er die Teilbarkeitsregeln und wurde zum Vorgänger von Newton und Leibniz auf dem Gebiet der Differential- und Integralrechnung.

Als neunzehnjähriger junger Mann konstruierte er eine Rechenmaschine, die im Wesentlichen für Additionen bestimmt war. Er verbesserte die Maschine ständig und fertigte davon insgesamt über fünfzig Exemplare an. Die heutigen Rechenmaschinen arbeiten nach dem gleichen Prinzip. Wegen dieser

Leistung heißt eine der modernen Programmiersprachen „Pascal“.

Als Pascal von Torricellis Versuch und der Entdeckung des atmosphärischen Drucks hörte, begann er hartnäckig, weitere überzeugende Versuche für die Beweisführung von Torricellis Entdeckung zu ersinnen. Zu diesem Zweck fertigte er sich zwei Glasröhren, die sinnvoll so miteinander verbunden waren, dass er mithilfe der einen die Luft über dem Quecksilberspiegel in der anderen Röhre herauspumpen konnte.

Mithilfe dieser Versuchsanordnung gelang es ihm nach einigen weiteren Veränderungen, die Existenz des Luftdrucks und die Abhängigkeit der Höhe der Quecksilbersäule im Röhrchen vom Luftdruck überzeugend nachzuweisen und zu demonstrieren.

Um die Abhängigkeit der Höhe der Quecksilbersäule von der Höhe der Messstelle über dem Mee-



Abbildung 1:
Blaise Pascal
(1623–1662).

resspiegel, wie das von Torricelli behauptet wurde, experimentell nachweisen zu können, forderte er im Jahre 1648 seinen Schwager Périer auf, Messungen am Fuße und auf dem Gipfel des Berges Puy de Dôme vorzunehmen.

Die Höhendifferenz von etwa 1000 Meter wirkte sich tatsächlich dahingehend aus, dass die Quecksilbersäule im Röhrchen auf der Bergspitze 8 cm kürzer war.

Pascal kam als erster auf den Gedanken, mithilfe eines Barometers die Höhendifferenz zweier Orte zu messen und machte darauf aufmerksam, dass die Längenänderungen der Quecksilbersäule eines Barometers auch von der Luftfeuchtigkeit und -temperatur abhängig sind und daher auch der Wettervorhersage dienen können. Die Ergebnisse der Untersuchungen des atmosphärischen Druckes fasste er 1653 in der Arbeit „Abhandlungen über den Luftdruck“ zusammen.

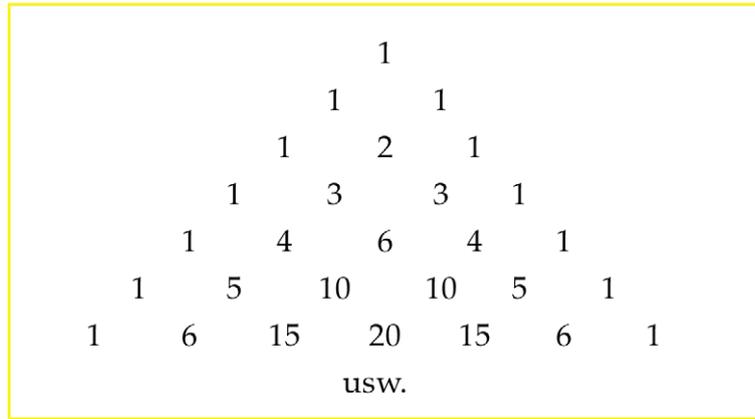


Abbildung 2: Pascalsches Dreieck.

Die Anordnung der Zahlen hat folgende Eigenschaften:

1. Jede Zahl ist gleich der Summe der unmittelbar links und recht darüber stehenden Zahlen; z. B. $10 = 4 + 6$.
2. Jede Zahl ist gleich der Summe aller Zahlen der linken oder rechten Schrägseite, beginnend mit der links oder rechts über ihr stehenden Zahl; z. B. $15 = 5 + 4 + 3 + 3$ oder $15 = 10 + 4 + 1$
3. In jeder Zeile stehen die sog. Binomial-Koeffizienten, die man erhält, wenn man den Binomial-Ausdruck $(a + b)$ (mit ganzzahligem n) anmultipliziert; z. B. $(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$ oder $(a + b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3$.

Pascal

Pascal (Pa) ist die abgeleitete SI-Einheit des Drucks und der mechanischen Spannung. Sie wurde zu Ehren des französischen Mathematikers, Physikers und Philosophen Blaise Pascal benannt.

Definition des Pascal (Pa)

Wirkt senkrecht auf die Fläche A eine flächenhaft verteilte Kraft (siehe unten), so nennen wir den Quotienten aus dem Betrag F der Kraft und der Fläche A den Druck p .

$$\text{Druck} = \frac{\text{Kraft}}{\text{Fläche, auf welche die Kraft senkrecht wirkt}}$$

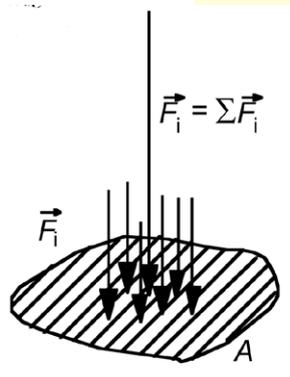
$$p = \frac{F}{A}$$

Der Druck ist ein Skalar.
Hiermit ergibt sich die Druckeinheit

$$1 \text{ Pascal} = 1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Häufig benutzt man auch die Einheit

$$1 \text{ bar} = 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 10^5 \text{ Pa}$$



Zur Definition des Druckes

Sie wurde erst nach seinem Tode im Jahre 1663 gedruckt.

Nicht weniger bedeutungsvoll sind Pascals Arbeiten auf dem Gebiet der Hydrostatik. In der Arbeit „Abhandlung über das Gleichgewicht der Flüssigkeiten“ formulierte er das Grundgesetz der Hydrostatik, das später das Pascalsche Gesetz genannt wurde. Er berechnete die Größe des hydrostatischen Druckes, beschrieb das hydrostatische Paradoxon, das Gesetz der kommunizierenden Gefäße und das Prinzip einer hydraulischen Presse.

Pascal befasste sich auch mit philosophischen Fragen, wobei er zwar den Fortschritt der Wissenschaft als Ziel der menschlichen Existenz sah, nur schwankte er in seinen Anschauungen zwischen Rationalismus und Skeptizismus, der ihn zur Ansicht führte, dass der Glauben über dem Verstand steht.

Von 1653 an gab sich Pascal theologisch-philosophischen Betrachtungen hin und trat drei Jahre später in ein Kloster ein. Er starb, erst neununddreißigjährig, am 19. August 1662 in Paris.

Potentiometrische Titration mit Thermoprobe

Die thermometrische Titration ist eine vielseitig anwendbare Bestimmungsmethode und eine ideale Ergänzung zur potentiometrischen Titration. Im Prinzip eignet sie sich für jede Reaktion, die eine ausreichend grosse Temperaturveränderung in der Probenlösung bewirkt. Besonders geeignet ist sie für Applikationen,

- für die kein geeigneter potentiometrischer Sensor zur Verfügung steht,
- für die keine geeignete Bezugselektrode vorhanden ist,
- bei denen die Probe die Indikator-elektrode beeinträchtigt oder diese sogar zerstört,
- bei denen kein für die Potentiometrie geeignetes Lösungsmittel verfügbar ist.

Der Titrotherm 859 verbindet innovative Sensortechnologie mit dem Titrations-Know-how von Metrohm. Der auf Halbleitertechnologie basierende Temperaturfühler (Thermistor), besitzt eine kurze Ansprechzeit von 0,3 s und eine hohe Auflösung von 10–5 K. Damit ist der Thermoprobe der ideale Sensor für die thermometrische Titration, da er

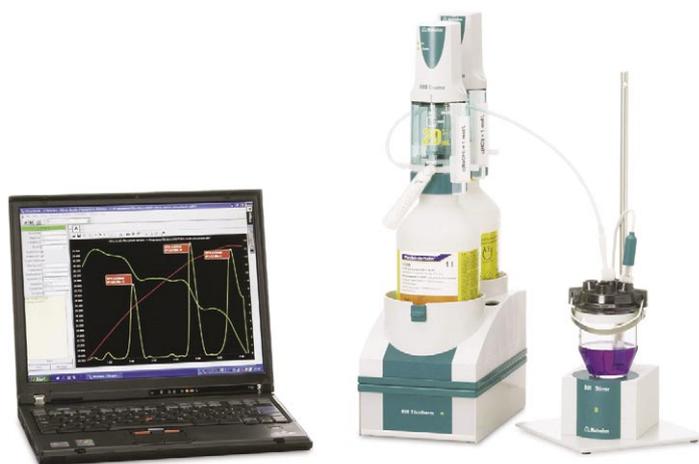
jeder Temperaturveränderung schnell und präzise folgen kann.

Die Dosino-Technologie von Metrohm hat in der volumetrischen Titration einen neuen Standard definiert. Die Dosiereinheit wird mitsamt ihrem Antriebsmotor auf die Reagenzflasche montiert und garantiert so maximale Präzision bei minimalem Platzbedarf.

Die übersichtliche Titrotherm-Software erlaubt die Anpassung der Bild-

schirmansicht an die jeweiligen Methodenparameter und ermöglicht damit den schnellen Zugriff auf wichtige Befehle oder Parameter. Die Endpunkte werden durch die Berechnung der ersten und zweiten Ableitung der Titrationskurve ermittelt; mit zusätzlichen Optimierungsparametern kann die Reproduzierbarkeit noch gesteigert werden.

Deutsche METROHM GmbH & Co. KG



Kombination vom Titration und Ionenchromatographie

TitriC liefert die vollautomatische Trinkwasseranalyse. Alle ionischen Bestandteile werden sicher, schnell und reproduzierbar bestimmt. Die Ausgabe der Ergebnisse erfolgt in einen gemeinsamen Report oder in die integrierte Datenbank.

TitriC arbeitet vollautomatisch. Die Proben werden zum Beispiel mittels Barcodereader eingelesen und auf dem Probenrack platziert. Jetzt über-

nimmt TitriC die Kontrolle und arbeitet unabhängig von Tages- oder Nachtzeit oder sogar während des Wochenendes. Intelligente Steuerung und ausgereifte Technologie garantieren den sicheren Ablauf der Analysen. So können bis zu einhundert Proben ohne manuelles Eingreifen bequem bestimmt werden. Der hohe Automationsgrad reduziert die Kosten und erhöht die Präzision der Messungen.

Anhand definierter Kriterien trifft TitriC logische Entscheidungen und kann zum Beispiel Wasserproben automatisch verdünnen. Die Kalibrierung des Systems erfolgt ebenfalls automatisch.

Besonderes Augenmerk wird auf geringen Platzbedarf gelegt. Die Synergien zwischen Titration, Direktmessung und Ionenchromatographie aus dem Hause Metrohm greifen auch hier: Alle Methoden verwenden dieselben «Liquid Handling»-Einheiten und einen gemeinsamen Probenwechsler. Das hilft Kosten und Platz zu sparen. Eine schnelle Amortisierung ist garantiert.

TitriC lässt sich an die analytische Aufgabe anpassen. Die Applikation bestimmt, welche Parameter von Interesse sind. Entsprechend sind unterschiedliche Methoden und Abläufe frei miteinander kombinierbar.

Die äusserst flexible TitriC-Software ist im Lieferumfang enthalten; sie erlaubt die Durchführung beliebiger Titrations oder Direktmessungen. Auch auf der Seite der Ionenchromatographie wird Flexibilität gross geschrieben: Prinzipiell lässt sich jede Art von Anionen- oder Kationenbestimmung in TitriC integrieren. Deshalb ist TitriC nicht nur das System der Wahl in der Wasseranalytik, sondern eignet sich auch hervorragend für Anwendungen aus den Bereichen Lebensmittelanalytik, Galvanik oder Pharmazie.

Deutsche METROHM GmbH & Co. KG

In den Birken 3

70794 Filderstadt

Telefon: (0711) 7 70 88-0

Telefax: (0711) 7 70 88-55

Email: info@metrohm.de



Bezugsquellenverzeichnis

ANALYSEN

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

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

ARBEITSSCHUTZARTIKEL



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

CHEMIKALIEN



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

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

DEUTERIUMLAMPEN



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



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



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



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

HOHLKATHODENLAMPEN



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

KÜHL- UND TIEFKÜHLGERÄTE



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

KÜVETTEN

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

LABORCHEMIKALIEN



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

LABOREINRICHTUNGEN



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

LABOREINRICHTUNGEN

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

LABORHILFSMITTEL



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

LABOR-SCHLÄUCHE UND -STOPFEN AUS GUMMI

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

LABORZENTRIFUGEN, KÜHLZENTRIFUGEN



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



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

LEITFÄHIGKEITS-MESSGERÄTE



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

MIKROSKOPE



Labor- und Routine-
Mikroskope
Stereolupen und
Stereomikroskope

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

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

MIKROSKOPE

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, Speziallaser, Quarzgläser

PARTIKELANALYSE

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

PH-MESSGERÄTE



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

REINIGUNGSMITTEL FÜR LABORGLAS

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

SAUERSTOFF-MESSGERÄTE



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

STERILISATOREN

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

TEMPERATUR-MESSGERÄTE

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

TEMPERATUR-MESSGERÄTE



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

THERMOMETER

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

VAKUUMKONZENTRATOREN

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

CLB-Geschichte

Fortsetzung von Umschlagseite 2

586

Tierische Duftstoffe: Moschus und Ambra

synthetischen Riechstoffe Exalton und Exaltolid die billigsten technischen Synthesen ausfindig zu machen. Das Problem ist wohl heute als gelöst zu betrachten, jedenfalls sind beide im Handel zu erschwinglichen Preisen erhältlich und ihre Verwendung in der Feinparfümerie hat zu bisher ungeahnten Kompositionen geführt.

Ambra

Ambra ist ein Ausscheidungsprodukt des *Pottwals* und bildet sich im Darm des Tieres als Folge von noch unbekanntem Krankheitszuständen in Form von Konkrementen (Gerinnsel). Diese Ambraklumpen werden entweder vom Menschen aus dem Darm des toten Wales entnommen oder gelangen durch Ausstoßung durch den After oder durch Verwesung des toten Tieres ins Freie, treiben auf dem Meere oder werden an den Strand gespült und dort gesammelt. Ihre Größe schwankt in weiten Grenzen, Klumpen über 25 kg sind sehr selten. Der Kilopreis vor dem 2. Weltkriege schwankte zwischen 3—6000 RM. Über einzelne große Ambrafundstücke liegen abenteuerliche Berichte vor; man kann sich leicht ausrechnen, zu welchem Reichtum die glücklichen Finder solcher Riesenexemplare unerwartet gelangten. Die Klumpen besitzen eine matte, rauhe, pechartig klebrige und tiefschwarze Oberfläche, sie lassen sich mit dem Fingernagel ritzen und sind knet- und schneidbar. Der Geruch erinnert etwas an Moschus mit „erdiger“ Note.

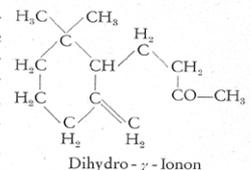
Ambra-Extrakte spielen eine große Rolle in der Parfümerie sowohl wegen des Eigengeruches als ganz besonders wegen seiner geruchfixierenden Eigenschaften. Bis vor kurzem war über die Bestandteile der Ambra sehr wenig bekannt. Man wußte seit langem, daß ein Terpenalkohol, *Ambrein* genannt, einen der Hauptbestandteile (neben *epi-Koprosterin*) ausmacht (25—45%). Erst von *Ruzicka* und seinen Mitarbeitern wurde der chemische Aufbau des Ambreins und seiner Umwandlungsprodukte aufgeklärt. Diese Untersuchungen, bei denen viele kg der kostbaren Ambra verarbeitet wurden, haben nun zu sehr merkwürdigen und für die Frage des synthetischen Ambra-Riechstoffes praktisch sehr wichtigen Ergebnissen geführt. Ein wichtiges Oxydationsprodukt des Ambreins ist das *Ambreinolid* (ein gesättigtes bicyclisches Lacton). Daneben entsteht *Dihydro-γ-Ionon*, das kürzlich auch aus dem gewöhnlichen α -Ionon synthetisiert wurde. Dieses *Dihydro-γ-Ionon* zeigt nun einen typischen Ambra-Geruch und wird in der Parfümerie zukünftig eine große Bedeu-

Tierische Duftstoffe: Moschus und Ambra

587

tung gewinnen. Aber auch aus dem *Ambreinolid* lassen sich noch durch weitere chemische Umwandlungen Stoffe erhalten, die typischen Ambra-Geruch aufweisen. Unter diesen sei nur kurz ein Oxyd erwähnt, das sich vom *Ambreinolid* durch Fehlen der Ketongruppe im Lactonring unterscheidet. Im Hinblick hierauf ist die kürzlich von französischen Forschern (aus der Schule *Ruzickas*) veröffentlichte Synthese des *Ambreinolids* aus einem pflanzlichen Rohstoff bemerkenswert. In dem sog. *Muskateller Salbei-Öl* (aus *Salvia sclarea*) kommt in großer Menge ein Terpen vor, das *Sclareol* genannt wird. Es läßt sich auf einfache Weise und mit guter Ausbeute in *Ambreinolid* umwandeln.

So ist nun das Gesamtergebnis der mit großem Aufwand durchgeführten Untersuchung der Bestandteile der Ambra kurz folgendes: Ambra enthält 25—45% *Ambrein* und 1,5—3 pro Mille flüchtige Bestandteile, wovon etwa 1/3 als *Dihydro-γ-Ionon* von typischem Ambra-Geruch isoliert wurden. Letzteres entsteht auch bei der Permanganat-Oxydation von *Ambrein* neben *Ambreinolid*. *Ambreinolid* läßt sich weiter in andere Stoffe mit Ambra-Geruch umwandeln.



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

In memoriam Dr. Manfred Flad

Am 22. November 2006 starb Dr. Manfred Flad im hohen Alter von 93 Jahren.



Dr. Manfred Flad war nicht einfach Naturwissenschaftler – bzw. Ingenieur; er beendete sein Studium an der Technischen Hochschule Stuttgart 1939 als Dipl.-Ing. mit Auszeichnung. Dr. Manfred Flad war ein Mensch, der verschiedene Fachgebiete überblickte und kenntnisreich miteinander verband. So wirkte er bereits neben seinem Chemiestudium acht Jahre als Lehrer für kaufmännische Berufe. Nach dem Zweiten Weltkrieg erwarb er sich mit Forschungsarbeiten große Verdienste beim Wiederaufbau des Instituts für Physikalische Chemie und Elektrochemie der TH Stuttgart. Ihr blieb er als Hochschuldozent viele Jahre verbunden, auch nachdem er 1951 das Chemische Institut Dr. Flad gegründet hatte. Dieses Institut bot als erste Ausbildungsstätte in Nordwürttemberg/Nordbaden eine zweijährige Ausbildung in Chemie an.

Der Chemieunterricht in der eigenen Schule war nur ein Teil der Aufgaben, denen sich Dr. Manfred Flad verschrieben hatte. Besonders am Herzen lag ihm auch die Förderung des Chemieunterrichts selbst. Und er schaute dabei immer über den Tellerrand, hatte gesellschaftliche Entwicklungen in den Unterricht mit einbezogen. So führte er ab 1991 die Ausbildung zum Umwelttechnischen Assistenten ein. Die Motivation zu fachübergreifendem Denken, das Dr. Manfred Flad pflegte, drückt sich wohl am besten aus in einem Zitat von Georg Christoph Lichtenberg aus dem Jahre 1765: „Wer nichts als Chemie versteht, versteht auch die nicht recht“.

Alle seine Schüler, die Menschen aus seiner Umgebung und die, die auch nur mittelbar mit ihm zu tun hatten, werden Manfred Flad als engagierten Menschen in Erinnerung behalten, der große Teile seiner Kraft dafür aufgewendet hat, mit seinen Möglichkeiten anderen einen Anstoß zur eigenen Entwicklung und Entfaltung zu geben.

Rolf Kickuth
CLB

www.lifecom.de ansehen und vormerken!

12. - 14. März 2007 in Düsseldorf

Heinrich Heine

HEINRICH HEINE
UNIVERSITÄT
DÜSSELDORF

InCom 2007

SYMPOSIUM & EXPOSITION

LifeCom 2007

SYMPOSIUM & EXPOSITION

- Einzelsymposien mit eingeladenen Vortragenden über Laserspektroskopie, Massenspektrometrie, Gaschromatographie, HPLC, NMR, Optische Mikroskopie, Bioquality, Mikrofluidik, Elektrochemie, Proteindesign, Funktionelle Genomik/siRNA, Stammzellen, Biochips, Brain-Computer-Interface – diese Reihe z.B. mit Prof. Peter Tass (nominiert: Deutscher Zukunftspreis), Prof. Hermann Haken (Synergetik, Selbstorganisation), Prof. Rolf Eckmiller (künstliche Retina), Prof. Peter Fromherz (Chip-Neuron-Kopplung).
- umfangreiche Industrieausstellung
- mitreißende Experimentalvorträge von Prof. Dr. Viktor Obendrauf und Prof. Dr. Georg Schwedt
- Kabarett mit Vince Ebert; Jugend lehrt; und und und...

**NEWS
ANALYTIK**

ONLINE-STELLENMARKT

Die Stellenbörse für Wissenschaftler und Techniker im Labor.

- 150.000 Seitenabrufe monatlich
- kostenloser wöchentlicher E-Mail-Newsletter mit 2.200 Abonnenten
- kostenlose Veröffentlichung von Stellengesuchen
- kostenlose Veröffentlichung von Stellenangeboten an Universitäten und gemeinnützigen Forschungseinrichtungen
- Unternehmen inserieren Ihre offenen Stellen schon ab **99,- Euro**

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