

# CLB

*Chemie in Labor und Biotechnik*

Analytik

Biotechnik

Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung

- Meteoriten
- Forschernachwuchs
- Seifensiederei
- Kilogramm

**Schill + Seilacher** ist ein mittelständisches, konzernabhängiges Unternehmen mit internationaler Ausrichtung. Unsere Erfolge in den Absatzmärkten der Leder-, Chemiefaser-, Textil- und Papierherstellung basieren auf innovativen Produkten von höchster Qualität.

Wir suchen für die

## Leitung des Lederentwicklungslabors

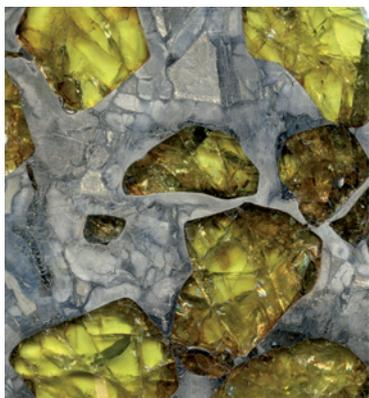
eine/n Chemieingenieur/in, Chemietechniker/in oder Chemielaboranten/-in.

Ihr zukünftiger Aufgabenbereich beinhaltet im Wesentlichen die Entwicklung von Lederhilfsmitteln, die Produkteinführung und -überwachung, die Analyse von Rohstoffen und Fertigprodukten sowie die Materialprüfung.

Sie haben neben einer entsprechenden Ausbildung bereits Berufserfahrung und verfügen über gute Englischkenntnisse in Wort und Schrift. Kommunikationsstärke, eine ausgeprägte Teamorientierung sowie eine selbstständige Arbeitsweise zeichnen Sie aus.

Interessiert? Dann freuen wir uns darauf, Sie kennenzulernen. Ihre vollständigen Bewerbungsunterlagen mit Gehaltswunsch und möglichem Eintrittstermin senden Sie bitte an unsere Personalabteilung.

**Schill + Seilacher Aktiengesellschaft**  
Schönaicher Straße 205, 71032 Böblingen



### Zum Titelbild:

Das Titelbild illustriert den Beitrag über Meteoriten ab Seite 128. Es zeigt eine 13,5 Gramm schwere Scheibe des Fukang-Meteoriten. Es handelt sich dabei um einen Pallasit. Pallasite gehören zur Gruppe der Stein-Eisen-Meteorite und bestehen aus Olivinkristallen, die in einer Matrix aus Nickel-Eisen eingebettet sind. Benannt wurden sie nach dem deutschen Gelehrten Peter Simon Pallas, der diese seltene Meteoritengruppe in den Jahren 1772-1777 erstmals beschrieb. Weniger als ein Prozent der Meteoriten sind Pallasite. Andere bekannte Pallasite sind Krasnojarsk (Sibirien, gefunden 1749 von P. S. Pallas), Esquel (Argentinien 1951), Brahin (Weißrussland 1807) sowie Imilac (Atacama-Wüste Chile 1822).

Der Fukang-Meteorit wurde im Jahr 2000 in der Wüste Gobi im Inneren der Mongolei gefunden und hatte ein Gewicht von 1003 Kilogramm. Der unbekannte Finder löste davon ein 20 Kilogramm schweres Stück ab, das dann in Teile zersägt und verkauft wurde. Jetzt gibt es noch ein großes Stück von 420 Kilogramm, das am 30. April 2008 vom Auktionshaus Bonhams in New York versteigert wird. Man erwartet, dass es über eine Million Dollar einbringt, dann in kleine Scheiben zersägt wird und so dem Käufer rund 17 Millionen Dollar erwirtschaftet. Das bedeutet einen Gramm-Preis von ca. 40 Dollar.

Der Meteorit besteht aus dem Mineral Olivin sowie einem Metallanteil aus 89,9 % Eisen und 9 % Nickel. Cobalt ist zu 0,51 % enthalten, Phosphor zu 0,62 %. In Spuren findet man Germanium, Arsen, Gallium, Palladium, Gold und Iridium. Untersuchungen an dem Meteoriten haben ergeben, dass die Olivin-Metall-Mischung wohl in der Frühphase unseres Sonnensystems durch einen Zusammenprall an dem Übergang vom Eisen-Nickel-Kern eines großen, differenzierten Asteroiden zu seinem silikatischen Asteroidenmantel entstanden ist. Dabei verdrängte das Olivin einen Teil des Metalls. Die Metallmatrix kühlte dann ohne großen Gravitationseinfluss mit einer Rate von nur wenigen Grad pro Millionen Jahre ab. Der Fukang-Pallasit ist damit ein Überbleibsel aus der Entstehungsphase der Planeten in unserem Sonnensystem (Titelbild: Kickuth; Bild Fukang-Hauptstück: Bonhams).

## Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,

„Konstanz den Bodensee“ ist eine nette Aufforderung an den Wirt oder die Wirtin in Studentenkneipen, doch mal wieder das Glas aufzufüllen. Einen so lockeren Umgang mit Konstanten können sich die normgebenden Institute in der Welt nicht leisten. Jetzt kämpft man entschlossen darum, die Definition des Kilogramms unabhängig von einem Prototypen zu machen. Darüber informieren wir in dieser CLB ab Seite 150 aus aktuellem Anlass.

In unserem täglichen Leben sind physikalische Einheiten und Konstanten unverzichtbar, sind sie u.a. Basis für Messungen und Vergleiche. Die Physiker würden sie jedoch am liebsten los sein. Schon Einstein verwünschte sie: „Es gibt in einer vernünftigen Theorie keine Zahlen, deren Wert nur empirisch bestimmbar ist. Beweisen kann ich das natürlich nicht. Aber ich kann mir keine einheitliche und vernünftige Theorie vorstellen, die explizit eine Zahl enthält, welche die Laune des Schöpfers ebensogut anders hätte wählen können, wobei die Welt qualitativ anders in ihren Gesetzmäßigkeiten ausgefallen wäre“, schrieb er 1945.

Tatsächlich erlebt jedoch beispielsweise die Kosmologische Konstante, die er als seine „größte Eselei“ bezeichnet haben soll, in Form der mysteriösen dunklen Energie als treibende Kraft für die beschleunigte Expansion des Universums ihre Renaissance. Und das ist nicht alles hinsichtlich Konstanten: 2006 zählten die Physiker Max Tegmark, Anthony Aguirre, Martin Reese und Frank Wilczek zusammen, dass es 37 Naturkonstanten gibt, 26 in der Elementarteilchenphysik und 11 in der Kosmologie. Trotzdem ist auch heute noch unbestimmt, ob dies die richtige Anzahl ist.

Auch wenn sich die Wissenschaftler über diese Anzahl noch nicht einig sind: Hätten einige Konstanten auch nur eine kleine Abweichung vom jetzigen Wert, wäre es das Aus für ein Leben, wie wir es kennen. Ein nur etwa 0,5 Prozent anderer Wert für die Starke Wechselwirkung, die für den Zusammenhalt der Atomkerne zuständig ist, hätte beispielsweise zur Folge, dass sich in dem Fusionsprozess im Innern der Sterne entweder fast nur Kohlenstoff oder fast nur Sauerstoff bildet, nicht jedoch beides. Solch eine Feinabstimmung der Konstanten sehen manche Wissenschaftler als Evidenz für ein anthropisches Prinzip: Es bedeutet, dass das Universum, das wir beobachten,

für die Entwicklung intelligenten Lebens geeignet sein muss, da wir andernfalls nicht in der Lage wären, es beobachten zu können. Diese Annahme lässt vielfache Interpretationen zu. Es gibt heute Dutzende von verschiedenen Interpretationen des anthropischen Prinzips – und nicht nur das: Es gibt auch neue Theorien, die Multiversen postulieren, eine Vielzahl von Universen, die aus einem Urknall heraus entstanden sind. Dies nimmt uns dann jegliche Sonderstellung...

Ich habe diese Themen hier einmal angerissen, um zu zeigen: Nicht alles muss so sein wie wir es zunächst sehen. Wenn man sich mit solchen Fragen befasst, erkennt man, wie wenig wir eigentlich wissen. Umso wichtiger ist es, sich unvoreingenommen mit naturwissenschaftlichen Themen zu befassen. Da ist es dann bedauerlich, wenn nach der neuesten Statistik des Hochschul-Information-Systems der Trend von Abiturienten, ein Studium aufzunehmen, weiter rückläufig ist. Bei den Schulabgängern 2006 – das sind die aktuellen Zahlen – ist die Studierquote um einen Prozentpunkt auf 68 Prozent gesunken. Diesen Abwärtstrend gibt es seit 2002. Laut OECD-Studie von 2007 gehört Deutschland zudem zu der kleinen Gruppe von Staaten, in denen die Anzahl der 55- bis 64-Jährigen, die einen Abschluss in Ingenieurwissenschaften haben, größer ist als die Anzahl der 25- bis 34-Jährigen. Details zum mangelhaften Forschernachwuchs lesen Sie ab Seite 144 in dem Artikel von Prof. Wolfgang Hasenpusch.

Wollen wir unseren Wohlstand halten, muss sich das ändern. Die Professoren Jörg Baten aus Tübingen und Jan Luiten van Zanden aus Utrecht veröffentlichten gerade eine Studie, die einen Zusammenhang von Bildung und Wirtschaftswachstum zeigt. Ihr Indikator für fortgeschrittene Bildung war die Zahl der Buchauflagen pro Kopf der Bevölkerung in den letzten 250 Jahren. Sie konnten erstmalig für diese frühe Zeit zeigen, dass Bildung eine messbare Bedeutung für wirtschaftliches Wachstum hatte, selbst wenn etwa ein Dutzend andere potentielle Einflussfaktoren berücksichtigt wurden. Ich denke, diese CLB trägt somit auch etwas zum Wirtschaftswachstum bei ;-)

Ihr




# INHALT

## Aufsätze

Auf der irdischen Suche nach Meteoriten-(Staub) Terrestrisch oder kosmisch? _____	128
Caspar-David-Friedrich-Zentrum in Greifswald Seifensiederei und Kerzengießerei _____	141
Wo bleibt der junge Forschergeist in Europa? Mangelnder Nachwuchs an Forschern _____	144

## Rubriken

Editorial _____	121
Impressum _____	123
F & E im Bild _____	123
Unternehmen _____	124
Personalia _____	126
Förderungen / Preise _____	127

### Umschau

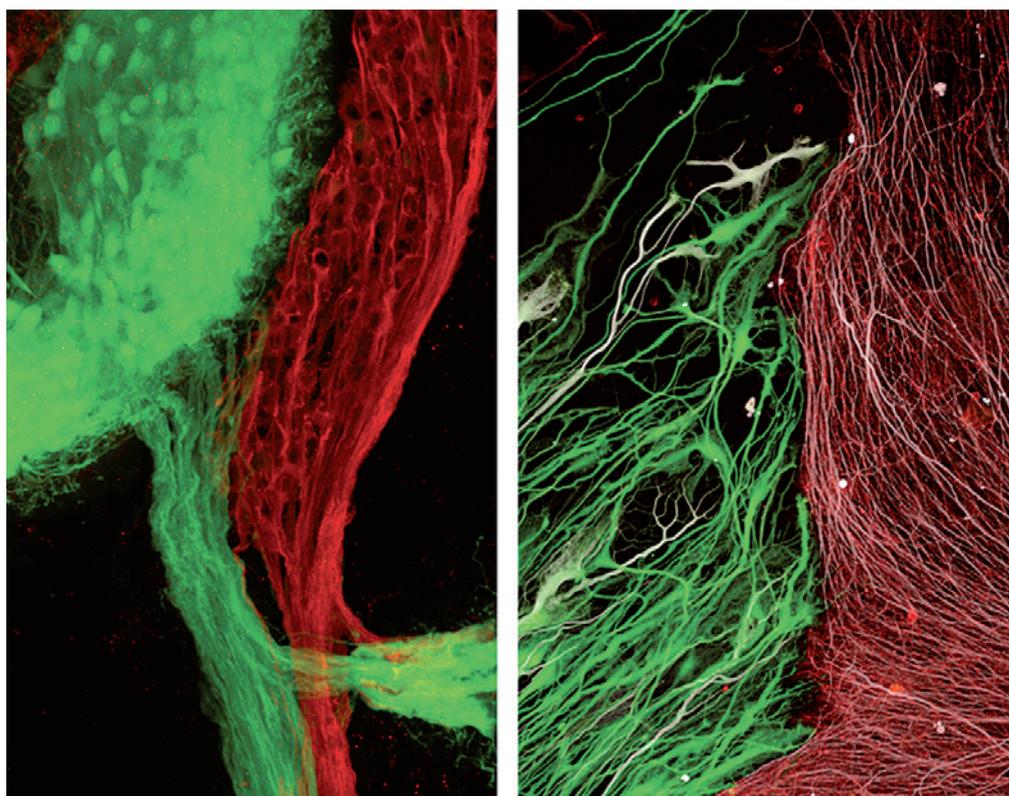
Neudefinition des Kilogramms: Kugel aus Reinstsilicium oder Watt-Waage? _____	150
Forschung und Technik _____	153
Literatur _____	155
Neue Produkte _____	157
Bezugsquellenverzeichnis _____	159

## CLB-Memory

Neues Angebot einer frühzeitigen Berufsorientierung An überbetriebliche Berufsbildungsstätten _____	M25
Erste Erfahrungen mit „Kinder-Diplomarbeiten“ Selbst gewählt, erprobt und dokumentiert _____	M26
Praxis Spezialgase (Teil 2) Gase im Labor: Risikofaktor Leitungsmaterial _____	M28
Nützliche Ratgeber 114-123 Datenbanken, Suchmaschinen, Beratung _____	M30
Chemie und Energie Brennstoffzellen _____	M32

# Nerven gegen Nerven

Damit eine Muskelbewegung koordiniert gesteuert ablaufen kann, müssen motorische Befehle und sensorische Rückmeldungen, in welchem Zustand der Muskel sich befindet, innerhalb der Nervenbahnen streng getrennt erfolgen. Motorische und sensorische Nervenfasern wachsen jedoch während der Embryonalentwicklung zunächst gemeinsam aus. Forscher um Dr. Till Marquardt am European Neuroscience Institute (ENI) in Göttingen konnten jetzt motorische und sensorische Fasern unter dem Mikroskop unterscheiden und stellten fest: Die Trennung in sensorische und in motorische Fasertypen beruht auf einer gegenseitigen Abstoßung. Sie fanden heraus: Vermittelt wird die gegenseitige Abstoßung durch das Zusammenspiel zweier Eiweißmoleküle, die jeweils auf der Oberfläche der



motorischen und sensorischen Fasern liegen. Das Eiweißmolekül auf den sensorischen Fasern (ephrin-A) funktioniert dabei als Abstoßungs-Signal. Es wirkt wiederum direkt auf spezifische Eiweißmoleküle (EphA-Rezeptoren) auf den motorischen Fasern. Der Gegenteil brachte weitere Erkenntnisse: Das gezielte Entfernen der EphA-Rezeptoren führte zu einem „Kurzschluss“ im Nervenschaltkreis. Motorfasern wuchsen sie in die sensorischen Bahnen. Das Bild zeigt die gegenseitige Abstoßung von motorischen (grün) und sensorischen Fasern (rot) im Mausembryo (links) und in der Kulturschale (rechts; Foto: ENI Göttingen).

## Impressum

**CLB**  
Chemie in Labor und Biotechnik

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

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

**Herausgeber:**  
Prof. Dr. Dr. U. Fitzner, Düsseldorf  
Prof. Dr. K. Kleinermanns, Düsseldorf  
Prof. Dr. Heinz-Martin Kuß, Duisburg,  
Prof. Dr. J. Schram, Krefeld  
Prof. Dr. Georg Schwedt, Bonn  
Dr. Wolfgang Schulz, Stuttgart  
Prof. Dr. G. Werner, Leipzig.

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

**Ständige Mitarbeiter:**  
Dr. Maren Bulmahn, Bensheim;  
Ans de Bruin (Grafik), Heidelberg;  
Prof. Dr. Wolfgang Hasenpusch, Hanau;  
Dr. Mechthild Kässer, Diekholzen;  
PD Dr. Röbbbe Wünschiers, Quedlinburg.

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

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

**Abonnementbetreuung:**  
Natalia Bajramovic  
E-Mail: service@clb.de

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

CLB erscheint monatlich.

**Bezugspreise:**  
CLB Chemie in Labor und Biotechnik mit der Beilage „CLB-MEMORY“. Einzelheft – außerhalb des Abonnements – 10,00 Euro, im persönlichen Abonnement jährlich 98,35 Euro zuzüglich Versandkosten; ermäßigter Preis für Schüler, Studenten und Auszubildende (nur gegen Vorlage der Bescheinigung) jährlich 76,45 Euro zuzüglich Versandkosten, inkl. 7% MWSt. Ausland sowie Firmenabonnements (Staffelpreisliste nach Anzahl) auf Anfrage. Bezug durch den Buchhandel und den Verlag. Das Abonnement verlängert sich jeweils um ein weiteres Jahr, falls nicht 8 Wochen vor Ende des Bezugsjahres Kündigung erfolgt.

Erfüllungsort ist Heidelberg. Mitglieder des VBTA, des VCÖ sowie des VDC erhalten 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 Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Für die Rückgabe unverlangt eingesandter Buchbesprechungsbeispiele kann keinerlei Gewähr übernommen werden.

ISSN 0943-6677



## NACHRICHTEN & NOTIZEN

**ProMinent ProMaqua** beteiligt sich an der niederländischen Van den Heuvel Wassertechnologie B.V. Dadurch wird das Produktspektrum des Heidelberger Herstellers mit umweltfreundlichen Elektrolyseanlagen erweitert. ProMaqua deckt dann alle Verfahren zur Wasserdesinfektion für die Bereiche Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie, Trinkwasserversorgung, Schwimmbad- und Kühlwasser ab.

**Die TILL Photonics GmbH** aus Gräfelfing bei München schließt sich dem amerikanischen Unternehmen Agilent Technologies an. Damit soll die Mikroskopie-Plattform des mittelständischen Unternehmens auf dem Weltmarkt positioniert werden. TILL Photonics, 1993 gegründet, beschäftigt derzeit 33 Mitarbeiter. Agilent bietet an, diese zu übernehmen.

**Thermo Fisher Scientific Inc.** wird seine Mikrowaagen, Digitale Registrierende Waagen, thermogravimetrische Analysatoren und dynamische Kontaktwinkelmessgeräte über Tochtergesellschaften in Österreich, den Benelux-Ländern, Frankreich, Deutschland und Großbritannien im Direktvertrieb anbieten. Diese Instrumente, die bisher unter dem Label CAHN vertrieben wurden, werden künftig unter der Marke Thermo Scientific verkauft und in Karlsruhe gefertigt.

**Die Evonik Industries AG**, Essen, und die russische JSC Sibur Holding, Moskau, haben eine Machbarkeitsstudie über den möglichen Bau einer Anlage zur Herstellung von Propylenoxid (PO) im Verbund mit einer Wasserstoffperoxid-Produktion für die Russische Föderation vereinbart, ein möglicher Standort und Kapazitäten sollen dabei festgelegt werden.

**AlSCO**, der Kölner Anbieter von Berufskleidungs-Services, hat jetzt den Familienbetrieb Kalb Textile Reinraumtechnik GmbH mit 50 Mitarbeitern an den Standorten Regensburg und Dresden übernommen. Damit hat AlSCO jetzt auch Leasingbekleidung für sensible Bereiche im Programm.

**Die Scil Proteins Production GmbH** in Halle (Saale) eröffnet am 10. April 2008 eine neue GMP-Produktionsanlage für pharmazeutische Proteinwirkstoffe. Zukünftig werden dort Proteine im Kundenauftrag sowie Wirkstoffe aus eigener Entwicklung hergestellt. Die Fermentations-Kapazität beträgt bis zu 1000 Liter. Im Gegensatz zu den meisten Produktionsanlagen weltweit eignet sich Scil Proteins Productions Werk durch die Verwendung speziellen Stahls auch für den Einsatz von Hochsalz-Lösungen, wie sie auch bei der Rückfaltung von Proteinen aus Inclusion Bodies benötigt werden.

**Mettler Toledo**, Gießen, spendete Laborgeräte im Gesamtwert von 25000. Sie gingen an das Ausbildungszentrum der Relius Coatings GmbH & Co. KG, einem Unternehmen der BASF Coatings AG.

## BASF ordnet neu

# Käufe, Verkäufe, Beteiligungen

**Strategische Überlegungen bedingen bei der BASF einige Veränderungen: Die Firma BCD Rohstoffe für Bauchemie HandelsGmbH aus Klosterneuburg in Österreich wurde übernommen. Der Standort Seal Sands in Nordengland wurde an INEOS Nitriles verkauft. Der Aktienanteil an der hte AG wurde erhöht; und es wurde eine Kooperation mit der LEUNA-Harze GmbH vereinbart.**

Zum 1. April 2008 hat die BASF das Geschäft der Firma BCD Rohstoffe für Bauchemie HandelsGmbH aus Klosterneuburg in Österreich übernommen, ein Bauchemie-Unternehmen, das als Zulieferer von Polymerdispersionen für zementäre Beschichtungssysteme und von Luftporenbildnern für Trockenmörtel und Beton bekannt ist. „Wir wollen unser Rohstoffgeschäft für die bauchemische Industrie ausbauen, unter anderem auch durch Zukauf passender Unternehmen.“, sagt Jan-Peter Sander, Leiter der Regional Business Unit Dispersions for Adhesives and Construction Europe.

Der Standort Seal Sands in Nordengland, der von der BASF-Gruppen-gesellschaft BASF plc an INEOS Nitriles verkauft wird, stellt die Zwischenprodukte Acrylnitril (AN), Adipodinitril (ADN) und Hexamethylendiamin (HMD) her. Rund 500 Mitarbeiter werden ebenfalls übernommen. INEOS ist das drittgrößte Chemieunternehmen der Welt und führender Hersteller von Petrochemikalien, Spezialchemikalien und Ölprodukten.

HMD ist ein Schlüsselprodukt in der PA Wertschöpfungskette. Die HMD-Anlage wird daher nicht verkauft, sondern von INEOS Nitriles für die BASF betrieben. Genauso wird mit der ADN-Anlage verfahren, bis diese Ende 2008 geschlossen wird. ADN ist ein Grundstoff für HMD. „Ab 2009 kaufen wir ADN extern zu. Den Standort Seal Sands verkaufen wir, um uns auf

das Kerngeschäft der Polyamid-Wertschöpfungskette zu konzentrieren“, sagte Dr. Harald Lauke, Leiter des Unternehmensbereichs Performance Polymers.

Die BASF wird ihren Anteil an der hte Aktiengesellschaft, Heidelberg, von 12,7 Prozent auf 75 Prozent zuzüglich einer Aktie erhöht. hte, the high throughput experimentation company, ist ein führender Anbieter von Technologien und Dienstleistungen zur Produktivitätssteigerung in Forschung und Entwicklung, vor allem in den Bereichen Katalyse, Materialwissenschaft sowie Formulierungen.

Die BASF und die LEUNA-Harze GmbH, ein führender Epoxidharzhersteller in Europa, kooperieren künftig bei der Rohstoffversorgung für Epoxidharzsysteme für Faserverbundwerkstoffe. Die BASF vertreibt ein breites Sortiment an Härtern, Beschleunigern und Additiven für die Verarbeitung von Epoxidharzen. Darüber hinaus bietet das Unternehmen nun auch maßgeschneiderte Epoxidharzsysteme für Faserverbundwerkstoffe speziell zur Herstellung von Rotorblättern für Windkraftanlagen an.

## Neue Struktur

Zum 30.09.2008 schließt die BRO-EN Armaturen GmbH ihre Produktionsstätte in Gernsheim. Von da an werden die intelligenten Armaturensysteme des Marktführers im Bereich der Laborarmaturen ausschließlich im Stammwerk im dänischen Assens gefertigt. Durch die Umstrukturierung entfallen eine Parallelfertigung sowie Einkauf, Vorratshaltung und Lagerung an zwei Standorten. Durch die Konzentration auf das Kerngeschäft im Vertrieb und der Projektabwicklung soll den Kunden und Partnern größere Flexibilität sowie ein verbesserter Service und Support direkt vor Ort geboten werden.

## Vogelbusch optimiert Bioethanol-Herstellung

# Pilz mit neuen Fähigkeiten verbessert die Ökobilanz

**Die Vogelbusch GmbH hat ein Fermentationsverfahren für eine effizientere Produktion von Bioethanol aus hemizellulosehaltigen Rohstoffen zum Patent angemeldet. Zentraler Aspekt des Verfahrens ist ein verbesserter Stamm eines Hefepilzes, der Lignocellulose zu Bioethanol umsetzt.**

Die Vogelbusch GmbH mit Sitz in Wien hat das Verfahren zusammen mit dem Institut für Biotechnologie und Bioprozesstechnik an der TU Graz entwickelt.

Die Steigerung der ökologischen und ökonomischen Effizienz der Herstellung von Bioethanol aus alternativen Rohstoffen wie Holzabfällen kann die CO<sub>2</sub>-Bilanz alternativer Treibstoffe verbessern. Dies ist ein wesentlicher Beitrag zur Entwicklung von Biotreibstoffen aus Lignozellulose. Denn

trotz der großen Ähnlichkeiten in der Stärke- und Lignocellulose-Fermentation weist die letztere einige Schwierigkeiten auf. So muss das Pflanzenmaterial, anders als Stärke, vor der Verzuckerung zunächst chemisch oder thermisch vorbehandelt werden. Der zweite Unterschied liegt darin, dass in der Lignocellulose nicht wie in der Stärke nur Glucose als Zuckerbaustein vorhanden ist, sondern auch C5-Zucker wie Xylose und Arabinose. Ein dritter Unterschied zwischen dem klassischen Ethanol-Kraftstoff-Prozess und Cellulose-Ethanol sind toxische Stoffe, die bei der chemischen und thermischen Vorbehandlung des Pflanzenmaterials entstehen (zum Beispiel Furfurale). Diese Inhibitoren schädigen die bei der Fermentation eingesetzten Mikroorganismen. Sie müssen deshalb vor der Fermentation entfernt

werden, was jedoch zusätzliche Kosten verursacht.

Ziel der Forschung war die Optimierung der Umsetzung des Kohlenhydrats Xylose zu Ethanol durch den Hefepilz *Saccharomyces cerevisiae*. Xylose ist ein wesentliches Zwischenprodukt bei der Bioethanolherstellung aus Holzabfällen, wird aber für gewöhnlich mit geringer Effizienz umgesetzt. Verantwortlich ist dafür die bei den meisten Mikroorganismen ungleiche Verfügbarkeit der Substanzen NAD und NADP, die als Co-Enzyme dienen und Wasserstoffgruppen übertragen. Der gentechnisch optimierte Hefepilz behebt das Problem des Co-Enzym-Ungleichgewichts. Es resultiert eine höhere Effizienz bei der Ethanol-Produktion aus Xylose bei gleichzeitig geringeren Mengen unerwünschter Nebenprodukte wie Glycerin und Xylit.

## Weltmarkt für Immunochemikalien wächst enorm

# Markttransparenz mangelhaft, Renditen unsicher

**Die Umsätze im Weltmarkt für Immunochemikalien sollen von 1,5 Milliarden US-Dollar im Jahr 2007 bis zum Jahr 2014 auf 2,60 Milliarden US-Dollar steigen. Allerdings ist nicht davon auszugehen, dass sich mit Immunochemikalien in absehbarer Zukunft hohe Renditen erzielen lassen. Dies geht aus einer neuen Studie der Unternehmensberatung Frost & Sullivan hervor.**

„Wichtigster Wachstumsmotor für den globalen Markt ist die Krebsforschung“, erläutert Sylvia Miriam Findlay, Industry Analyst bei dem Marktforschungsinstitut. „Beispiele sind die Markierung von Signalwegen, die Messung der Modifikationen oder des Expressionsniveaus von Krebsproteinen, die Identifikation von Biomarkerkandidaten, die Proteinprofilierung und die Messung der Enzymaktivität.“

Doch auch in anderen Bereichen sind Immunochemikalien auf dem Vormarsch. Besondere Bedeutung hat die Forschung rund um die Lebensmittelproduktion. Die Angst vor Bioterror hat außerdem die Suche nach Möglichkeiten zur Erkennung gefährlicher Toxine vorangetrieben. Für die Strafverfolgung werden derzeit Antikörperassays zum Nachweis von Cholera-, Diphtherie- und Anthraxtoxin entwickelt.

Frost & Sullivan geht allerdings langfristig von einer Stagnation bei den Renditen aus, da in den kommenden fünf bis sieben Jahren zwei Drittel der derzeit verfügbaren Antikörper als überholt gelten dürften. Darüber hinaus ist im Zuge der laufenden Proteomforschung mit ständigen Veränderungen bei den Antikörper-Targets zu rechnen.

Mit über 300 aktiven Unternehmen ist der Markt aktuell stark

fragmentiert, so dass in Zukunft mit einer Konsolidierung des Teilnehmerfeldes zu rechnen ist. Bislang schlagen sich Konkurrenzkampf und Preisdruck in niedrigen Umsätzen nieder. Die Marktanteile der einzelnen Akteure schrumpfen, weshalb Fusionen als Option zunehmend interessanter werden.

Ein weiteres Problem, das aktuell die Marktentwicklung bremst, ist die Unübersichtlichkeit des Angebots. So sind die potenziellen Kunden aus der Forschung derzeit nicht in der Lage, aus dem breiten Produktspektrum einer großen Anbieterzahl die für ihre jeweiligen Zwecke erforderlichen Antikörper herauszufiltern. Bislang gibt es kein gemeinsames Verzeichnis über alle Lieferanten und ihre Produkte. Dieses Projekt ist bislang an der enormen Menge an zu registrierenden Daten gescheitert.

**CLARIANT** Der Verwaltungsrat der Clariant hat Jürg Witmer zum Präsidenten und Rudolf Wehrli zum Vizepräsidenten gewählt. Witmer ersetzt Roland Löscher, Wehrli Tony Reis.

**DPG** Die Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG) hat den Göttinger Unternehmer **Prof. Dr. Gerd Litfin** (59) für die nächsten zwei Jahre zum Präsidenten gewählt. Gerd Litfin ist Gründer der auf optische Technologien spezialisierten LINOS Gruppe. Er folgt auf Prof. Dr. Eberhard Umbach, Vorstandsvorsitzender des Forschungszentrums Karlsruhe, der satzungsgemäß in das Amt des DPG-Vizepräsidenten wechselt.

**MERCK** Dr. Bernd Reckmann tritt im Juni die Nachfolge von Walter W. Zywotek an, bei der Merck KGaA persönlich haftender Gesellschafter und in der Geschäftsleitung zuständig für den Unternehmensbereich Chemie. Zywotek geht in den Ruhestand.

**SKW** Die SKW Stahl-Metallurgie Holding AG, Unterneukirchen, hat den Vertrag mit der Vorstandsvorsitzenden **Ines Kolmsee** um weitere drei Jahre verlängert. Ines Kolmsee ist seit 2004 in der Geschäftsführung der Gesellschaft. Sie ist für die Bereiche Strategie, Kommunikation, Human Resources und Operations verantwortlich.

**SYGNIS** Die Sygnis Pharma AG, Heidelberg, hat **Dr. Frank Rathgeb** (50) als Vorstand bestellt. Er wird die neu geschaffene Position des Chief Medical Officer einnehmen.

**WIKO** Die Mikrobiologin **Bärbel Friedrich** ist neue Wissenschaftliche Direktorin des Alfred Krupp Wissenschaftskolleg (Wiko) Greifswald. Bärbel Friedrich ist Professorin an der Humboldt-Universität zu Berlin. Sie war Vizepräsidentin der Deutschen Forschungsgemeinschaft und ist Vizepräsidentin der Akademie der Naturforscher Leopoldina.



## EHRUNGEN

Die Fyssen-Stiftung in Paris hat den diesjährigen internationalen Preis für „**Neurobiology of animal cognition**“ **Prof. Dr. Dr. h. c. Randolph Menzel** vom Institut für Biologie der Freien Universität Berlin zugesprochen. Der Preis ist mit 50 000 Euro dotiert. Der Zoologe und Neurobiologe Randolph Menzel forscht über das Gedächtnis am Beispiel der Honigbienen.

Erkenntnisse darüber, wie Gefäßzellen und Leukozyten miteinander kommunizieren, weisen den Weg zu einer neuen Behandlung der Atherosklerose und damit zur Prophylaxe von Herzinfarkt und Schlaganfall. Für ihre Arbeiten hierzu wurden **Prof. Dr. med. Christian Weber** und **Prof. Dr. rer. nat. Jürgen Bernhagen** vom Universitätsklinikum der RWTH Aachen mit dem **Paul-Martini-Preis 2008** geehrt. Der mit 25 000 Euro dotierte Preis wird jährlich von der Paul-Martini-Stiftung, Berlin, für besondere Leistungen in der klinisch-therapeutischen Arzneimittelforschung verliehen.

**Wolfgang Heckl**, Professor für Oberflächentopographie an der Fakultät für Geowissenschaften der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München und Generaldirektor des Deutschen Museums, wurde mit dem **Verdienstkreuz am Bande der Bundesrepublik Deutschland** ausgezeichnet. Heckl habe sich sowohl als Generaldirektor des Deutschen Museums in München als auch als Mitglied und Sprecher zahlreicher nationaler und internationaler Gremien einen herausragenden Ruf erworben. Gewürdigt wird auch sein Engagement für die Vermittlung hochkomplexer wissenschaftlicher Themen an eine interessierte Öffentlichkeit, er wurde 2002 schon mit dem Communicator-Preis ausgezeichnet. Mit pädagogisch und wissenschaftlich anspruchsvollen Konzepten will er besonders die Kinder erreichen und deren Spaß und Interesse an der Wissenschaft wecken.

Die Deutsche Gesellschaft für Innere Medizin (DGIM) ehrte **Dr. med. Birgit Aßmus** auf dem 114. Internistenkongress in Wiesbaden mit dem **Theodor-Frerichs-Preis 2008**. Der Preis ist mit 20 000 Euro dotiert. Die Kardiologin von der Klinik für Innere Medizin und Kardiologie an der Universität Frankfurt konnte zeigen, wie sich das von einem Herzinfarkt geschädigte Gewebe durch die Infusion von Vorläuferzellen direkt in das Herz erholt und neue Blutgefäße entstehen.

**Prof. Dr. Albert Sickmann** (34), Arbeitsgruppenleiter am Rudolf-Virchow-Zentrum der Universität Würzburg, erhielt den **Analytica Forschungspreis**, der dieses Jahr erstmalig vom Pharmakonzern Roche und der Gesellschaft für Biochemie und Molekularbiologie (GBM) vergeben wurde. Das Preisgeld von 50 000 Euro teilt er sich mit dem Heidelberger Forscher **Dr. Gerhard Schratt**. Sickmann analysiert Proteine von Blutplättchen mittels Massenspektrometrie. Diese Blutbestandteile sind essentiell für die Blutgerinnung, aber auch Ursache von Herzinfarkt und Schlaganfall.

Der Mathematiker **Günter M. Ziegler** erhält in diesem Jahr den **Communicator-Preis** der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft. Der Professor an der Technischen Universität (TU) Berlin wird damit für die herausragende öffentliche Vermittlung seiner Forschungsarbeiten in der diskreten Mathematik und für seine erfolgreichen Bemühungen um ein neues, frisches Bild der Mathematik in der Öffentlichkeit ausgezeichnet. Tatsächlich geht der Berliner Mathematiker bereits seit rund zehn Jahren von sich aus aktiv auf Öffentlichkeit und Medien zu, um die Bedeutung der Mathematik und der von ihm vertretenen diskreten Geometrie verständlich zu machen.

## DFG vergibt Heinz Maier-Leibnitz-Preise 2008 an sechs junge Wissenschaftler

Zwei junge Wissenschaftlerinnen und vier junge Wissenschaftler von insgesamt 76 Kandidaten erhalten am 2. Juni 2008 in Berlin von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) den **Heinz Maier-Leibnitz-Preis 2008**. Der Preis ist mit jeweils 16 000 Euro dotiert, die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung zur Verfügung gestellt werden.

**Dr. Oliver Trapp** (34), Analytische Chemie, MPI für Kohleforschung Mülheim/Ruhr: Oliver Trapp hat sich vor allem durch die Synthese unterschiedlicher Forschungsbereiche und Forschungsansätze einen Namen gemacht. Der Chemiker arbeitet auf dem Gebiet der Gaschromatographie und verbindet hier chemische Analytik und Informationstechnologie. Trapps Ziel ist die Entwicklung einer Hochdurchsatz-Multiplexing-Gaschromatographie, mit der neue Katalysatoren gefunden und kinetische Daten gewonnen werden sollen. Dieses Verfahren könnte für die Gaschromatographie große Bedeutung erlangen und auch auf andere chromatographische Techniken übertragen werden. Besonderes Geschick zeigt Trapp immer wieder in der organischen Synthese und bei der Konstruktion von Apparaten für die chemische Analytik.

**Dr. Torsten Granzow** (33), Werkstoffwissenschaften, TU Darmstadt: Torsten Granzow arbeitet auf mehreren Teilgebieten der Festkörperphysik. Es gelang ihm, in ferroelektrischen Relaxormaterialien Nanodomänen nachzuweisen, und in ihrer Struktur und Dynamik zu beschreiben. Diese Erkenntnisse sind von enormer Bedeutung für die Entwicklung neuer Technologien, etwa für die Steuerung von Verbrennungsprozessen in emissionsminimierten Motoren oder von hochempfindlichen Detektoren für die medizinische Diagnostik. Ebenso bedeutsam sind seine Arbeiten zur Entwicklung eines neuen optischen Untersuchungsverfahrens auf der Basis der holographischen Streuung.

**Dr. Christine Silberhorn** (33), Quantenoptik, Universität Erlangen-Nürnberg: Auf dem schnell voranschreitenden Gebiet der Quanteninformationsverarbeitung forscht Christine Silberhorn über das Problem, wie sich Quanteninformationen auch mit Licht verarbeiten und übertragen lassen, was für jedes mögliche künftige Quantencomputing von zentraler Bedeutung ist. Statt der hier üblicherweise verwendeten diskreten Variablen setzte Silberhorn „kontinuierliche“ Variablen ein und entwickelte damit eine weithin beachtete Alternative.

**Dr. André Fischer** (33), Neurobiologie, Universität Göttingen: Die Grundlagen des Lernens und des Gedächtnisses, aber auch die Mechanismen, die zu Alzheimer, Altersdemenz oder Posttraumatischer Belastungsstörung führen können, sind das Arbeitsgebiet, auf dem André Fischer herausragende Ergebnisse erzielen konnte. Er identifizierte eine Reihe neuer Gene, die für Lernvorgänge im Gehirn essenziell sind.

**Dr. Michael Huber** (35), Diskrete Mathematik, Universität Tübingen: Michael Huber konnte eine ganze Serie wichtiger und schwieriger mathematischer Probleme vollständig lösen, die seit mehr als 40 Jahren offen waren.

**Dr. Nicole Deitelhoff** (33), Politikwissenschaften, TU Darmstadt: Nicole Deitelhoff untersuchte, welche Bedeutung „Überzeugungen“ in der Politik und Politik-Analyse im Allgemeinen und in internationalen Beziehungen im Speziellen haben.

## Schüler und Raumfahrt

Astronomie steht im Fokus von Explore Science 2008, den naturwissenschaftlichen Erlebnistagen der Klaus Tschira Stiftung. Auch in diesem Jahr ruft die Stiftung Teams auf, sich an einem Schülerwettbewerb zu beteiligen. Es gilt eine von vier kniffligen Aufgaben zum Thema Raumfahrt zu lösen. Dabei sind Kreativität und Raffinesse gefragt. Schülerinnen und Schüler ab Klasse fünf können sich für den Bau einer Wasserrakete, eines Sonnensegels, eines Marsmobils oder einer Mondlandefähre entscheiden. Den Siegerteams winken Preisgelder von 500 Euro. Anmeldeschluss ist der **9. Mai 2008**. Weitere Informationen unter [www.explore-science.info](http://www.explore-science.info).

## Juniorprofessur Nachhaltigkeit

Zum zweiten Mal schreibt die Robert Bosch Stiftung die Robert Bosch Juniorprofessur „Nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen“ aus. Damit sind bis zu einer Million Euro für fünf Jahre eigenständige Forschung verbunden. Vorsitzender des Programmbeirats ist Klaus Töpfer, Ex-Bundesumweltminister und Direktor des UN-Umweltprogramms. Bewerbungsfrist ist der **1. Juni 2008**. diesem Jahr sind Bewerbungen zu zwei Schwerpunkten besonders willkommen: 1. Konkurrenz um Landnutzung - etwa der Konflikt zwischen dem Anbau von Energie- und Nahrungsmittelpflanzen; 2. Landwirtschaft und Gesundheit – etwa die Auswirkungen der Tierhaltung auf Seuchenausbreitung, aber auch umgekehrt die Effekte von HIV/AIDS auf die landwirtschaftliche Produktion in Entwicklungsländern. Weitere Informationen unter [www.bosch-stiftung.de/juniorprofessorship/](http://www.bosch-stiftung.de/juniorprofessorship/).

## Hochschulpolitischer Journalismus

Trotz stark steigender Konjunktur des Themas Bildung erfährt nach Ansicht vieler Journalisten der wissenschaftspolitische und hochschulpolitische Journalismus noch immer keine ausreichende Beachtung. Aus der Erkenntnis dieses Mangels entstand die Idee für einen neuartigen, unabhängigen Journalistenpreis. Der „Goethe-Preis für wissenschafts- und hochschulpolitischen Journalismus“, den die Goethe-Universität Frankfurt am Main zusammen mit der FAZIT-Stiftung 2008 erstmals ausschreibt, prämiiert herausragende Beiträge aus dem Gebiet eines hochschul- und wissenschaftspolitischen Journalismus. Der Preis prämiiert darüber hinaus verständliche und stilistisch herausragende Beiträge, die einem breiten Publikum komplexe Entwicklungen im wissenschafts- und hochschulpolitischen Feld vermitteln und damit eine fundierte Urteilsbildung fördern. Preisgelder sind 5000, 2500 sowie 1250 Euro. Bewerbungsschluss ist der **13. Juli 2008**. Weitere Informationen: <http://www.stiftungsuni-frankfurt.de/Goethe-Preis>.

## Terrestrisch oder kosmisch?

Viktor Obendrauf, Graz

Was für Arten extraterrestrischen Materials gibt es auf der Erde? Wie findet man solches Material? Welche Untersuchungen lassen sich mit vertretbarem Aufwand damit durchführen? Dieser Artikel gibt die Antworten.

### Für Sammler und Jäger

Die österreichische Post AG hat im Frühjahr 2006 erstmals in der Geschichte der Briefmarke ein materiell-extraterrestrisches Kapitel aufgeschlagen: Eine ungewöhnlich gestaltete Briefmarke mit 30 mg „Meteoritenstaub“ auf blauem Grund sollte nicht nur treue Sammlerherzen höher schlagen lassen. Zur echten Rarität ist das extravagante Stück bislang noch nicht gereift, denn die „Meteoritenmarke“ wird im Postshop nach wie vor mit dem ursprünglichen Nennwert zum Kauf angeboten [1].

Als komfortable Quelle für die rot hervorgehobene außerirdische Materie auf der kreisrunden Marke (Abbildung 1) dienen selbstverständlich nicht sehr wertvoller weil mühselig gesammelter interplanetarer oder gar interstellarer Staub, sondern 18 kg eines gemahlenen Steinmeteoriten der recht häufigen Klasse H-Chondrit, der vor etlichen Jahren in Nordwestafrika gefunden worden war. Der nicht zerkleinerte Rest dieses rund 4,5 Milliarden alten, ursprünglich 19 kg schweren Steinmeteoriten, der als interplanetarer Teil des „steinreichen“ Asteroidengürtels zwischen Mars und Jupiter wie auch immer aus der Bahn geworfen wurde und letztlich unsanft auf der Erde landete, ist dem Naturhistorischen Museum in Wien übergeben worden [2]. Dieses Museum soll mit über 1700 Objekten und seinem historischen „Meteoritensaal“ gemäß [3] auch die viertgrößte Sammlung der Welt besitzen.

#### Der Autor

Prof. Dr. Viktor Obendrauf ist seit 1978 im Schuldienst tätig, seit 1980 in der Lehreraus- und -fortbildung im In- und Ausland. Er arbeitet an der Universität Graz und ist weltweit führend in der Entwicklung von Mikromaßstab-Experimenten für den Chemieunterricht. Der geschäftsführende Vizepräsident des VCÖ veröffentlichte über 100 Arbeiten. Er erhielt u.a. 1998 den Friedrich-Stromeyer-Preis der GDCh, 2001 den Pädagogenpreis des Fachverbands der chemischen Industrie Österreichs (FCIO) und 2005 den Manfred-und-Wolfgang-Flad-Preis.



Abbildung 1: Eine Marke für die „Post aus einer anderen Welt“: 600 000 Stück mit einem Nennwert von 3,75 Euro und 30 mg „Meteoritenstaub“ warten auf Sammler (Fotos – sofern nicht anders angegeben – Obendrauf).

Nachdem die „schicksalsträchtige“ Vokabel Meteorit nicht nur bei jugendlichen Lernenden chemisch-analytisch orientierte Lernprozesse hin bis zur Frage nach den kernphysikalischen Reaktionen der Stern- bzw. Elemententstehung stimulieren könnte, scheint es eigentlich verwunderlich, dass die chemiedidaktische Literatur die Themen „Meteoriten“ bzw. „Meteoritenstaub als Probenmaterial“ bislang völlig ausgespart hat.

Für Meteoriten unterschiedlicher Zusammensetzung gibt es nämlich im Internet überraschend viele Börsen und Online-Shops, wo professionelle Sammler, Abenteurer und Händler ihre kaum verwitterten Funde (häufig aus diversen Wüstengegenden) zum Kauf anbieten. Das zertifizierte(!) Angebot scheint größer als die Nachfrage, weil die Preise des außerirdischen Probenmaterials per Gramm durchaus im erschwinglichen Rahmen bleiben [4,5,6].

Wenn es nach einem amerikanischen Jugendbuch für Hobby-Astronomen geht, soll selbst das eigenständige Sammeln von magnetisierbarem „Meteoritenstaub“ in unseren Breiten nicht völlig unrealistisch sein (Abbildung 2 bzw. [7]). Bei genauerer Betrachtung (Abschnitt *Sternschnuppen und mehr*) scheint es aber ganz und gar nicht so einfach wie hier beschrieben, in der gesammelten Probenmasse zwischen Unmengen an terrestrischem Staub unserer Industriegesellschaft und extraterrestrischen Partikeln z.B. von eisenreichen H-Chondriten und Fe-Ni-Meteoriten zu unterscheiden. Das gilt selbst dann, wenn man sich auf jene Partikel konzentriert, die



Abbildung 3: Die Malerin P. I. Medvedew hat im Jahr 1947 als Augenzeugin das „Landen“ des Sikhote-Alin-Boliden auf Leinwand festgehalten.

einmal jährlich verstärkt vom ersten Regen nach dem 12. August aus der Atmosphäre ausgewaschen werden, weil unsere Erde zu dieser Zeit vom periodischen Perseiden-Schauer getroffen wird. Nur verschwindend wenig von dem Material, das nach [7] mittels Magnet gesammelt werden kann, kommt theoretisch auch aus dem Weltall. Dazu kommt, dass nicht alles, was extraterrestrisch wäre, tatsächlich magnetisierbar ist.

### Sternschnuppen und mehr

Größere Objekte aus dem All donnern zum Glück recht selten zur Erde. Ein gut dokumentiertes Beispiel für einen fulminanten „Impact“ ist der Sikhote-Alin-Meteorit, der am 12. Februar 1947 in Ostsibirien ein spektakuläres Schauspiel geliefert hat. Viel zu groß, um schon beim Eintritt in die Atmosphäre zu harmlosem Staub zu verglühen, raste der klassische Eisenmeteorit mit einer geschätzten Ursprungsmasse von 200 Tonnen [3] über das Sikhote-Alin-Gebirge nördlich von Wladiwostok und zerbrach schließlich in mehrere tausend Bruchstücke, die als Meteoritenschauer innerhalb eines Streufeldes von ca. 1 km<sup>2</sup> den Erdboden erreichten. Der größte der mehr als 120 Krater hatte einen Durchmesser von 28 m. Eine russische Künstlerin hat als eine von vielen Augenzeugen den rasenden Feuerball (Boliden) auf Leinwand festgehalten (Abbildung 3). Seit dem Einschlag des Meteoriten, klassifiziert als grober Oktaedrit der Gruppe IIB, wurden im Streufeld über 8000 Meteoritenbruchstücke

mit einer Gesamtmasse von rund 30 Tonnen eingesammelt (und teilweise verkauft).

Die durchschnittliche chemische Zusammensetzung dieses ostsibirischen Meteoriten: 93 % Eisen; 5,9 % Nickel; 0,42 % Cobalt; 0,46 % Phosphor; 0,28 % Schwefel; 161 ppm Germanium; 52 ppm Gallium; 0,03 ppm Iridium. Ein Glück für Sammler, Händler und Käufer, dass das Ursprungsobjekt des Sikhote-Alin-Meteoriten genau im gewichtigen Limit war: Nicht zu klein und nicht zu groß für den gebremsten Eintritt in die Erdatmosphäre und auch passend für einen einigermaßen moderaten Aufprall auf die Erdoberfläche.

Einmal in etlichen 100 000 Jahren wird unsere Erde nämlich auch von einem riesigen Meteoriten von mindestens einem halben Kilometer Durchmesser getroffen. Derartige Objekte werden von der Atmosphäre kaum gebremst und „landen“ mit ihrer typischen kosmischen Reisegeschwindigkeit zwischen 20 und 50 km/s auf dem Boden. Die schlagartig freiwerdende Energie dieser Größenordnung hat zur Folge, dass die kosmischen Trümmer dabei fast vollständig verdampfen. Zurück bleibt nichts als ein riesiger Einschlagskrater.

Am 15. September 2007 war dies offensichtlich in etwas kleinerem Ausmaß zufällig in Peru nahe der bolivianischen Grenze der Fall: Nachdem Augenzeugen einen Feuerball und eine Explosion registrierten, gab es kurze Zeit später nicht nur Meldungen über einen 20 bis 30 m großen Krater (Abbildung 5), sondern auch besorgte Berichte über beträchtliche gesundheitliche Probleme bei rund 200 Schaulustigen. Die Beschwerden sind vermutlich auf Stäube oder auf Dämpfe (mit diversen Arsen- bzw. Schwefelverbindungen) zurückzuführen, die beim Impact eines doch größeren Meteoriten in Wechselwirkung mit dem (feuchten) Erdboden gebildet wurden.

Abbildung 2: Eine Rezeptur zum Sammeln von Partikeln des Perseidenschauers aus [7]. Der überwältigende Teil des magnetisierbaren Sammelguts kann jedoch nur terrestrischen Ursprungs sein...

**BECOME A METEORITE HUNTER**

**MATERIALS**



small knife



magnet



a very clean basin

**1. Wait for the first rain after 12 August. Then put your basin outside.**



**2. After one hour, go get it and put it in a very dry and airy place. Don't touch it again until all of the water has evaporated.**



**3. If your hunt has been successful, you will find a bit of dust stuck to the bottom of the basin. Scrape it gently with your knife and bring the magnet close to it. Watch carefully: if you have gathered bits of meteorites, they will be drawn to the magnet, because they contain iron.**







Abbildung 4: Dies ist ein 161 g schweres Schrapnell des Sikhote-Alin-Meteoriten.

Weit häufiger als derartige Ereignisse sind Meteore (griech: *metéoros* = „schwebend, in der Luft“) mit einem Durchmesser von 1 bis 10 mm (Masse ca. 2 mg bis 2 g). Solche Meteore gelten als eigentliche Ursprungsobjekte von klassischen Sternschnuppen: Man schätzt die Gesamtmasse aller Objekte, die allein in dieser Kategorie jeden Tag die Erdatmosphäre erreichen und dabei meist vollständig zu feinstem Staub verglühen, auf insgesamt 5 Tonnen. Nach [9] sollten weltweit pro Stunde rund 1 Million Sternschnuppen die Phantasie und das Wunschenken von potenziellen Augenzeugen beflügeln können. Bei guter Sicht und wenig „Lichtverschmutzung“ durch anthropogenes Streulicht innerhalb eines nächtlichen Sehfeldes von  $100 \times 100$  km sollte ein lokaler Beobachter im Schnitt somit rund 16 Meteore pro Stunde als Sternschnuppen registrieren können. Kleinere Objekte (Mikrometeorite mit einem Durchmesser von weniger als 0,1 mm) bzw. kosmische Staubteilchen fallen jeden Tag in noch viel größerer Menge auf die Erde: Nach [10] nimmt die Masse unserer Erde durch den Eintrag von interplanetarischem Staub pro Jahr um 0,25-14 Millionen Tonnen zu. Nach [11] beträgt der tägliche(!) Eintrag von Mikrometeoriten bzw. Meteoritenstaub auf die Erdoberfläche je nach Jahreszeit ca. 1000 bis 10000 Tonnen. In einem Beitrag aus „Bild der Wissenschaft“ [12] liegt man mit der Schätzung von 6500 Tonnen pro Tag in der Mitte. Das scheint viel, ist aber letztlich doch wieder sehr wenig: Geht man von den Daten aus [10], errech-

Abbildung 5: Ein Bild aus Spiegel-Online von einem aktuellen Krater in Peru, nahe der bolivianischen Grenze, entstanden im September 2007 [8].



net sich bei einer Erdoberfläche von rund  $5 \cdot 10^8 \text{ km}^2 = 5 \cdot 10^{14} \text{ m}^2$  für jeden Quadratmeter Erdoberfläche ein Eintrag von durchschnittlich 0,5-28 mg an tatsächlich extraterrestrischem Material pro Jahr. Nimmt man die maximalen 10 000 Tonnen pro Tag aus [11], so errechnet sich nur eine Menge von 0,02 mg Eintrag pro Tag und  $\text{m}^2$ . In einem Standardwerk über Meteoriten und Meteoritenstaub [3] findet man für IDPs (Interplanetary dust particles), die mit einer Masse von 1 mg oder weniger auf die gesamte Erdoberfläche gelangen, gar nur eine Schätzung von 110 000 kg pro Tag. Pro Quadratmeter und Tag wären dies rechnerisch nur 0,0002 mg. Auch wenn man ganz unterschiedliche Tagesmengen an Meteoritenstaub ins Kalkül zieht, scheint die einfache Anweisung zum Sammeln von „Stardust“ durch Auffangen und Verdunsten des ersten Regenwassers nach dem jährlichen Perseiden-Schauer ([7], Seite 31) doch etwas sehr optimistisch wenn nicht gar allzu kühn.

Der Großteil aller extraterrestrischen Objekte stammt aus dem interplanetaren Raum, also aus unserem Sonnensystem; nur ein ganz geringer Teil kommt von fremden Sternen (aus dem interstellaren Raum). Verunreinigungen des interplanetaren Materials mit irdischem „Raumforschungs-Müll“ (Rückstände von verglühten Satelliten-(teilen) und Raketenstufen, Oxidationsprodukte von herkömmlichen Festbrennstoffraketen der Space Shuttles wie z.B. Aluminiumoxid, ganz banale terrestrische Stäube mit hohem Eisenanteil aus unserer motorisierten Industriegesellschaft bzw. auch atmosphärischer Staub vulkanischen Ursprungs erschweren die Differenzierung sehr. Um derartigen Kontaminationen von extraterrestrischen Proben aus dem Weg zu gehen, wurde in 50er des vorigen Jahrhunderts erstmals Material mit hoch fliegenden Flugzeugen und Ballons gesammelt. Der Erfolg hielt sich in Grenzen, denn die meisten der gesammelten Partikel waren noch immer irdischen Ursprungs. Viele Partikel waren auch zu klein, um sie mit den Methoden von damals chemisch-analytisch untersuchen zu können. Erst nach 1970 schafften es speziell adaptierte Flugzeuge mit extrem großer Flügelspannweite in 20 km Höhe auch mit relativ geringer Geschwindigkeit zu fliegen um auf diese Weise etliche 100 IDPs mit einem typischen Durchmesser von 1 bis  $50 \mu\text{m}$  sammeln zu können. Viele dieser Partikel sind lose Aggregate von noch kleineren porösen Körnchen mit einem Durchmesser von 0,1 bis  $3 \mu\text{m}$  und chondritischer Zusammensetzung (Abschnitt *Glossar*). Auch tiefe Ozeane sind offenkundig Sammelbecken für IDPs, was seit hundert Jahren bekannt ist und auch genutzt wird: Mit Magnet-Kollektoren, die entlang des Meeresbodens gezogen wurden, konnten aus den Sedimenten häufig sphärische (also rund geschmolzene) Partikel mit einem Durchmesser von 1mm und sogar mehr gesammelt werden. [3, Seite 8]. Die Zusammensetzung dieser Kügelchen ist vergleichbar mit klassischen Eisenmeteoriten (Magnetit, Nickel, Fe-Ni-Legierungen; Abschnitt *Glossar*), die auch als Ursprungsobjekte angesehen werden. Mehr als die Hälfte der sphärischen Partikel aus Tiefsee-Sedimenten bestehen jedoch aus Mg-reichen

Olivinen und Magnetit in silikatischem Glas. Diese ebenfalls rund geschmolzenen Partikel werden als abgesprengte IDPs von größeren chondritischen Meteoriten betrachtet.

## Glossar

Es gibt zahlreiche (auch populärwissenschaftliche) Publikationen zur Meteoritenforschung. Allein in „Spektrum der Wissenschaft“, der deutschen Ausgabe des „Scientific American“ sind in den letzten fünfzehn Jahren dutzende Beiträge erschienen (z.B. [13]). Auch im deutschen „Bild der Wissenschaft“ finden sich in vielen Heften astronomische Beiträge über Meteoriten (z.B. [11]). Mit neuen bzw. verbesserten Analysemethoden ist nämlich aus Meteoriten-(staub) viel mehr an Information über kosmische Fragestellungen extrahierbar, als dies vor wenigen Jahren noch denkbar war.

Interplanetare Meteoriten enthalten „eingefangene“ interstellare Partikel, die heutzutage chemisch und physikalisch separiert werden können. Die Zusammensetzung dieser Teilchen unterscheidet sich im Isotopenverhältnis der Elemente signifikant von jenem in unserem Sonnensystem. Dieser „präsolare Staub“ ist älter als unsere Sonne, stammt aus den Winden von „Roten Riesen“ oder aus Supernova-Ereignissen und kann wichtige Erkenntnisse zur stellaren Nukleosynthese also zur Entstehung der Elemente überhaupt liefern. Ohne imageträchtige aber kostenintensive Weltraummissionen starten zu müssen, kann man an solchen interstellaren Teilchen, die häufig vorwiegend aus Siliciumcarbid (Abbildung 5), Graphit, Spinellen ( $MgAl_2O_4$ ) und Korund ( $Al_2O_3$ ) bestehen, Informationen über die chemische Entwicklung unserer Milchstraße bzw. über die Zusammensetzung jener Materie ableiten, aus der unser Sonnensystem vor ca. 4,6 Milliarden Jahren entstanden ist.

Eine detaillierte Beschreibung aller chemisch-physikalischen Aspekte von Meteoriten würde den Rahmen dieser Zeitschrift bei weitem sprengen. Nähere Details finden sich in gut ausgestatteten Standardwerken (z.B. [3] bzw. Abbildung 14). Deshalb sind im Folgenden nur jene markanten Begriffe als Glossar gelistet und kurz erläutert, die zum Verständnis dieses Beitrages nützlich sein können.

### Komet

Kometen sind kleinere Himmelskörper, die im Lauf der Menschheitsgeschichte vor allem als „göttliche Zeichen“ für Schlagzeilen gesorgt haben. Besonders interessant sind periodisch wiederkehrende Kometen im Einflussbereich unserer Sonne. Sonnenferne Kometen werden häufig auch als „schmutzige Schneebälle“ oder besser als „eisige Schmutzbälle“ bezeichnet, weil sie nur aus einem Kern bestehen, der gefrorenes Wasser, Trockeneis, Methan, Ammoniak und Staubteilchen enthält. Die Zusammensetzung dieser Staubpartikel ist häufig ähnlich der des Meteoritenstaubs (Silikate und Nickeleisen). Bekannt wurde der im Jahr 1995 entdeckte Komet Hale-

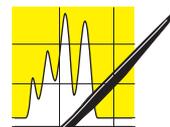
Bopp mit einem Kerndurchmesser von ca. 50 bis 60 km. Im März 1997 kam dieser Komet dem Gravitationsfeld des Jupiters so nahe, dass seine ursprüngliche Umlaufzeit um die Sonne von 4200 Jahren auf 2540 Jahre verkürzt wurde. Zumindest in Sonnennähe sublimieren Kometen leicht flüchtige Substanzen durch einen Teil ihrer kohlschwarzen mineralischen Kruste, die auch aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff (= winzigen CHON-Partikeln) besteht. Durch Aufheizung, Ionisation und Dissoziation der leicht flüchtigen Substanzen bzw. der mitgerissenen Staubteilchen bildet sich schließlich eine sichtbare schalenförmige Koma aus Ionen und Radikalen. Die Bestandteile der Koma werden durch Sonnenwind und Strahlungsdruck zum charakteristischen Kometenschweif, bestehend aus dem schmalen, lang gestreckten Plasmaschweif aus Molekülonen und dem gekrümmten Staubschweif. Ein Teil dieser Staubteilchen wird durch den Strahlungsdruck dermaßen abgebremst, dass sie letztlich wie der übrige interplanetare Staub als „Meteoritenstrom“ auf spiraligen Bahnen in Richtung Sonne trift. Kometen verlieren bei jedem Umlauf um die Sonne auch größere Materieteile. Die Bahnen des resultierenden Meteorstromes ähneln der Umlaufbahn des Mutterkometen. In periodischen Abständen wandert die Erde tatsächlich durch derartige „Ströme“ von Meteorpartikeln. Das Resultat ist z. B. der Persidschauer, der vom Kometen Swift-Tuttle stammt. Swift-Tuttle ist ein kurzperiodischer Komet, der sich der Erde nach dem letzten „Rendezvous“ im Jahr 1992 das nächste Mal im Jahr 2126 auf rund 25 Millionen km nähern wird.

### Meteorid

Meteoriden sind kleine Objekte in einer Umlaufbahn um unsere Sonne. Ihre Größe variiert von Mikrometeoriden mit wenigen Bruchteilen eines Millimeters bis zu einem Durchmesser von etlichen Metern. Meteoride sind somit größer als der interplanetare Staub und kleiner als Asteroiden. Sowohl in Bezug auf die Größe als auch hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung sind zwischen diesen Objekten keine eindeutigen Grenzen definiert. Treffen Meteoride auf die Erdatmosphäre, so führt dies durch Luftkompression zu einer Leuchterscheinung, die man als Meteor bezeichnet. Kleine Meteore sind die bekannten Sternschnuppen, große Meteore bilden die selten geschilderten Feuerbälle (Boliden, siehe *Sikhote-Alin*). Ein nicht vollständig verglühter Meteorid, der die Erdoberfläche erreicht, wird als Meteorit bezeichnet. Die meisten aufgefundenen Meteoriten stammen aus dem Asteroidengürtel.

### Asteroid

Asteroiden sind „Kleinplaneten“ (Planetoiden) in einer Umlaufbahn um die Sonne. Rund 90% davon befinden sich im Asteroidengürtel innerhalb der Umlaufbahnen von Mars und Jupiter. Als „sternähnliche Objekte“ (= „Asteroid“) werden sie nur deshalb bezeichnet, weil



AUFsätze

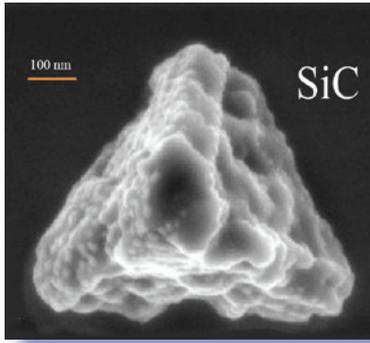


Abbildung 6: Ein größeres „Nanopartikel“ mit etlichen 100 nm aus dem interstellaren Raum („präsolare Staub“), separierbar aus interplanetarem Material.

sie mit den meisten Teleskopen nicht wie die klassischen Planeten als Scheibe sondern wie Sterne nur als Punkte zu erkennen sind. Asteroiden sind größere „Brocken“ als Meteoriten hin bis zum bekannten kugeligen „Zwergplaneten“ Ceres mit einem Durchmesser von ca. 909 bzw. 975 km.

Die Astronomen nehmen heute an, dass die Asteroiden im Rahmen

der Entstehung unseres Sonnensystems durch Zusammenballung von mikroskopisch kleinen Staubteilchen zu größeren Partikeln gebildet wurden. Wenn derartige Partikel mit geringer Geschwindigkeit zusammenstoßen, bleiben die Teilchen aufgrund von chemischen und physikalischen Bindungen aneinander haften. Erreichen diese Aggregationen einen Durchmesser von rund einem Kilometer, wirkt vorwiegend die Gravitation. Ganze Gruppen von größeren Aggregationen vereinigen sich zu noch größeren Objekten, die sich im Inneren aufheizen und schmelzen wie bei der Bildung von Planeten der Kategorie Erde. Die zunehmende Gravitation des wachsenden Planeten Jupiter verhinderte im Asteroidengürtel jedoch diese Bildung eines größeren Planeten. Die Asteroiden wurden in ihren Bahnen beeinträchtigt und kollidierten immer wieder miteinander und zerbrachen wieder dabei. Ein Teil geriet auf Kollisionskurs mit den Planeten und Planetenmonden, was z.B. auch die Einschlagskrater auf unserem Mond erklärt. Größere Asteroiden erhitzen sich nach ihrer Entstehung vor allem durch den Zerfall des Aluminiumisotops <sup>26</sup>Al so stark, dass sie im Inneren aufgeschmolzen wurden:



Elemente mit großer Dichte wie Nickel und Eisen wanderten aufgrund der Gravitation ins Innere, Silikate blieben im Mantel bzw. in der Kruste. Ein Teil solcher differenzierten Asteroiden zerbrach durch Kollision mit anderen Objekten wieder. Mantel und Kern wurden dabei grob getrennt. Nach ihrer Struktur unterscheidet man drei Hauptgruppen von Asteroiden:

- Die *C-Asteroiden* (C wie Kohlenstoff) besitzen eine kohlenstoffartige, sehr dunkle Oberfläche. Vermutlich bestehen die C-Asteroiden aus dem gleichen Material die wie kohligten Chondriten (gewisse Steinmeteorite). Die C-Asteroiden befinden sich im äußeren Bereich des Asteroidengürtels. Rund drei Viertel aller Asteroiden sind diesem Typ zuzurechnen.
- Die *S-Asteroiden* (S wie Silicat) sind der zweithäufigste Asteroidentyp (rund 17%). Sie besitzen eine hellere

Tabelle 1: Enstatit-Chondrite und gewöhnliche Chondrite klassifiziert nach dem Gesamteisengehalt [3].

Chondrit-Klasse	Typ	Eisen (Metall) %	Gesamteisen %	Fayalit %	Forsterit %
EH- bzw. EL-Chondrite	H u. L	17-23	22-33	>1	0
O-Chondrite	H	15 -19	25-30	16-20	14-20
	L	1-10	20-23	21-25	20-30
	LL	1-3	19-22	26-32	32-40

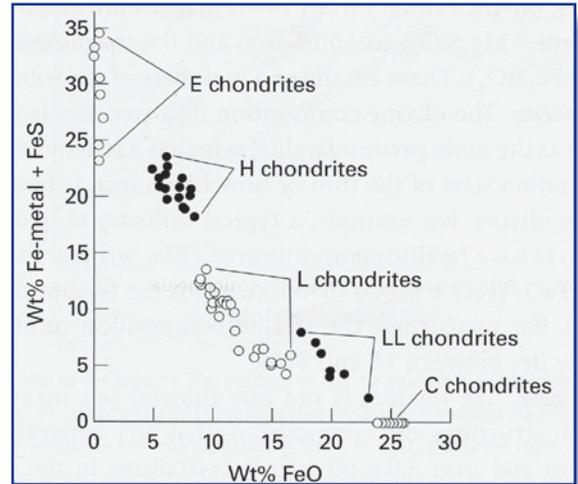


Abbildung 7: Gruppierung der verschiedenen Chondrit-Typen nach dem Gehalt an metallischem Eisen (zusammen mit FeS) und dem jeweiligen Anteil an oxidiertem Eisen (als FeO) [3].

- Die *M-Asteroiden* (M wie metallisch) bilden den dritthäufigsten Typ in dieser Gruppe von Himmelskörpern. Sie sind vermutlich die Reste der metallreichen Kerne von Asteroiden, die bei Kollisionen mit anderen Objekten zertrümmert worden sind und deren Mantel sozusagen abhanden gekommen ist. Man vermutet eine ähnliche Zusammensetzung wie bei den Nickel-Eisenmeteoriten.

### Meteorit

Meteoriten sind Meteoroiden, die auf die Erdoberfläche gelangt sind. Beim Eintritt in die Atmosphäre werden sie oberflächlich erhitzt und geschmolzen, im Inneren bleiben sie dabei je nach Größe unverändert. Die Einteilung erfolgt in *differenzierte* und *undifferenzierte* Meteoriten. Undifferenzierte Meteorite sind mit 86% die bei weitem am häufigsten vorkommenden Meteorite mit Materie aus dem Ursprung des Sonnensystems. Es handelt sich um *Steinmeteorite*, die auch *Chondrite* genannt werden. Der Name Chondrit stammt von kleinen Silikatkügelchen (Chondren), die in der feinkörnigen Matrix eingeschlossen sind. Mineralogisch dominieren die Minerale aus der Klasse der Olivine der variablen Formel  $(\text{MgMnFe})_2[\text{SiO}_4]$ . Es handelt sich dabei also um Inselsilikate, die Mischkristallreihen bilden zwischen reinem Fayalit ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ), reinem Forsterit ( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ) und reinem Tephroit ( $\text{Mn}_2\text{SiO}_4$ ). Bei chondrischen Meteoriten liegt der Fayalit-Anteil häufig zwischen 15 und 30%. Die Klassifizierung Olivin Fa18 (siehe *Meteoritenmarke*) symbolisiert einen Fayalit-Anteil von 18%, der Rest ist meist Forsterit.

Neben Olivinen findet man in chondrischen Meteoriten auch noch Pyroxene (Ketten- bzw. Bandsilikate) als Mischkristallreihe zwischen dem reinen Enstatit mit der Formel  $\text{Mg}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$  und Ferrosilit  $\text{Fe}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$  bzw.  $\text{FeMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$  und gerüstsilikatische Plagioklasse

(Kalknatron-Feldspate) mit den jeweiligen Endgliedern Albit ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ) und Anorthit ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ) in der Mischkristallreihe.

Undifferenzierte Steinmeteorite (Chondrite) sollen in der Zusammensetzung mit Ausnahme der leichter flüchtigen Elemente Natrium und Kalium dem ursprünglichen Sonnennebel entsprechen und somit aus der Frühzeit des Sonnensystems stammen. Chondrite können je nach chemischer Struktur in Gewöhnliche O-Chondrite (H-Chondrite, L-Chondrite, LL-Chondrite), in Enstatit-Chondrite (EH-Chondrite, EL-Chondrite) und Kohlige Chondrite klassifiziert werden. (H = high total iron, L = low total iron, LL = low total iron, low metallic iron) – Tabelle 1 aus [3].

H-Chondrite enthalten nach der Tabelle 1 einen hohen Gewichtsanteil an Gesamteisen, wobei 15 bis 19% des Eisens im ungebundenen, metallischen Zustand vorliegen. Demzufolge sollten H-Chondrite auch relativ stark magnetisierbar sein.

Neben der chemischen Klassifizierung werden Chondrite auch mitunter in petrologische Typen von 1-6 eingeteilt: Chondriten vom Typ 3 sind Meteoriten, die nach der Entstehung des Ursprungsobjektes („Mutterkörper“) aus dem solaren Nebel praktisch unverändert blieben. Die Typen 4-6 waren zunehmend einer thermischen Metamorphose (Rekristallisation) unterworfen. Deshalb findet man in solchen Meteoriten auch fast keine Chondren mehr. Die Typen 1 und 2 haben eine „wässrige“ Metamorphose durchgemacht. Der Wasseranteil beim Typ 1, bei dem keine Chondren mehr sichtbar sind, kann über 20% betragen. Der Wasseranteil bei den Typen 3 bis 6 beträgt maximal 3%.

Bei gewöhnlichen Chondriten (O-Chondrite) und Enstatiten findet man die petrologischen Typen 4-6, kohlige Chondriten sind häufig den petrologischen Typen 1-4 zuzuordnen. Der „Briefmarken-Meteorit“ sollte entsprechend den Untersuchungen des Naturhistorischen Museums Wien dem Typ H4 zugerechnet werden.

Eine grobe Strukturierung der Chondrite ergibt sich auch, wenn man in einem Diagramm den Anteil des oxidierten Eisens (als %FeO) gegen den Gehalt an Eisen als Metallphase zusammen mit Eisensulfid aufträgt (Abbildung 7 [3]).

Kohlige Chondrite gelten als besondere Form der Steinmeteorite mit einem Kohlenstoffanteil bis zu 3% in Form von Graphit, Carbonaten, aber auch organischen Molekülen wie Aminosäuren etc. Kohlige Chondrite waren somit keiner höheren Temperatur ausgesetzt, enthalten aber Minerale, die durch Wasser einer Metamorphose unterworfen waren. Manche kohlige Chondrite (C-Chondrite) enthalten auch noch präsolare Minerale wie SiC (Abbildung 6) und reinen Kohlenstoff als Diamant (allerdings nur im nm-Bereich).

*Differenzierte Meteorite* stammen großteils von den Asteroiden und weisen durch Schmelzvorgänge einen schaligen Aufbau auf. Es gibt in dieser Kategorie differenzierte Steinmeteorite (Achondrite) aus dem Man-

tel von Asteroiden und *Eisen-Meteorite*, die aus dem Kernmaterial von Asteroiden stammen. Nur etwa 5% aller Meteorite sind Eisen-Meteorite. Sie bestehen aus einer Legierung aus Eisen und etwa 5 bis 20 % Nickel. Eisen-Meteorite werden oft als Modell für den Aufbau des Erdkerns verwendet. Neben dem typischen Ni-Fe-Gehalt findet man in Eisen-Meteoriten auch noch Eisencarbid wie Cohenit = Cementit  $(\text{Fe,Ni,Co})_3\text{C}$ , Glanzeisen  $(\text{FeNiCo})_3\text{P}$  bzw. meteorisches Eisensulfid FeS, Kohlenstoff als Graphit und Spuren von Edelmetallen (Ge, Ga, Ir, As, W, Au).

Nickel-Eisen-Meteorite werden nach ihrer Struktur in Hexaedrite, Oktaedrite und Ataxite eingeteilt. *Hexaedrite* wurden bei ihrer Entstehung nicht über  $800^\circ\text{C}$  erhitzt und bestehen fast ausschließlich aus der intermetallischen Verbindung Kamacit mit 4 bis 7,5% Nickel.

*Oktaedrite* sind bei ihrer Entstehung über  $800^\circ\text{C}$  erhitzt worden und bestehen aus Kamacit und dem intermetallischen Taenit.

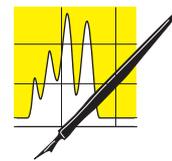
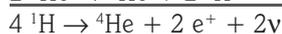
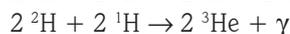
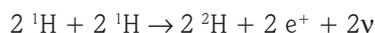
Bei angeschliffenen bzw. angeätzten Meteoritenproben sind die Kristalle von Kamacit und Taenit besonders gut sichtbar (Widmanstättenstrukturen; siehe Kasten nächste Seite). Bekannte Vertreter von Oktaedriten sind u.a. der Sikhote-Alin-Meteorit und der Campo-del-Cielo-Meteorit.

*Ataxite* besitzen einen Ni-Gehalt von mehr als 15% mit sehr hohem Taenit-Anteil, wobei keine Widmanstättenstrukturen mehr sichtbar gemacht werden können.

### Sternentstehung

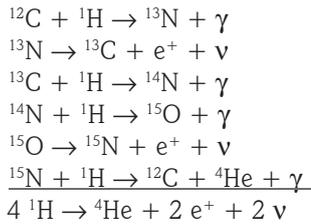
Sterne entstehen aus kosmischen „Wolken“ aus Gas (hauptsächlich Wasserstoff) und Staub, wobei kosmischer Staub nur etwa 0,5 bis 1% des interstellaren Mediums ausmacht. Die Konzentration der Gasteilchen im interstellaren Raum ist sehr gering (etwa 1 Teilchen pro  $\text{cm}^3$ ). Staubteilchen gibt es jedoch noch weniger. Der Orion-Nebel besteht z.B. aus rund 20000 Sonnenmassen Gas und 200 Sonnenmassen Staub. Wenn eine kosmische Wolke mehr als 1000 Sonnenmassen besitzt, wird sie instabil; nach einer Fragmentierung entstehen mehrere Sterne (immer in Haufen). Als einzige Energiequelle steht einem neuen Stern zunächst nur die Gravitation zur Verfügung. Der Stern kontrahiert und die Temperatur im Inneren steigt, bis die Kernreaktion („Wasserstoff-Brennen“) voll einsetzt. Bei Sternen unter 1,5 Sonnenmassen bzw. Zentraltemperaturen unter  $2 \cdot 10^7 \text{ K}$  (zum Vergleich Sonne:  $1,5 \cdot 10^7 \text{ K}$ ) überwiegt dabei die pp-Reaktion (s.u.). Bei höheren Temperaturen dominiert der CNO-Zyklus:

#### pp-Reaktion:

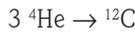


AUFSÄTZE

CNO-Zyklus:



Beim CNO-Zyklus wirken C, N und O quasi nur als Katalysatoren, wobei 4 Protonen zu einem  $^4\text{He}$  (=  $\alpha$ -Teilchen) fusionieren. Da die Reaktion von  $^{14}\text{N}$  zu  $^{15}\text{O}$  von allen gelisteten Kernreaktionen die langsamste ist, werden C, N und O bei etwa  $10^7$  bis  $10^8$  K überwiegend zu  $^{14}\text{N}$ . Hat der Kern des neuen Sterns ca. 10% seines Wasserstoffs (Protonen) verbraucht, so verdichtet sich der Kern des Sterns und die Hülle dehnt sich aus. Sind die Protonen im Kern versiegt, bildet sich eine He-Kernzone, und die H-Brennzone verschiebt sich nach außen. Steigt die Temperatur im Inneren des Sterns aufgrund der Kontraktion auf über  $10^8$  K, so setzt das „Helium-Brennen“ ( $3\alpha$ -Prozess) ein:



Parallel dazu wird der im CNO-Zyklus angereicherte  $^{14}\text{N}$  bei noch höheren Temperaturen mit He weiter „verbrannt“ (fusioniert):

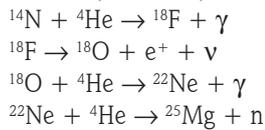
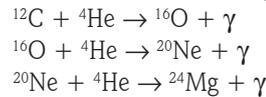


Abbildung 8: Prüfung der Magnetisierbarkeit der Meteoritenmarke.

Da Helium erst bei sehr hohen Temperaturen im  $\alpha$ -Prozess reagiert, werden parallel  $^{16}\text{O}$  und vermutlich auch noch  $^{20}\text{Ne}$  und  $^{24}\text{Mg}$  gebildet:



Wenn der He-Kern des Sterns „ausgebrannt“ ist, wird die He-Brennzone schalenförmig. Außerhalb der He-Brennschale gibt es noch eine Wasserstoff-Brennzone, wo außen vorwiegend der beschriebene CNO-Zyklus stattfindet, weiter innen die  $3\alpha$ -Reaktion.

Sterne mit geringerer Masse stoßen dann ihre äußere Hülle als planetarischer Nebel oder (langsam) durch stellare Winde ab. Der Kern des Sterns bildet den weißen „Zwergstern“ mit hoher Temperatur. Er besteht hauptsächlich aus  $^{12}\text{C}$  und  $^{16}\text{O}$ .



**Die Widmanstätten-Figuren**

Meteoritenstücke aus Sammlungen weisen meist bemerkenswerte Muster auf den Schnittflächen auf, die Widmanstätten-Figuren. Sie entstehen, wenn man einen Eisenmeteoriten auftrennt, die Schnittflächen poliert und mit einer Säure, zum Beispiel verdünnter Salpetersäure, anätzt. Ihre Ursache ist die unterschiedliche Beständigkeit der in den Meteoriten enthaltenen Nickel-Eisen-Mineralen Kamazit und Taenit. Während das Kamazit von der Säure stärker angegriffen und aufgelöst wird, bleiben die Taenitkristalle zurück.

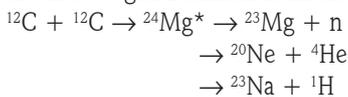
Kamazit (Balkeneisen) ist ein meteoritisches Nickel-Eisen-Mineral mit einem Nickel-Anteil von 4 bis 7,5%. Es kristallisiert in kubisch-raumzentrierter Kristallstruktur. Taenit (Bandeisen; griechisch „tainia“ heißt Band) hingegen hat einen Nickel-Anteil von 20 bis 50 % und kristallisiert in kubisch-flächenzentrierter Kristallstruktur. Das Gemenge aus Kamazit und Taenit heißt Plessit.

Benannt wurden die Strukturen nach dem österreichischen Chemiker Alois von Beckh-Widmanstätten (1754-1849). Ein Widmanstätten-Gefüge ergibt sich auch in Kohlenstoffstahl bei Erhitzen bis in die Nähe des Schmelzpunktes. (RK; Abb.: Kickuth).



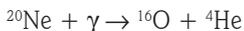
Abbildung 9: Die typische Farbe des Ni-Diacetyldioxim-Komplexes erscheint nach Abpufferung der Säure in der Watte mit Ammoniak.

Wenn das He-Brennen aussetzt, kontrahiert der „Zwergstern“ durch Gravitation. Dadurch steigt die Temperatur im Inneren des Sterns. Dabei werden durch das „Kohlenstoff-Brennen“ angeregte  $^{24}\text{Mg}$ -Kerne erzeugt, die in 3 Wegen zerfallen können:

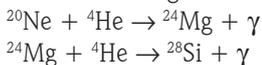


Beim „Kohlenstoff-Brennen“ treten mit den freigesetzten Neutronen, Protonen und  $\alpha$ -Teilchen viele Nebenreaktionen auf, so dass am Ende dieser Phase bereits folgende Nuklide in bedeutender Menge vorhanden sind:  $^{16}\text{O}$ ,  $^{20}\text{Ne}$ ,  $^{23}\text{Na}$ ,  $^{24}\text{Mg}$  und  $^{28}\text{Si}$ .

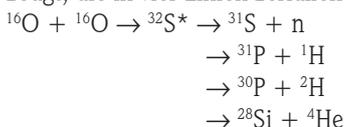
Bei noch höherer Temperatur können die thermischen Photonen das  $^{20}\text{Ne}$  wieder zerstören:



Die neu dazugekommenen  $\alpha$ -Teilchen reagieren dann mit überschüssigem  $^{20}\text{Ne}$  zu  $^{24}\text{Mg}$  und weiter  $^{28}\text{Si}$ :



Bei Temperaturen um  $2 \cdot 10^9$  K setzt das „Sauerstoff-Brennen“ ein. Dabei werden angeregte  $^{32}\text{S}$ -Atome erzeugt, die in vier Linien zerfallen können:



Ist eine Temperatur von  $5 \cdot 10^9$  K erreicht, beginnt das „Silicium-Brennen“, das u.a. durch Einfang von He-Kernen bis zur Bildung der Kerne der Eisengruppe führt. Das häufigste Nuklid im Gleichgewicht ist dabei  $^{56}\text{Ni}$ , das in kurzer Zeit zu  $^{56}\text{Co}$  und weiter zu  $^{56}\text{Fe}$  zerfällt.

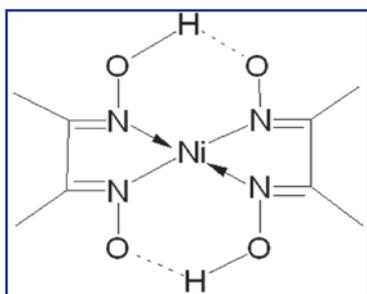


Abbildung 10: 2 Moleküle Diacetyldioxim reagieren mit einem Ni-Ion.

Man nimmt heute an, dass die charakteristischen Lichtkurven der Supernovae-Explosionen durch diese radioaktive Zerfallskette (von  $^{56}\text{Ni}$  zu  $^{56}\text{Fe}$ ) entstehen.

Neben den geschilderten Reaktionen ist der Neutroneneinfang eine sehr wichtige Element-Bildungsreaktion, der die Bildung schwererer Kerne jenseits der Eisen-Gruppe erklärt [14].



## Experimentelle Möglichkeiten

Prüfung der „Meteoritenmarke“ auf Magnetisierbarkeit.

*Material:* 3,75 Euro Briefmarke (Abbildung 1, Bezugsquelle: Postshop [1]), starker Neodym-Magnet.

*Durchführung:* Weil sich nur wenig Probenmaterial auf der Marke befindet und der Eisenanteil des speziellen Chondriten max. 20% beträgt, muss die Empfindlichkeit des Tests maximiert werden. Dazu wird der Markenblock nahezu senkrecht auf die Papierkante gestellt und so an einen geeigneten Gegenstand (z.B. passend gefaltetes Papier) angelehnt, dass die Marke gerade noch nicht umkippt. Führt man nun einen sehr starken Magnet von der Seite langsam an die rot gefärbte „sandige“ Schicht auf der Briefmarke heran, so wird das Markenpapier wenige Millimeter vor dem direkten Kontakt aus der labilen Lage zum Magnet hin bewegt.

*Diskussion:* Die 30 mg des zerkleinerten H4-Chondriten Olivin Fa18 – Abschnitte *Für Sammler und Jäger* und *Glossar, Meteorit* auf der Marke sollten entsprechend Tabelle 1 bzw. Abbildung 7 beträchtliche Mengen an freiem, magnetisierbarem Eisen enthalten. Da dies offensichtlich gar nicht mehr ausgeprägt der Fall ist, bieten sich mehrere Erklärungen an:

- 30 mg an Probe sind für selbst für einen extrem starken Magnet zu wenig.
- Das Eisen war während der Zerkleinerung des Meteoriten stark oxidativen Bedingungen ausgesetzt.
- Das Eisen ist im Zuge des Verfahrens, den „Meteoritenstaub“ auf der Marke dauerhaft zu fixieren, fast vollkommen oxidiert.
- Der 19kg-Brocken (!) war tatsächlich schon so stark durchgehend verwittert, dass das Eisen fast nur mehr in einer nicht magnetisierbaren oxidierten Form vorlag, obwohl der Fundort (algerische Wüste) eher nur sehr langsame Verwitterungsprozesse erwarten lässt.

Der sachkundige wissenschaftliche Mitarbeiter des Naturhistorischen Museums Wien hat in einer telefonischen Auskunft auf die letzte Erklärung getippt [15]. Die Begründung: Der nordwestafrikanische Brocken hatte bereits den starken Verwitterungsgrad W3.

Prüfung eines Eisen-Meteoriten auf Nickel und Eisen

*Material:* Eisen-Meteorit (Bezugsquelle: [4,5,6]), Wattestäbchen, 1%ige ethanolische Lösung von Diacetyldioxim (VWR: Dimethylglyoxim Nr. 1.03062.0100;



Abbildung 11: Eine große Dachfläche dient als „Target“ zum Aufsammeln von Staub aller Art, der vom Regen aus der Atmosphäre ausgewaschen wird.

Abbildung 12: Bei sehr geringem Gefälle der Dachrinne bleibt mit der Zeit ein Teil des abgespülten Materials mehrerer Jahre in der Dachrinne liegen.



Abbildung 15: Abbildungen der Stereolupe (Abbildungen 16, 17) lassen sich mittels Digitalkamera festhalten, wenn ein geeigneter Okularadapter verfügbar ist.

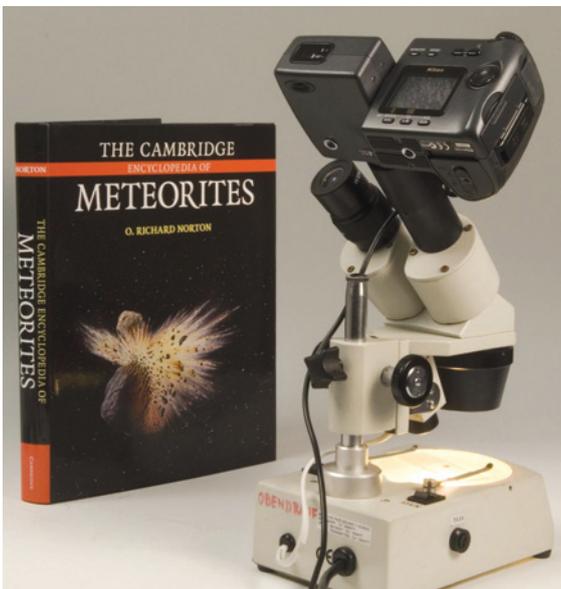
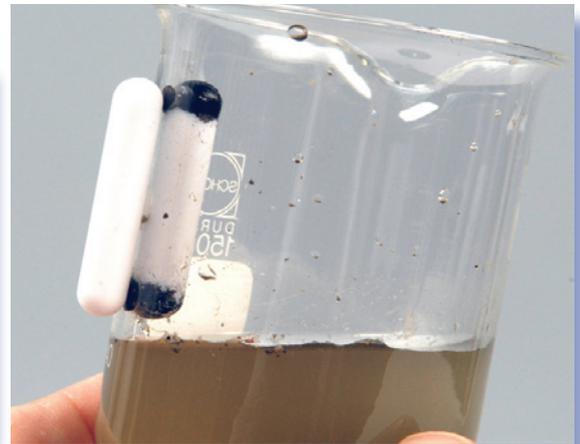


Abbildung 13: Das Langzeit-Sammelgut aus der Dachrinne wird in einem Becherglas in dest. Wasser suspendiert.

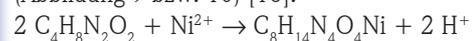
Abbildung 14: Magnetisierbare Teilchen können aus der Suspension an den Polen eines großen Magnet-Rührfisch abgeschieden werden.



100 g 56,40 €); 10%ige Salzsäure, Ammoniak-Lösung conc., 10mL-Becherglas, 2mL-Spritzen

*Durchführung:* 2 mL einer 1%igen Lösung von Dimethylglyoxim werden im Becherglas mit der gleichen Menge Salzsäure (10%ig) gemischt. Das Wattestäbchen wird in die Lösung getaucht, kräftig auf einer glatten, nicht oxidierten Stelle der Meteoritenprobe gerieben und anschließend ca. 10 Sekunden in die Gasphase eines halb mit conc. Ammoniak-Lösung gefüllten Fläschchens gehalten.

*Diskussion:* Nickel und Nickel-Legierungen neigen oberflächlich zur Passivierung. Bei starker mechanischer Belastung wird die Oberfläche auch von schwach salzsauren Lösungen so weit angegriffen, dass der sehr empfindliche Test positiv ist. In Gegenwart von Nickel-Ionen auf dem Wattestäbchen färbt sich die Watte nach Neutralisation der Säure (siehe Reaktionsgleichung!) rot. Es bildet sich der bekannte Ni-Diacetyldioxim-Komplex (Abbildung 9 bzw. 10) [16].



Sammeln und Separieren von Meteoritenstaub (Langzeitfalle)

Wie in den Abschnitten *Für Sammler und Jäger* und *Sternschnuppen und mehr* ausführlich erläutert, scheint

das zeitlich sehr eng gesetzte Sammeln von Regenwasser mit extraterrestrischen Partikeln in einer Schüssel (Abbildung 2) allein rechnerisch nicht sinnvoll.

Manche Dachrinnen mit sehr geringem Gefälle stellen jedoch potenzielle Partikel-Fallen dar, wo aus der Atmosphäre ausgewaschener Staub einerseits über eine große Dachfläche (mit ausreichender Neigung) gesammelt und über Jahre hinweg sedimentiert wird. Insbesondere Eisenpartikel mit hoher Dichte werden angereichert. Im schlammigen Gemisch mit vergleichsweise sehr großen Mengen an terrestrischem Staub (anorganisch und organisch) erweisen sich selbst sehr irdische (nicht sphärische) Eisenpartikel mit großer Oberfläche als überraschend resistent gegenüber einer vollkommenen Oxidation (klassische Korrosion). Das magnetisierbare Material ist oberflächlich eher tiefschwarz als „rostbraun“ (Abbildung 14). Mittels Magnet können diese Partikel einfach vom übrigen Sammelgut getrennt werden. Nicht magnetisierbare Partikel extraterrestrischen Ursprungs gehen dabei natürlich verloren.

Mit etwas Glück findet man mittels Stereolupe neben zahlreichen nicht zu Kugeln geschmolzenen (terrestrischen Eisenpartikeln) auch hin und wieder ein kugeliges Objekt, das doch zu den „cosmic spherules“ zählen könnte.

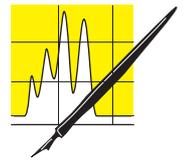
*Material:* Spatellöffel, 2 Bechergläser 150 mL, dest. Wasser, 2 große Magnet-Rührfische, starker Neodym-Magnet, Stereolupe (40fache Vergrößerung), vertiefte Objektträger, optional: Digitalkamera mit Okularadapter (z. B. [17]).

*Durchführung:* Mittels Spatellöffel wird das möglichst über mehrere Jahre angesammelte Sediment aus einer Dachrinne in einem Becherglas mit dest. Wasser gut suspendiert. Ein großer Magnet-Rührfisch

wird in dieser Suspension so intensiv bewegt, dass möglichst viele magnetisierbare Teilchen an den Polen haften bleiben. Der Rührfisch wird mittels eines zweiten Rührfischs (Abbildung 14) aus der Suspension geholt. Die Teilchen an den Polen sind noch stark mit nicht magnetisierbarem Schmutz behaftet und müssen gewaschen werden. Dazu bringt man den Rührfisch in ein anderes Becherglas mit sauberem Wasser und „zieht“ die Partikel mittels eines starken Neodym-Magneten, den man von außen ans Becherglas hält, vom Rührfisch weg. Nach dem Entfernen des Magneten aus dem Wasser wird intensiv gerührt, um die magnetisierbaren Teilchen von anhaftendem Schmutz zu befreien. Die gewaschenen Teilchen werden wieder an den Polen eines gereinigten Rührfisches gesammelt.

Nun kann ein Teil der Probe von einem Pol des Rührfisches in einen vertieften Objektträger mit einem Tropfen Wasser transferiert werden. Dazu bedient man sich am besten wieder eines zweiten Magneten, den man von unten an den Objektträger hält. Unter dem Objektiv einer Stereolupe (z. B. 40fache Vergrößerung) positioniert, lassen sich die magnetisierbaren Teilchen im Wassertropfen im Feld eines starken Magneten orientieren und bewegen. Die überwiegende Zahl der magnetisierbaren Teilchen besitzt eine völlig unstrukturierte Oberfläche und ist terrestrischen Ursprungs. Mitunter findet man noch grünes pflanzliches Material bzw. abgewitterte Teilchen des Ziegeldaches (Abbildung 16).

Ganz selten zeigt sich ein magnetisierbares Teilchen als „Stecknadel im bewegten Heuhaufen“ mit kugeliger Struktur, was auf das Erhitzen und Aufschmelzen eines extraterrestrischen Teilchens beim Eintritt in die Erd-



AUFsätze



### Meteoriten und Mondfahrten

Das Bild ist eine künstlerische Darstellung des Einschlags eines ca. zwölf Zentimeter großen Meteoriten auf dem Mond. Dieses Ereignis beobachteten NASA-Wissenschaftler am 7. November 2005. Er entstammte wahrscheinlich dem Tauriden-Meteorstrom und hatte eine Geschwindigkeit von 27 Kilometern pro Sekunde (Meteoriten vom Leoniden-Strom sind sogar 71 km/h schnell). Beim Aufprall setzte er eine Energie von etwa 70 Kilogramm TNT-Äquivalent frei. Nachdem der Mond wieder in den Fokus der Raumfahrt gerückt ist will man das Risiko solcher Einschläge für Astronauten einschätzen. Ein höheres Risiko als der Einschlag selbst stellt dabei wohl der nach allen Seiten gestreute Auswurf dar. Er wird ja nicht durch eine Atmosphäre gebremst und fliegt wegen der geringen Gravitation – sie beträgt nur 1/6 der Erdgravitation – entsprechend weit. Die NASA-Wissenschaftler nehmen an, dass den Mond jedes Jahr rund 250 Meteoriten mit einer Masse von mindestens vier Kilogramm – in etwa die Masse des Meteoriten vom 7.11.05 – treffen. (RK; Abb.: NASA/MSFC/Steve Roy).

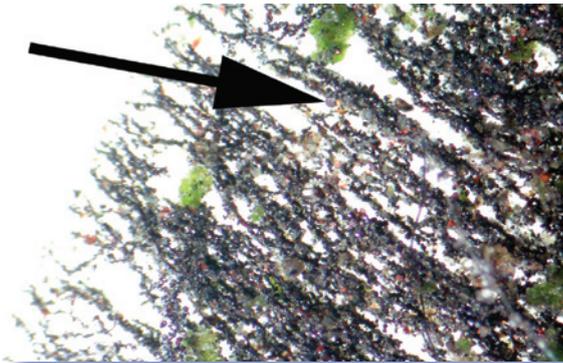


Abbildung 16: Ein kleines, magnetisierbares Kügelchen in einer Fülle von unstrukturierten Partikeln – die Suche nach kosmischen Partikeln gerät fast zur Suche nach der Stecknadel im Heuhaufen. Winzige, an magnetischen Teilchen anhaftende Luftblasen sind jedoch je nach Beleuchtung leicht davon zu unterscheiden.

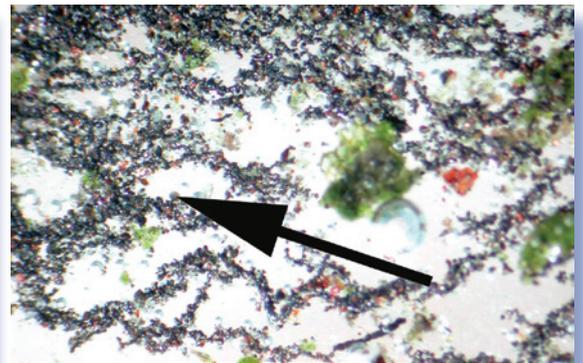


Abbildung 17: Nur ausreichend große Teilchen aus dem interplanetaren Raum schmelzen zu „cosmic spherules“. Runde magnetisierbare Objekte gelten als sehr wahrscheinliche Kandidaten (siehe Pfeil).

atmosphäre hindeutet (Pfeile in Abbildungen 16, 17). Nur ausreichend große Partikel erhitzen sich bis zur Schmelztemperatur. Kleinste Partikel haben ein ausreichend großes Oberflächen/Massen-Verhältnis, dass die auftretende Energie über die große Partikeloberfläche effizient abgegeben werden kann und der Schmelzpunkt nicht erreicht wird. Solche Teilchen „flittern“ mit einer Verweilzeit von einigen Tagen in der Atmosphäre zu Boden ohne dabei zu schmelzen. Diese Partikel sind in der

beschriebenen Weise unter der Stereolupe optisch nicht erkennbar, auch wenn sie prinzipiell magnetisierbar wären. In den statischen Abbildungen 16 und 17 sind die eisernen Kügelchen im übrigen viel schwerer erkennbar, als dies „live“ unter der Stereolupe in einer in Wasser suspendierten und mittels Magnet hin und wieder bewegten Probe der Fall ist. Zu den technischen Details: Die Abbildungen 16 und 17 sind mit Hilfe einer alten Nikon Coolpix 990 (bei ebay heute um etwa 60 Euro zu

## 2 Preisfragen – 2 Meteoritenstücke zu gewinnen



Das Bild links zeigt ein 30 Gramm-Stück Wolfram mit einer Reinheit von 3N5.

1. Frage: Was bedeutet die Reinheitsangabe?

2. Frage: Ergeben sich die Strukturen auf dem Wolfram ebenfalls aus einem Widmanstätten-Gefüge?

Teilnehmer, die eine der Fragen richtig beantworten, nehmen an der Verlosung des etwa 10 Gramm schweren NWA 869-Meteoritenstücks unten rechts teil. Er stammt aus Algerien und ist ein Chondrit.

Teilnehmer, die beide Fragen richtig beantworten, nehmen an der Verlosung beider Meteoritenstücke teil. Das ca. 35 Gramm schwere Stück unten links stammt von dem Sikhote-Alin-Meteoriten, dessen Niedergang am 12. Februar 1947 die Malerin Medvedew beobachtete und als Gemälde umsetzte (siehe Abbildung 3 des Artikels; Fotos: RK (Originalgröße der abgebildeten Objekte je ca. 50 %)).

Bitte senden Sie einfach eine e-Mail an [redaktion@clb.de](mailto:redaktion@clb.de)

Einsendeschluss für die Lösungen ist Dienstag, der 10. Juni 2008!





Abbildung 18: Die magnetisierbaren Teilchen auf dem Rührfisch enthalten Nickel. Im Basischen wird auch die braune Farbe von Eisen-III-hydroxid erkennbar.

haben) entstanden. Als Verbindung zwischen Stereolupe und Digitalkamera (mit praktischem Zoom, Monitor und 3,3 Megapixel) fungiert ein spezieller Okularadapter, der in guter Qualität praktisch für jede bekannte Kamera zu haben ist (Abbildung 15). Die Kosten für den Adapter sind aber leider nicht unerheblich: zwischen 450 und rund 700 Euro exkl. MWSt. (LM Scope [17]).

#### Nachweis von Nickel in der magnetisierbaren Sedimentprobe

Viele Eisenlegierungen unserer Industriegesellschaft enthalten u. a. Nickel. Ein positiver Test auf Nickel in der magnetisierbaren Sedimentprobe aus Versuch *Sammlen und Separieren von Meteoritenstaub (Langzeitfalle)* beweist somit noch nicht, dass winzige Teilchen eines klassischen Eisenmeteoriten vorhanden sein müssen. Trotzdem ist der Test recht reizvoll, weil er so einfach und rasch durchführbar ist.

**Material:** Nachweis-Reagenz für Nickel (1%ige ethanologische Lösung von Diacetyldioxim mit Salzsäure 10%ig im Volumenverhältnis 1:1 gemischt, Versuch *Prüfung eines Eisenmeteoriten auf Nickel und Eisen*), Wattestäbchen, separierte Partikel auf Rührfisch aus Versuch *Sammlen und Separieren von Meteoritenstaub (Langzeitfalle)*.

**Durchführung:** Das mit dem Reagenz getränkte Wattestäbchen wird unter intensivem Drehen fest an die magnetisierbaren Teilchen auf dem Rührfisch gedrückt. Es bleiben in der Watte schwarze Partikel haften. Nach Neutralisation der Salzsäure auf dem Stäbchen (mit „headspace“ Ammoniak-Gas über 25%iger Ammoniak-Lösung) sieht man auf der Watte Spuren von braunem Eisen(III)hydroxid, aber auch die charakteristische Farbe des Ni-Diacetyldioximkomplexes (Abbildung 18). **CLB**



#### Literatur:

- [1] <http://app.post.at/shop/detail.php?prod=206040>
- [2] <http://oesterreich.orf.at/stories/94522/>
- [3] O.R. Norton, The Cambridge Encyclopedia of Meteorites, Cambridge University Press 2002, Seite 321
- [4] <http://www.meteoriten.com/chondrite.html>
- [5] <http://www.haberer-meteorite.de/deutsch/Verkauf.html>
- [6] <http://stores.ebay.at/MeteorStore>
- [7] G. Cannat, N. Locoste, J.-C. Senée, Be Your Own Astronomy Expert, Sterling Publishing Co. Inc. New York 1996, Seite 31
- [8] <http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/0,1518,506516,00.html>
- [9] [http://www.wfs.be.schule.de/PotW/97\\_35/PotW.html](http://www.wfs.be.schule.de/PotW/97_35/PotW.html)
- [10] L. W. Parkin, D. Tilles, Influx measurements of extraterrestrial material, Science, 1968, Vol. 159, Seiten 936-946
- [11] <http://de.wikipedia.org/wiki/Sternschnuppe>
- [12] S. von der Weiden, Boten aus der Urzeit des Sonnensystems, Bild der Wissenschaft, Juli 1997, S. 90-91
- [13] M. Trieflof, Asteroidencrash löste Meteoritenhagel aus, Spektrum der Wissenschaft, Juni 2007, S. 14-16
- [14] T. Stephan, Staub im Sonnensystem, Universität Münster; s: [http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/planetologie/pdf/stephan/staub\\_im\\_sonnensystem.pdf](http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/planetologie/pdf/stephan/staub_im_sonnensystem.pdf)
- [15] Telefonische Auskunft des NHM vom 21. 09. 2007
- [16] V. Obendrauf, Preisdruck killt Low-Cost, Chemie&Schule (Salzbg.) 18 (2003) Nr. 3
- [17] Micro Tech Lab; siehe: <http://www.lmscope.com/index.html>



### Vom Sammler für Sammler: Meteoriten von Hanno Strufe (Foto: erster eigener Meteoritenfund) Privater Sammler [www.strufe.net](http://www.strufe.net)





# CLB – Memory

Die CLB-Beilage für Ausbildung in Chemie, Labortechnik,

Chemietechnik, Biologie und Biotechnik

April 2008

## Neues Angebot einer frühzeitigen Berufsorientierung

## An überbetriebliche Berufsbildungsstätten

**M**it dem neuen Angebot einer frühzeitigen, praxisbezogenen und systematischen Berufsorientierung fördert das Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) ab sofort überbetriebliche oder vergleichbare Berufsbildungsstätten, die Jugendlichen an allgemein bildenden Schulen den Übergang von der Schule in eine duale Berufsausbildung erleichtern.

Jugendliche, die nach dem Ende ihrer Schulzeit einen Ausbildungsberuf ergreifen wollen, benötigen vor allem eins: realistische Vorstellungen über die Berufswelt sowie über ihre eigenen Fähigkeiten und Interessen. Eine frühzeitige – in der Regel in der 8. Klasse einsetzende – individuelle Berufsorientierung erleichtert es auch den Betrieben, rechtzeitig qualifizierten Fachkräftenachwuchs zu gewinnen. Das BIBB führt das neue Programm im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) durch. Es soll auch dazu beitragen, das Interesse der Schülerinnen und Schüler an einem erfolgreichen Schulabschluss zu vergrößern und zugleich die Chancen auf einen Ausbildungsplatz erhöhen.

Die Maßnahmen zur verbesserten Berufsorientierung geben den Jugendlichen die Gelegenheit, für zwei Wochen in einer überbetrieblichen oder vergleichbaren Berufsbildungsstätte praktische Erfahrungen in drei

berufsspezifischen Werkstätten zu sammeln. Unter Anleitung einer Ausbilderin oder eines Ausbilders sollen die Jugendlichen bei praktischer Arbeit ihre Fähigkeiten und Neigungen in wahlweise drei – vor allem handwerklichen – Berufen erproben. Die Berufsorientierung schließt mit einer Zertifizierung ab. Diese soll den Schülerinnen und Schülern sowie möglichen Ausbildungsbetrieben als Entscheidungshilfe für die spätere Berufswahl beziehungsweise für die Übernahme in ein Ausbildungsverhältnis dienen.

Überbetriebliche Berufsbildungsstätten (ÜBS) sind aufgrund ihrer wichtigen Rolle in der dualen Berufsausbildung an der Nahtstelle zwischen Schule und Wirtschaft, ihrer Praxisnähe und vielseitigen Ausrichtung, ihrer Ausstattung, Erfahrung und Kompetenz des Lehrpersonals bestens geeignet, Schülerinnen und Schüler durch Berufsorientierungsmaßnahmen auf das Berufsleben vorzubereiten und den Weg in eine Berufsausbildung zu ebnen. Zudem verfügen die ÜBS über eine flächendeckende Struktur, die bundesweit wirksame Impulse geben kann. Auch vergleichbare Bildungsstätten, die über eine entsprechende Erfahrung in der beruflichen Erstausbildung verfügen, kommen als Träger oder als Kooperationspartner für die Übernahme dieser neuen Aufgaben in Frage.

Das Bundesbildungsministerium stellt für das neue Programm bis 2010 jährlich 15 Millionen Euro zur Verfügung. Neben der Durchführung wurde das Bundesinstitut für Berufsbildung auch mit der Evaluierung des Förderprogramms betraut. Dabei sollen auch die Auswirkungen auf die Motivation der Jugendlichen untersucht werden.

- Die Hochschulregion Tübingen-Hohenheim hat **flächendeckend einen gemeinsamen Studierendenausweis** als Chip-Karte eingeführt. Damit können fast 40000 Studierende in naher Zukunft an allen sechs Hochschulen Bücher ausleihen, kopieren, in der Mensa essen, bezahlen und den Verkehrsverbund der Heimat-Hochschule nutzen.
- **Promotionen von FH-Absolventen** sind an Universitäten in Baden-Württemberg möglich. Nach der letzten Untersuchung der HRK im Jahr 2006 hat Baden-Württemberg nach Sachsen bundesweit die meisten Promotionsanträge von FH-Absolventen zu verzeichnen gehabt. Von 215 Anträgen wurden lediglich 15 abgelehnt.
- Zum Wintersemester 2008/2009 startet ein neuer **Bachelor-Studiengang Kunststofftechnik** an der Fachhochschule Südwestfalen in Iserlohn. Wesentliche Elemente des Studiengangs sind die Fertigungsverfahren, Produktgestaltung, Simulation (CAE), Produktionsmanagement, betriebswirtschaftliche Aspekte und Qualitätssicherung. Die praxisorientierte Ausbildung erfolgt unter Einbeziehung des Lüdenscheider-Kunststoff-Instituts, einem An-Institut der Hochschule.
- Für Lehramtsstudierende der Universität Duisburg-Essen gibt es ein neues Angebot: Ab sofort bietet ihnen das neue **LehramtWiki** unter [www.uni-due.de/lehramtwiki](http://www.uni-due.de/lehramtwiki) aktuelle Informationen über Studienangebote, Termine, Ansprechpartner sowie Stundenpläne und Ordnungen.

## Erste Erfahrungen mit „Kinder-Diplomarbeiten“ Selbst gewählt, erprobt und dokumentiert

**I**m letzten Viertel ihrer Grundschulzeit nutzten elf Kinder der Christian-Morgenstern-Schule in Darmstadt die Möglichkeit zu einer „Kinder-Diplomarbeit“ (freiwillige Hausaufgabe). Sie sollten Experimente zu einem selbstgewählten Thema zusammenstellen, erproben, schriftlich dokumentieren, und sich dabei von Eltern, Verwandten oder älteren Geschwistern helfen lassen.

Im Laufe der letzten drei Jahre hatten die Kinder öfters am Darmstädter Kinderstudentenprogramm teilgenommen, im Sachunterricht eigenständig experimentiert und die schuleigene Forscherwerkstatt besucht, so dass sie im naturwissenschaftlich-technischen Arbeiten durchaus Erfahrungen hatten. Nun waren die Mädchen und Jungen hoch motiviert und fanden sehr viel Freude an der bisher größten forscherschen Herausforderung in ihrem Leben.

### Mitwirkung der Eltern

Die Eltern nahmen das außerschulische, den Sachunterricht aber gleichzeitig ergänzende Bildungsangebot dankend an und unterstützten ihre Kinder. Ihre Hilfestellung war dabei unterschiedlich intensiv. Einige Eltern waren der Ansicht, dass ihre Kinder die Arbeiten weitgehend selbst gestalten sollten, und beschränkten sich deshalb auf formale und organisatorische Ratschläge sowie die Eliminierung grober Formulierungs- und Rechtschreibfehler. Andere Eltern berieten ihre Kinder bereits bei der Themenfindung und wirkten auch bei der Gestaltung der experimentellen Arbeiten und der schriftlichen Dokumentationen mit.

Wiederum andere Eltern stürzten sich gemeinsam mit ihren Kindern in das spannende

Abenteuer der naturwissenschaftlichen Forschung, wobei manches Projekt eine erfreuliche Eigendynamik entwickelte. Nicht nur das Interesse der Jungforscher wurde nachhaltig gesteigert, sondern Naturwissenschaft wurde zusätzlich zum abendlichen Gesprächsthema zwischen Mutter und Vater, und auch jüngere Geschwister waren höchst fasziniert, was da plötzlich Ungewöhnliches im Spielzimmer passierte.

### Was wurde gelernt?

Die Arbeit, die vom Umfang her deutlich über den einer den Kindern bereits bekannten Wochenarbeit hinaus ging, erforderte die Konzentration auf ein Thema sowie das zeitnahe und sorgfältig Dokumentieren der durchgeführten Experimente.

Experimentieren ist auch mit Misserfolg verbunden. Nicht selten mussten Versuche wiederholt oder modifiziert werden, bis sie richtig klappten und aussagekräftig waren.

Forschersche Tätigkeit erfordert ein Literaturstudium. Meisten erhielten die Kinder ihre Ideen aus Experimentierbüchern, die sie bereits besaßen oder die sie sich in der Stadtbücherei ausgeliehen hatten. Andere Anregungen kamen aus Fernseh- oder Videosendungen, z. B. mit Peter Lustig (Löwenzahn). Auch das Internet wurde eifrig als Informationsquelle genutzt – und schätzen gelernt. Besonders häufig wurden Stichworte unter [www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de) angeklickt. Die copy-and-paste-Technik wird inzwischen von manchen Kindern beherrscht, um Interessantes und Wissenswertes über ein Thema in ein eigenes Dokument zu integrieren. Ein Mädchen stieß bei der Suche zu ihrem Thema auf die Web-Seite von Thomas Seilnacht ([www.seilnacht.com](http://www.seilnacht.com)). Herzlichen

Glückwunsch; denn bei dieser exzellenten Internetadresse zum naturwissenschaftlichen Arbeiten mit vielen didaktischen Medien sollte man als Jungforscher ruhig einige Zeit „hängen bleiben“ und schmökern.

Die fertige, abzugebende Arbeit muss nicht nur fachlich korrekt sein, sondern sollte auch einige formale Kriterien erfüllen und darüber hinaus möglichst ansprechend aussehen. So hatten fast alle Arbeiten ein Deckblatt, eine Einleitung, eine Zusammenfassung, ein Literaturverzeichnis und Danksagungen an diejenigen, die geholfen haben. Photomaterial und selbst angefertigte Zeichnungen wurden in den meisten Fällen ordentlich in die Texte eingebunden. Einige Kinder verfassten diese in ihrer „Sonntagschrift“, andere entdeckten den besonderen Wert des Computers als Schreibhilfe.

### Was wurde thematisch bearbeitet?

Eine Arbeit, ohne Experimente, widmete sich der Frage nach der Funktion einer Kerze – ein informativer Zusammenschritt von Texten zu dem Thema aus dem Internet. Mit ihren erworbenen Vorkenntnissen sollte die Schülerin bei Michael Faradays „Naturgeschichte einer Kerze“ weiter lesen.

Ein Mädchen hatte Vielseitiges über „Kalk“ zusammengestellt (z. B. Kalkgebirge, Tropfsteine, Knochen) und in einem abschließenden Experiment gezeigt, wie aus Calciumcarbonat Kohlensäure gewonnen werden kann.

Ein Junge wurde offensichtlich durch den Windgenerator aus seinem Kosmos-Baukasten dazu inspiriert, das Thema „Vom Wind zur Windenergie“ zu vertiefen. Der Versuch mit einem aufgeblähten Luftballon, der beim Loslas-

sen durch den Raum saust, wurde aufgrund der besonderen Faszination des Phänomens gewiss mehr als einmal wiederholt.

Das Themenfeld „Luft“ wurde gleich zweimal bearbeitet. Ein Mädchen erklärte u. a. Zusammenhänge zwischen Luftströmung und Luftdruck; ein Junge fragte sich, warum man mit einem platten Reifen schlecht radeln kann oder warum ein prall aufgepumpter Fußball besser springt als ein weniger luftgefüllter.

Ein anderer Jungforscher beschäftigte sich mit elektrischem Strom. Er erkannte den Unterschied zwischen einer Parallel- und einer Reihenschaltung und fand außerdem heraus, dass man ein Glühbirnchen auch mit einer Zitronen-Batterie zum Leuchten bringen kann.

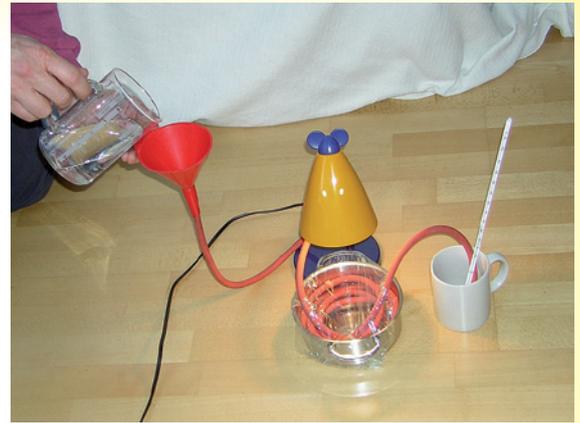
Vielleicht war es nicht ganz zufällig, dass ein großer Freund der Blechbüchsenarmee aus der Augsburger Puppenkiste sich die Frage stellte, ob eine Blechbüchse bergauf rollen könne. Es ist bemerkenswert, dass er diese Frage mit einem in der Experimentierliteratur nur sehr selten beschriebenen Versuch beantwortete: Wenn man an die Oberseite der Innenwand einer liegenden Büchse einen schweren Gegenstand, z. B. einen Schraubenschlüssel, klebt und dessen Schwerpunkt so ausrichtet, dass er ganz leicht auf der Hangseite liegt, und die Büchse dann los lässt, bewegt sie sich tatsächlich bergauf.

Zwei Mädchen hatten sich die Beantwortung zweier konkreter Fragen vorgenommen: „Wie erhält man möglichst große Kristalle?“ bzw. „Wie bekommt man schmutziges Wasser am besten sauber?“ Eine heiß-gesättigte Kalialaun-Lösung wurde auf verschiedene Weise abgekühlt, und da der benachbarte Apotheker die Jungforscherin dadurch unterstützte, dass er seine Laborwaage zur Bestimmung der Ausbeute der erhaltenen Kristalle zur Verfügung stellte, konnte als eindeutiges wissenschaftliches Ergebnis festgehalten werden, dass die

größten Kristalle entstehen, wenn der Abkühlungsvorgang möglichst langsam erfolgt. Ein mit Salz, Erde, Tinte und Parfum versetztes Modellabwasser ließ sich durch einfache Filtration durch ein Kaffeefilter nur bedingt reinigen; eine Passage durch ein mehrstufiges Sand/Kies/Aktivkohle-Bett war erforderlich. Hilfreich zu Lösung dieses verfahrenstechnischen Problems war ein Buch des Opas – emeritierter Professor auf diesem Fachgebiet. Das Stativ, das die Schülerin für ihre Versuche aus Lego-Steinen gebaut hatte, konnte es mit Geräten nach den „Stand der Technik“ durchaus aufnehmen.

Eine Arbeit hatte den Untertitel „Meine erste Diplomarbeit“. Als Gutachter der Diplomarbeit gehe ich die Wette ein, dass eine weitere (echte) folgen wird. Denn die Jungforscherin schaffte es, vielseitige Versuch zum Thema „Druck“, die sie selbständig im Internet recherchiert bzw. aus ihrer Vorlesungsmitschrift entnommen hatte, anschaulich und spannend darzustellen: u. a. die „Teebeutelrakete“ (heiße Luft hat einen geringeren Druck und strömt deshalb nach oben), das „ballongetriebene Auto“ (Luftdruck als Antriebsmittel) und die „zerknautschte Cola-Dose“ (eine mit Wasserdampf gefüllte und dann fest verschlossene Dose, in deren Innenraum beim Abkühlen ein Unterdruck entsteht, so dass der äußere Luftdruck die Dose zerquetscht). Erfreulich ist der Humor des Mädchens. Jede Versuchsbeschreibung leitete sie mit einem beherzten „Wieso? Warum? Darum!“ ein, gefolgt von einer fachlich korrekten Erklärung.

„Die Menschen sind rücksichtslos zu unserer Natur, weil sie zu viel Kohle, Erdöl und Erdgas zur Energiegewinnung verbrennen. Dabei entsteht das Treibhausgas  $\text{CO}_2$ . Deshalb wird die Erde immer wärmer. Wenn die Menschen so weiter die Welt erwärmen, ist vielleicht in 50-100 Jahren der Nordpol geschmolzen. Das hat die Auswirkung, dass ein Teil der Erde überflutet wird. Deshalb



Ein Jungforscher hat ein Solarwärmekraftwerk modelliert: Kaltes Wasser fließt durch einen vom Licht erwärmten Schlauch und erwärmt sich dabei (Foto: Wiskamp).

sollten die Menschen statt Kohle, Öl und Gas besser Naturenergien benutzen.“ – so die Einleitung einer Arbeit, in der anhand von Modellexperimenten u. a. gezeigt wurde, wie Licht zur Warmwassergewinnung genutzt werden kann und wie ein Gezeitenkraftwerk funktioniert. Diese Arbeit ist besonders erwähnenswert, weil der Jungforscher sich ernsthaft Gedanken über die Zukunft macht und bereits richtig erkannt hat, dass Klima und Energie die zentralen Themen seiner Generation sein werden, und dass die Lösungen der sich heute bereits abzeichnenden Probleme auch von naturwissenschaftlich-technischen Innovationen abhängen.

Die Mädchen und Jungen erhielten zum Schluss ihre verdiente Kinder-Diplomurkunde und durften stolz darauf sein. Das konstruktive Potenzial, das in den motivierten und engagierten Kinder-Diplomanden steckt, sollte uns Erwachsenen Zuversicht für die Zukunft geben.

*Prof. Dr. Volker Wiskamp*

#### Literatur:

- V. Wiskamp: Naturwissenschaftliches Experimentieren – nicht erst ab Klasse 7. – 3. Aufl. (inkl. CD-ROM), Shaker Verlag, Aachen 2008, im Druck.

## Praxis Spezialgase (Teil 2)

## Gase im Labor: Risikofaktor Leitungsmaterial

**D**ie Westfalen AG produziert und liefert Jahr für Jahr steigende Mengen Reinstgase und exakt kalibrierter Gasgemische für eine Vielzahl sensibler Anwendungen in Industrie, Forschung, Medizin und Umwelttechnik. Bis die Gase allerdings am Verbrauchsort ankommen, müssen sie Druckminderer, Verschraubungen, Verrohrungen und Verschlauchungen passieren. Dadurch können Reinheit oder Gemischzusammensetzung beeinträchtigt werden. Denn eine nicht sachgemäße Gasführung verursacht schnell Verunreinigungen und stört dadurch die Anwendung.

Potenzielle Kontaminationsquellen sind zum einen die Bestandteile der Luft: Feuchte, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlendioxid, Methan, Argon und Fremdbestandteile. Zum anderen kann auch das Material der gasführenden Teile, wie Weichmacher in den Dichtungen und Schlauchleitungen oder Rückstände im System wie Fette und Öle, zu Verunreinigungen führen.

Bei einer Kontamination werden der Anwendung zusätzliche Gase oder Dämpfe zugeführt, die die Gerätefunktion negativ beeinflussen. Ein weiterer Risikofaktor ist die Ab- oder Adsorption bestimmter notwendiger Gasbestandteile, so dass diese gar nicht erst in das Analysegerät gelangen. So führt beispielsweise:

- Rost zu einer Minderung der Chlorwasserstoff-Konzentration auf dem Gasweg
- Feuchte zu einer Minderung der Chlorwasserstoff- und der Ammoniak-Konzentration auf dem Gasweg
- Sauerstoff zu einer Verfälschung der Sauerstoff-Spurenmessung und einer Störung zum Beispiel bei Schweißanwendungen und
- Weichmacher zu Funktions Einschränkungen in optischen Bereichen.



Abbildung 1: Leitungsmaterialien. In einem Modellversuch prüfte die Westfalen AG die Durchlässigkeit verschiedener Leitungsmaterialien. Am besten schnitt Edelstahl (Mitte) ab (alle Abbildungen Westfalen AG).

## Edelstahl hält dicht

Wieviel Sauerstoff aus der Umgebungsluft durch Kunststoffschläuche in ein Gas eindringen kann, beweist ein Modellversuch der Westfalen AG, bei dem Stickstoff in 6.0-Qualität (99,9999 Volumenprozent) mit einem Sauerstoff-Gehalt von weniger als 0,3 ppm durch unterschiedliche Schlauchmaterialien geleitet wurde (Abbildungen 1 und 2):

- Edelstahl
- Fluorelastomere
- Polyethylen
- Polyvinylchlorid
- Polytetrafluorethylen
- Gummi
- Silicon.

Der Sauerstoff-Gehalt im Stickstoff wurde mit einem Sauerstoff-Messgerät (Delta F) bis zur Messwert-Konstanz (Messbereich 0,1 bis 100 ppm Sauerstoff) gemessen (Abbildung 3). Dabei ist die Permeations-Menge durch einen Schlauch unter anderem abhängig von Material, Länge, Durchmesser und Wandstärke. Ebenso von den Parametern Partialdruck, Temperatur, Druck und Gasfluss, die wäh-

Abbildung 2: Der Versuchsaufbau: Hochreiner Stickstoff wird durch unterschiedliche Schlauchmaterialien geleitet. Der dabei jeweils gemessene Sauerstoffgehalt ist höchst unterschiedlich.



rend der Messungen möglichst konstant gehalten wurden.

Das Ergebnis: Am besten schnitt Edelstahl ab; bei diesem Werkstoff blieb der Sauerstoff-Gehalt am Ende des Gaswegs mit 0,3 ppm nahezu unverändert. Bei dem im Versuch bestplatzierten Kunststoff stieg der Sauerstoff-Anteil bereits auf ein ppm (Abbildung 4), bei PVC auf 3,8 ppm, bei einem Marken-Kunststoff aus PTFE auf 7,5 ppm, bei Gummi gar auf 10,7 ppm. Bei Silicon erreichte die Sauerstoff-Permeation mit 80 ppm sogar Ausmaße, die an „Löcher im Schlauch“ denken lässt, obwohl die Teststrecke nur ein Fünftel der anderen betrug (Tabelle 1).

### Fehler und Folgekosten vermeiden

Der Modellversuch demonstriert eindrücklich, dass die Kontamination von Gasen auf dem Leitungsweg nicht nur von akademischem Interesse ist. In vielen Labors erfreut sich zum Beispiel PTFE wegen der Inertheit des Materials besonderer Beliebtheit. Seine Durchlässigkeit für Sauerstoff wird indes oft nicht beachtet. Für viele Anwendungen ist das zwar zu vernachlässigen, aber bei bestimmten Prozessen, bei denen ein definierter Sauerstoff-Gehalt notwendig ist oder Sauerstoff die Anwendung stört, kann das zu Fehlern und Folgekosten führen. Diese lassen sich durch die vorausschauende Auswahl eines geeigneten Leitungssystems fast immer vermeiden.



Abbildung 3: Messgerät. Analyse des Sauerstoff-Gehalts im Stickstoff bei der Durchleitung durch PTFE.



Abbildung 4: Kunststoffschläuche. Die Kunststoffe erhielten beim Modellversuch keine guten Noten. Am besten schnitt noch ein Marken-Kunststoff aus Fluorelastomeren ab (im Bild das schwarze Schlauchteil).

Material	Länge (m)	Durchmesser innen (mm)	Wandstärke (mm)	Sauerstoff-Gehalt (Vol.-ppm)
Stahl	5	2,1	0,56	0,3
Fluorelastomere	5	4	1	1,0
Polyethylen (PE)	5	4	1	2,2
Polyvinylchlorid (PVC)	5	4	1	3,8
Polytetrafluorethylen (PTFE)	5	4	1	7,5
Gummi	5	4	1,5	10,7
Silicon	1	4	1	80,0

Tabelle 1: Sauerstoff-Permeation durch Schlauchmaterialien.

## Nützliche Ratgeber 114 – 123

## Datenbanken, Suchmaschinen, Beratung

**Datenbank Gefahrgut**

Die Version 6.1 der Datenbank Gefahrgut und des Moduls für Beförderungspapiere ist Mitte März 2008 auf CD-ROM und im Internet erschienen. Diese aktualisierte Version von der BAM enthält themenbezogen und verkehrsträgerübergreifend die geltenden Gefahrgutvorschriften. Das Modul für Beförderungspapiere unterstützt den Benutzer bei der Planung und Durchführung eines Gefahrguttransportes. Durch Plausibilitätsprüfungen und den Zugriff auf die bonitätsgeprüften Daten der Datenbank hilft es Fehler zu vermeiden. Als druckbares Ergebnis erhält der Anwender ein Beförderungspapier, das sich am Muster des multimodalen Beförderungspapiers der UN-Modellvorschriften orientiert. Für die Integration in Firmensoftware oder in Produkte von Softwareherstellern sind die Daten der Datenbank über den Gefahrgutdatenservice der BAM auch separat in verschiedenen Formaten erhältlich. Weiteres unter [www.dgg.bam.de](http://www.dgg.bam.de).

**Was studiere ich?**

Vor gut einem Jahr entwickelten Psychologen der Universität Hohenheim das Selbst-Test-Portal [www.was-studiere-ich.de](http://www.was-studiere-ich.de), Deutschlands einziges wissenschaftlich fundiertes und nichtkommerzielles Beratungs-Tool für Studieninteressierte. Erste Erfolgsbilanz: Statistisch gesehen nutzte jeder zweite Studienanfänger des vergangenen Jahres den interaktiven Online-Test. 90 Prozent der Testteilnehmer sind zufrieden. Der Teilnehmer von [www.was-studiere-ich.de](http://www.was-studiere-ich.de) arbeitet über hundert Fragen zu persönlichen Neigungen durch. Danach folgt eine detaillierte Auswertung mit konkreten Studienempfehlungen. Der Test berücksichtigt hochschulübergreifend 160 verschiedene Studiengänge.

**Clewwa, die schlaue Suchmaschine für Verbraucher**

Anlässlich des Weltverbrauchertags hat das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) mit [www.clewwa.de](http://www.clewwa.de) eine Internetsuchmaschine für Verbraucher gestartet. Clewwa sucht im Gegensatz zu gewöhnlichen Suchmaschinen Informationen aus einem umfassenden, fest definierten Katalog relevanter Internetseiten, der ohne Ansehen der vertretenen Positionen zusammengestellt wurde. Der Suchkatalog umfasst die Themen Lebensmittel, Kosmetik, Textilien, Tabak, Bedarfsgegenstände, Futtermittel, Pflanzenschutz, Tiergesundheit, Umwelt,

Gentechnik und Verbraucherschutz. Nutzer können die Ergebnisse einschränken und sich beispielsweise nur Links anzeigen lassen, die von Behörden oder Universitäten stammen, von Unternehmen oder Verbraucher- und Umweltverbänden. Diese Auswahlmöglichkeit nach Kategorien und die Reduktion auf wirklich relevante Internetseiten sind Pluspunkte, mit denen sich Clewwa positiv von gängigen Suchmaschinen abhebt. Das BVL hat die Suchmaschine Clewwa gemeinsam mit dem Regionalen Rechenzentrum für Niedersachsen der Universität Hannover entwickelt.

**Biologie für Lehrer und Naturinteressierte**

Zu den aktuellen Jahrgängen der beiden umfassendsten Datenbanken im Bereich der Biologie, den Biological Abstracts und dem Zoological Record, hatten bisher nur Universitätsangehörige Zugang. Das hat sich jetzt geändert: Lehrer, Naturinteressierte und andere Privatpersonen können über vifabio, die Virtuelle Fachbibliothek Biologie der Universität Frankfurt, einen kostenpflichtigen (Pay-per-use) Zugang zu den Datenbanken erhalten. Biological Abstracts ist die weltweit größte und umfassendste

bibliographische Datenbank im Bereich der Biowissenschaften. Über 6000 wissenschaftliche Periodika werden ausgewertet. Für den überwiegenden Teil der aufgenommenen Nachweise liegen Kurzzusammenfassungen (Abstracts) vor. Zoological Record ist die weltweit umfassendste und älteste Literaturdatenbank zu zoologischer Literatur. Ausgewertet werden über 6000 fortlaufende Sammelwerke und etwa 1500 begrenzte Werke. Weiteres zur Fachbibliothek Biologie unter [www.vifabio.de](http://www.vifabio.de).

**Deutscher Bildungsserver startet neuen Weblog**

Aktuelles zu Bildungsthemen berichten, diskutieren und kommentieren; was beim Deutschen Bildungsserver bisher so nicht möglich war, erlaubt nun der neue BildungsserverBlog. Die Beiträge des als Online-Journal konzipierten Blogs, der unter <http://blog.bildungsserver.de/> frei geschaltet wurde, decken das gesamte Spektrum des Internet-Wegweisers zum Bildungswesen ab: Von der Elementarbildung, über Schule und Hochschule zur Weiterbildung bis hin zu Querschnittsthemen

wie Interkulturelle Bildung oder Medienkompetenz. Die Landesbildungsserver ([www.bildungsserver.de/zeigen.html?seite=450](http://www.bildungsserver.de/zeigen.html?seite=450)) sind eingeladen, über aktuelle Themen und Entwicklungen in den Ländern zu berichten. Informationen unter [www.dipf.de/bildungsinformation.htm](http://www.dipf.de/bildungsinformation.htm). Der Bildungsserver ist ein Gemeinschaftsservice von Bund und Ländern. Sitz der koordinierenden Geschäftsstelle ist das Deutsche Institut für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF) in Frankfurt und Berlin.

## Merkblatt über Listerien

Über den Schutz vor Infektionen mit Listerien informiert ein neues Verbrauchermerkblatt des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR). Mit etwa 500 gemeldeten Fällen pro Jahr in Deutschland tritt die Infektionskrankheit zwar vergleichsweise selten auf, hat aber durch die Schwere des Verlaufs eine große Bedeutung. Weil Listerien in Lebensmitteln vorkommen können, muss besonders auf die Küchenhygiene geachtet werden. Eine Listeriose äußert sich in grippeähnlichen Symptomen, in schweren Fällen kann es zur Hirnhautentzündung kommen. Listerien kommen überall in der

Umwelt vor und gelangen häufig bereits auf der Stufe der Gewinnung, zum Beispiel beim Melken oder beim Schlachten, auf die Lebensmittel. Auch durch mangelnde Hygiene bei der Verarbeitung können Lebensmittel mit dem Keim verunreinigt werden. Das Merkblatt „Schutz vor lebensmittelbedingten Infektionen mit Listerien“ richtet sich an Verbraucher und Multiplikatoren. Es ist kostenlos und kann schriftlich in der Pressestelle des BfR (pressestelle@bfr.bund.de oder per Fax unter 030-8412-4970) angefordert werden. Es steht auch im Internet als Dokument zur Verfügung.

## Durchblick bei Laboruntersuchungen

Das Informationsportal [www.labtestsonline.de](http://www.labtestsonline.de) bietet kompakte und verständliche Informationen zu labordiagnostischen Tests, erklärt Abkürzungen und Messwerte. Patienten erhalten dadurch die Möglichkeit, sich auf das Gespräch mit ihrem Arzt vorzubereiten. Sie können aber auch nachlesen, was sie in der Arztpraxis nicht verstanden haben. Auch Mediziner profitieren von der Internet-Seite: Sie werden über testspezifische Besonderheiten aufgeklärt. Das gemeinsame Informationsangebot der Deutschen Gesellschaft für Klinische Chemie und Laboratoriumsmedizin (DGKL), unter deren alleiniger wissenschaftlicher Verantwortung das Projekt steht, und des

Verbands der Diagnostica-Industrie (VDGH) wurde nun noch einmal deutlich erweitert: Ab sofort sind Informationen zu 20 neuen Labortests aus den Bereichen Hormone, Insulin und Tumormarker abrufbar. Darüber hinaus wurde das Glossar ergänzt. Verbrauchern werden 400 Fachausdrücke allgemein verständlich erläutert, die für das Verständnis von Laboruntersuchungen und Erkrankungen hilfreich sind. Die Informationen können bei [www.labtestsonline.de](http://www.labtestsonline.de) sowohl unter den Bezeichnungen für Laboruntersuchungen als auch unter der Erkrankung selbst abgerufen werden. Die Beschreibungen der Labortests sind dabei direkt mit dem Glossar und den Erkrankungen verlinkt.

## Energie und Nachhaltigkeit in Hochschulen

Im Brennpunkt des HIS-Mitteilungsblatts 1-2008 stehen die Themen Energie und Nachhaltigkeit in Hochschulen sowie die Betroffenheit der Hochschulen durch die REACH-Verordnung und das weltweit harmonisierte System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien, Globally Harmonised System (GHS). Das Klimaprogramm der Bundesregierung weist den Weg für weitere Maßnahmen

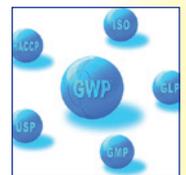
im Bereich Energieeffizienz und Erneuerbare Energien. Eine Reihe von neuen und überarbeiteten Gesetzen und Verordnungen werden zu einer Verschärfung der Anforderungen, aber auch zu neuen Fördermöglichkeiten führen, die auch für die Hochschulen von Bedeutung sind. Gerade in Kraft getreten, wird die Energieeinsparverordnung (EnEV) bereits wieder überarbeitet.

## Biopolymere-Datensammlung

Die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) gibt zusammen mit der Fachhochschule (FH) Hannover und der M-Base Engineering+Software GmbH eine erste Version ihrer Biopolymer-Datenbank heraus. Um interessierten Verarbeitern den Einstieg in die Biokunststoff-Technologie zu erleichtern und den Materialien so den Marktdurchbruch zu ermöglichen, soll die Biopolymer-Datenbank anwendungsspezifische Material- und Kenndaten vollständig verfügbar machen. In der vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) geförderten Datenbank sind alle für Kunststoffverarbeiter relevanten Kenndaten zu den derzeit kommerziell verfügbaren Biokunststoffen zusammengefasst. Die vorläufige Version enthält ausschließlich die verfügbaren Hersteller-Angaben. Die für 2009 geplante Endversion soll später auch umfassende, unabhängig überprüfte Kennwerte beinhalten. Näheres unter [www.fnr.de](http://www.fnr.de).

## Richtlinie zur Auswahl von Waagen

Nach vielen Jahren mit GLP, GMP, GCP und anderen Guidelines und Normen wie z.B. HACCP bietet nun erstmals ein Waagen- und Gerätehersteller ganz konsequent eine eigene weltweit anwendbare Richtlinie zur Auswahl und Prüfung von Waagen an. Mit der Richtlinie Gute Wägepraxis™ (GWP®) bietet METTLER TOLEDO als erster Waagenhersteller ein individuell auf jeden Kunden und jeden Wägeprozess zugeschnittenes Programm zur Erhöhung der Messsicherheit und zur Einhaltung der geforderten Prozesstoleranz. Mit GWP erhält der Kunde ein lückenloses Maßnahmenpaket, das den Prüfaufwand minimiert, keinerlei Abweichung von Forderungen, Normen und Qualitätsstandards zulässt und mehr Sicherheit bei Audits bietet.



# Chemie und Energie

## Brennstoffzellen

1 Brennstoffzellen ...

- A ... produzieren Wasserstoff.
- B ... arbeiten entsprechend dem Prinzip der Elektrolyse.
- C ... wandeln Energie von einer Form in eine andere.
- D ... speichern Energie.
- E ... erzeugen Gleichspannung.

2 Was sind mögliche Brennstoffe für Brennstoffzellen?

- A Kohle.
- B Wasserstoff.
- C Holz.
- D Methanol.
- E Biodiesel.

3 Von wem stammt der Satz:

„Das Wasser ist die Kohle der Zukunft.“?

- A Konrad Adenauer (1949).
- B Leonardo Da Vinci (1493).
- C Werner Heisenberg (1927).
- D Christian Friedrich Schönbein (1838).
- E Jules Verne (1870).

4 Ordnen Sie folgende Energieträger nach steigender Energiedichte (Heizwert bei Brennstoffen oder Kapazität bei Batterien) in Joule pro Kilogramm:

1: Alkali-Mangan-Batterie,  
2: Benzin, 3: Bleiakkumulator,  
4: Erdgas, 5: atomarer Wasserstoff.

- A 1, 2, 3, 4, 5.
- B 2, 1, 4, 5, 3.
- C 5, 3, 2, 4, 1.
- D 3, 1, 2, 4, 5.
- E 3, 2, 5, 1, 4.

5 Bei der Erzeugung elektrischer Energie aus Wasserstoff und Luft in Brennstoffzellen entsteht ...

- A ... Wasser.
- B ... Stickoxid.
- C ... Wasserstoffperoxid.
- D ... Knallgas.
- E ... Edelgas.

6 Bauteil einer Brennstoffzelle ist ...

- A ... eine Anode.
- B ... eine Kathode.
- C ... ein Elektrolyt.
- D ... ein Brennofen.
- E ... eine Gitterzelle.

7 Was kann Bestandteil der Elektrodenplatten in Brennstoffzellen sein?

- A Platin.
- B Palladium.
- C Aktivkohle.
- D Katalysator.
- E Kohlenstoffnanoröhren.

8 Was kann als Elektrolyt in Brennstoffzellen dienen?

- A Säuren.
- B Laugen.
- C Keramiken.
- D Membranen.
- E Schmelzen.

9 Welche Eigenschaft ist für die Polymerfolien, die in Polyelektrolyt-Membran-(PEM-) Brennstoffzellen als Elektrolyt dienen, besonders wichtig?

- A Durchlässigkeit für Wasser.
- B Durchlässigkeit für Wasserstoff.
- C Durchlässigkeit für Elektronen.
- D Durchlässigkeit für Sauerstoff.
- E Durchlässigkeit für Protonen.

10 Wie lautet die Kathodenreaktion einer Wasserstoffbrennstoffzelle?

- A  $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$
- B  $\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$
- C  $\text{H}_2 \rightarrow 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$
- D  $1/2 \text{O}_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{O}_2$
- E  $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$

11 Woher kann der Wasserstoff für eine Wasserstoffbrennstoffzelle kommen?

- A Aus natürlichen Lagerstätten im Erdkern abgebaut.
- B Aus der Atmosphäre extrahiert.
- C Aus Erdgas gewonnen.
- D Aus Kohle dargestellt.
- E Aus Wasser elektrolysiert.

12 Regenerative Wasserstoffherzeugung mit Sonnenenergie ist ...

- A ... besonders preisgünstig.
- B ... fast dreimal so teuer wie die Elektrolyse mit heute üblichem Strommix.
- C ... nicht möglich.
- D ... durch Elektrolyse mit durch Photovoltaik erzeugten Strom nicht möglich.
- E ... durch Elektrolyse mit Strom aus Solarzellen möglich.

13 Was sind zur Zeit kommerziell nicht genutzte Möglichkeiten der Wasserstoffproduktion?

- A Elektrolyse von Kalilauge.
- B Reaktion von Natronlauge mit Aluminium.
- C Wasserstoffgewinnung aus Algen.
- D Wasserstoffgewinnung aus Biogas.
- E Elektrolyse von Phosphorsäure.

14 Was sind Brennstoffzellentypen, die keinen Wasserstoff umsetzen?

- A Direktalkoholbrennstoffzelle.
- B Erdgasbrennstoffzelle.
- C Hydrazinbrennstoffzelle.
- D Sauerstoffbrennstoffzelle.
- E Kohlendioxidbrennstoffzelle.

15 Was ist eine Anwendung von Brennstoffzellen?

- A Heizen im Wohnhaus.
- B Leuchten im Leuchtturm.
- C Energie wandeln im Space Shuttle.
- D U-Boote antreiben.
- E Einen PKW bewegen.

### Lösungen zu Seite M24 (CLB 03/2008):

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

(Alle Lösungen zu Seite M30  
finden Sie in CLB 05/2008  
sowie auf [www.clb.de](http://www.clb.de))

# Seifensiederei und Kerzengießerei

Georg Schwedt, Bonn



AUFsätze

Das Leben der Universitätsstadt Greifswald wird bei nur 55 000 Einwohner heute von den über 10 000 Studenten geprägt. Zu den berühmtesten Söhnen der Stadt zählen Caspar David Friedrich, der Maler der deutschen Romantik, und der Schriftsteller Hans Fallada. Seit 2004 befindet sich im ehemaligen Werkstattgebäude der Greifswalder Friedrich-Familie das Caspar-David-Friedrich-Zentrum mit Räumen der rekonstruierten Friedrichschen Seifensiederei.

## Hanse- und Universitätsstadt

Greifswald wurde erstmals im Zusammenhang mit einem Salzwerk am Ufer des Ryck, seit 1208 im Besitz des Klosters Eldena, erwähnt, erhielt 1241 das Markt- und 1250 das lübische Stadtrecht. 1281 trat die Stadt der Hanse bei und erlebte einen erheblichen wirtschaftlichen Aufschwung – durch Zollprivilegien und Stapelrechte, die Salzgewinnung und den Schiffbau begünstigt. 1456 wurde die Universität mit theologischer, juristischer, medizinischer und der so genannten Artistenfakultät gegründet. Nach der Universität in Rostock (gegründet 1419) besaß Greifswald die zweitälteste Universität Nordeuropas – und ab 1648 (seit dem Westfälischen Frieden nach dem Dreißigjährigen Krieg) bis 1815, als das vorpommersche Gebiet nördlich der Peene zu Schweden gehörte, auch die älteste Universität Schwedens.

Seit 1993 ist Greifswald Mitglied der Euroregion Pomerania. Bereits 1604 erhielt die Universität die erste zentralisierte Bibliothek in Deutschland. Seit 1933 heißt sie Ernst-Moritz-Arndt-Universität nach dem bedeutenden Historiker und Publizisten der deutschen Freiheitsbewegung gegen Napoleon, geboren bei Garz auf Rügen, von 1800 bis 1806 Dozent in Greifswald. Zur Universität – mit historischen Gebäuden in der restaurierten Altstadt und neuen Instituten auf einem Campus, gehört auch das bekannte Friedrich-Löffler-Institut für Tiergesundheit (in der Exklave Riems in Richtung Stralsund). Schwerpunkte sind die Physik mit Plasmaphysik, Geo- und Lebenswissenschaften sowie der Bereich Staat und Wirtschaft. Das sehenswerte barocke Universitätshauptgebäude (Domstraße 11) wur-

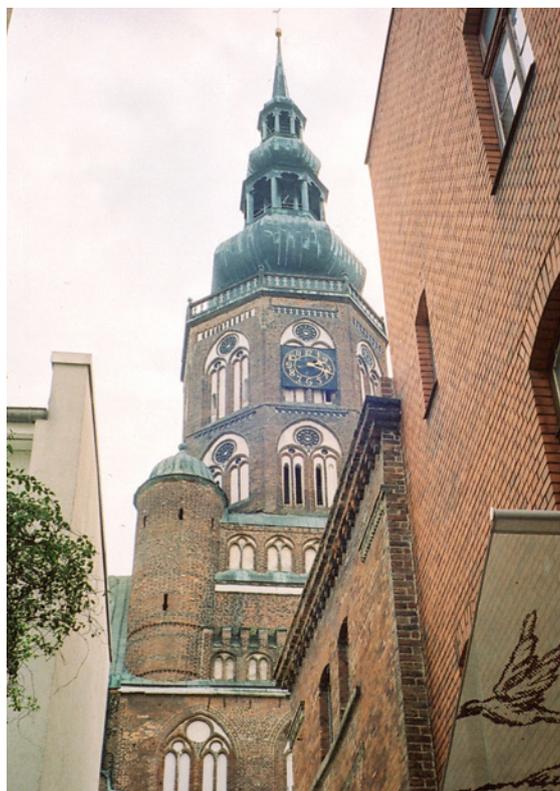


Abbildung 1: Blick durch die Turmgasse mit dem historischen Gebäude der Friedrichschen Seifensiederer (rechts) zum Dom St. Nikolai (alle Fotos: Schwedt).

de von dem Greifswalder Mathematikprofessor Andreas Mayer 1747 bis 1750 entworfen bzw. auch unter dessen Leitung erbaut.

## Die Friedrichsche Seifensiederei

Vom Markt, dem Zentrum der küstenstädtischen Kaufmanns- und Handwerkerstadt mit gotischen Backsteingiebelhäusern, führt die Lange Straße

### Der Autor

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





Abbildung 2: Blick vom Innenhof auf das Gebäude der Friedrichschen Seifensiederei.

zur Friedrichschen Seifensiederei. An der Ecke zur Turmgasse stand das 1901 abgebrannte Geburtshaus des Malers Caspar David Friedrich (Gedenktafel am Haus Lange Straße 57). Er war das sechste von zehn Kindern des Lichtgießers und Seifensieders Adolph Gottlieb Friedrich (gest. 1781) und dessen Ehefrau Sophie Dorothea, geb. Bechly, die beide aus Neubrandenburg stammten. Friedrich war seit 1763 Bürger der Stadt und sein berühmter Sohn wurde am 5. September 1774 geboren. Seine Kindheit und Jugend verbrachte

Abbildung 3: Gerätschaften des Lichtgießers.



er in Greifswald, ab 1794 studierte er Malerei in Kopenhagen und ab 1798 wirkte und lebte er in Dresden, wo er am 7. Mai 1840 starb. Allgemein bekannt ist er unter anderem durch das Gemälde „Kreidefelsen von Rügen“ (1818/19).

Seit 2004 befindet sich im ehemaligen Werkstattgebäude das Caspar-David-Friedrich-Zentrum. Hier kann der Besucher sich nicht nur über das Leben und Werk des Malers informieren, sondern auch die ursprüngliche Seifensiederei und Kerzengießerei kennen lernen. Das Gebäude befindet sich mitten in der Altstadt, in der Nähe des Doms St. Nikolai, des Universitätshauptgebäudes und des ehemaligen Hospitals St. Spiritus. Im Erdgeschoss werden (auch multimedial) Leben und Werk Caspar David Friedrichs dargestellt. Am Computer lassen sich vertiefende Dokumentationen im Touchscreen zum Beispiel auch über „Ereignisse in Kunst, Kultur, Technik und Wissenschaften“ oder „Zur Geschichte des Gebäudes der Seifensiederei“ abrufen.

Die originären Räume im Kellergeschoss sind wieder in den Originalzustand im 18./19. Jahrhundert versetzt worden und zeigen Ausgangsprodukte der Lichtgießerei und Seifensiederei, Seifenmodellen und Handwerkergeräte. Als Schauwerkstatt vermitteln sie sehr anschaulich die Technologie dieser Zeit. Auch hier kann sich der Besucher mit Hilfe eines Autoguides über die verschiedensten Verfahren informieren. Zusätzlich werden Workshops zum „Kerzenziehen und -gießen wie zu Zeiten Caspar David Friedrichs“ (in einem museumspädagogischen Atelier) angeboten.

Hauptförderer dieses historischen Zentrums ist neben der Hansestadt Greifswald die Alfried Krupp von Bohlen und Halbach-Stiftung in Essen, welche der Caspar-David-Friedrich-Gesellschaft einen namhaften Betrag gestiftet hat. Im Museumshop werden Seifen und Kerzen auch zum Verkauf angeboten.

### Handwerkliche Ausbildung zum „Lichterzieher“

Erst im Hochmittelalter erfolgte offensichtlich auch eine handwerkliche Ausbildung zum Seifensieder, Kerzenmacher und Lichterzieher. Ihre Zahl war klein, meist mussten sie sich wegen der Geruchsbelästigungen auch am Rande der Städte niederlassen. Wegen der Verwendung des gleichen Ausgangsmaterials entwickelte sich aus Seifensiedern und Lichtziehern ein Berufsstand. In Hamburg bzw. Lübeck bildeten die Kerzengießer schon 1385 bzw. 1508 ein eigenes Amt, dessen Gründung wohl auf die Bedeutung der Produkte für den Fernhandel zurückzuführen ist. Die Zahl dieser Handwerker blieb klein, auch in großen



Abbildung 4: Ofenanlage zum Seifensieden.

Städten wie Köln wirkten im Spätmittelalter nur zwei bis fünf Seifensieder. Zünfte bildeten sich erst ab dem Ende des 17. Jahrhunderts.

Ein anschauliches Bild zur Technologie auch für die Zeit der Friedrichs-Familie in Greifswald vermittelt der Text über „Seife“ im Brockhaus von 1841 – hier auszugsweise wiedergegeben:

„Seife (die) ist ein chemisches Product, eine Verbindung von Öl oder Fett mit Kali oder Natron, welche das Eigenthümliche hat, daß sie sich im Wasser unter Schäumen auflöst und welche zur Entfernung von Uneinigkeiten aus Zeuchen u. s. w. gebraucht wird.“

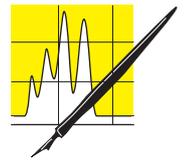
Zur Bereitung der Seife werden als Ausgangsprodukte „Asche, Pottasche oder Soda“ genannt. Weiter heißt es: „Das Kali gibt mit Öl oder Fett nur sogenannte Schmierseifen, keine feste Masse, diese liefert nur die Verbindung mit Natron. Man unterscheidet je nach den Bestandtheilen Talgseifen und Ölseifen und andererseits Kali-Seifen und Natron-Seifen. Die bei uns gewöhnliche feste Seife wird meist aus Talg und ätzend gemachter Aschen- oder Pottaschenlauge bereitet. Um die so zunächst entstandene Kaliseife in (feste) Natronseife umzuwandeln, muß jene dann noch einen Zusatz von Kochsalz erhalten. Es verdrängt nämlich das in der Seife enthaltene Kali und verbindet sich selbst mit den fetten Säuren.“

Auch werden die verschiedenen Sorten beschrieben: „Schmierseifen aus schlechten Arten von Öl und Fett (...) mit grünlicher bis schwärz-

licher Färbung“. Weiterhin: „Die transparente (durchscheinende) Seife erhält man, wenn man eine weingeistige Auflösung von Talgseife bis zu einem gewissen Grade der Dichtigkeit abdampft und dann in Formen langsam erkalten läßt und trocknet. Zu den feinem Seifen zum Waschen des Gesichts und der Hände, den sogenannten Toilettenseifen, nimmt man die reinsten Bestandtheile und gibt ihnen durch Zusatz wohlriechender Stoffe einen angenehmen Duft. So bereitet man Windsorseife aus Schweinefett und gereinigter Lauge und setzt etwas Kümmelöl zu, die Mandelseife aus Mandelöl, die Palmseife aus Palmöl, die Cocosnußöl-Soda-Seife aus Cocosnußöl u. s. w.“

Alle diese Materialien und Seifen wurden auch in der Friedrichschen Seifensiederei benutzt bzw. hergestellt, und der Besucher kann sich in Greifswald von dieser Technologie auch einen Eindruck verschaffen.

**CLB**



**AUFSÄTZE**

#### Literatur

- Resch, Barbara: Greifswald. Ein Stadtrundgang. Von Hansekontoren zu Uni-Laboren, 2. Aufl., Greifswald 2005
- Kornow, Kai und Michael Lissok: Caspar David Friedrich – ein Rundgang auf seinen Spuren, Greifswald 1999
- Reith, Reinhold (Hrsg.): Das Lexikon des alten Handwerks. Vom späten Mittelalter bis ins 20. Jahrhundert, C.H. Beck, München 1990.

Abbildung 5: Bottich zum Seifensieden mit Seife.



Wo bleibt der junge Forschergeist in Europa?

## Mangelnder Nachwuchs an Forschern

Prof. Dr. Hasenpusch, Universität Siegen

Junge Leute wenden sich von einem wissenschaftlichen Studium und einer Karriere in der Wissenschaft ab. Das glorreiche Image früherer Zeiten scheint zu bröckeln. Dabei setzte die Europäische Union mit ihrer Lissabon-Strategie für das Jahr 2010 das Ziel, die Forschungsaktivitäten auf 3 Prozent des Brutto-sozialproduktes zu erhöhen. Das hat einen Bedarf von zusätzlich einer halben Million an Forschern in der EU zur Folge. Alle Mitgliedsstaaten vermelden jedoch sinkende Zahlen an Forschern, besonders in den naturwissenschaftlichen und technischen Fächern mit hohen Anforderungen, wie Mathematik, Physik, Maschinenbau, Chemie. So steht derzeit das gesamte Bildungssystem, vom Kindergarten bis zum hochqualifizierten Wissenschaftler auf dem Prüfstand. Dabei kann sich bereits eine Reihe pädagogischer Konzepte sehen lassen [1]. Am Umfeld des fertigen Wissenschaftlers bleibt jedoch noch einiges zu verbessern.

### Warum sinkt das Forscher-Image?

In unserer heutigen wissenschaftsbasierten Gesellschaft sind Wissenschaft und Technik Bestandteil unseres täglichen Lebens geworden. Wie ist es dann zu verstehen, dass wissenschaftliche Erfolge nicht mehr so heroisch wie in früheren Zeiten gesehen werden?

Die gegenwärtige Abkehr von Wissenschaft und Technik ist sicherlich nicht nur im Bereich der Erziehung zu suchen, sondern auch bei den Verantwortlichen in Wirtschaft und Industrie.

Wo liegen die Ursachen und welche zusätzlichen Maßnahmen sind zu ergreifen? Einige Antworten auf diese Fragen konnten bereits erarbeitet werden:

#### 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.



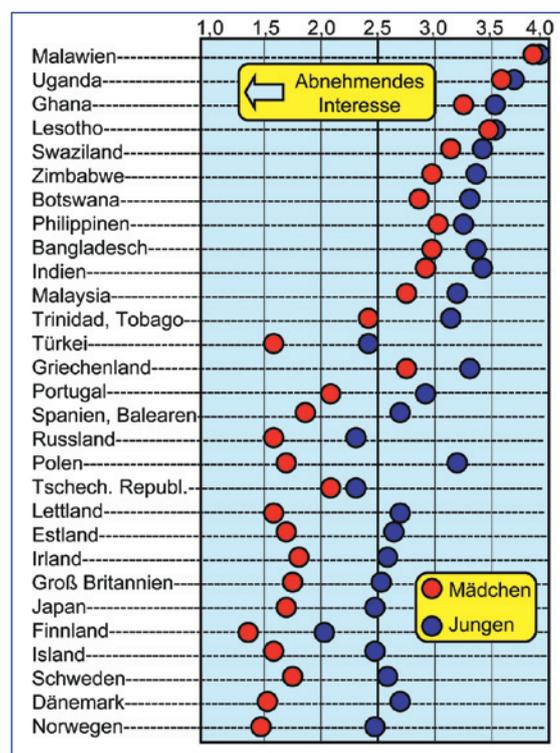
So analysierte das Europäische Bildungs-Netzwerk „EURYDICE“ in 30 Ländern die Lehrerausbildung [2]. Dabei kam auch die Frage nach der Entwicklung und Förderung von Kreativität, Entdeckerlust und Erfindungsgeist zur Sprache.

Mehrere pädagogische Programme befassen sich derzeit mit einer moderneren, auf das Selbst-Entdecken ausgerichtete Lehreraus- und weiterbildung.

An einer sehr umfangreichen Arbeit gingen Svein Sjöberg, Professor für Erziehungswissenschaften in Oslo, und seine Doktorandin Camilla Schreiner in Norwegen der Frage zu den Interessen der jungen Leute nach. In ihrer bekannten internationalen „ROSE-Studie“ (The Relevance Of Science Education) [3] mit fünfzehnjährigen Mädchen und Jungen zeigt sie eine Reihe von Beweggründen auf, die junge ambitionierte Menschen von den Studiengängen in Wissenschaft und Technik abhalten (Abbildung 1). Zum Beispiel:

- Kein Jugendlicher wählt einen Beruf, nur weil die Gesellschaft ihn braucht.
- Viele andere Studiengänge sind leichter zu bewältigen und machen mehr Spaß, als die harten,

Abbildung 1: ROSE-Studie: „Ich möchte Forscher werden?“



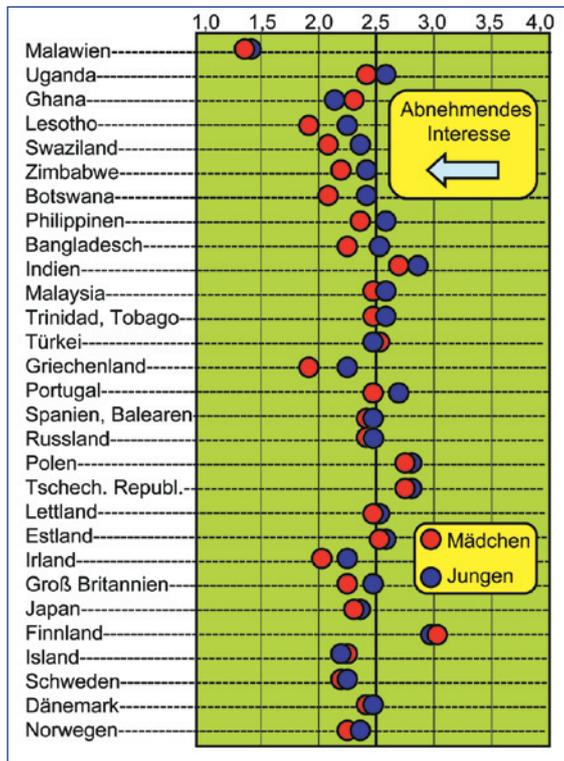


Abbildung 2: ROSE-Studie: „Ich möchte Techniker werden?“

einsatzintensiven Studien der wissenschaftlichen und technischen Fächer.

- So wie junge Menschen ihre Identität in Symbolen, wie Kleidung, Freizeitaktivitäten, Sport, Lieblingsfächern in der Schule, usw. zum Ausdruck bringen, kommunizieren sie diese auch in der Berufswahl; und da profitieren Designer und Schauspieler von einem höheren Ansehen als ein Ingenieur, Chemiker oder Physiker.
- Viele Schüler hassen die naturwissenschaftlichen Fächer, weil sie in Schule und Universität als abgeschlossene, verstaubte Lernfächer dargeboten werden.

Ein wichtiger Schritt, die Begeisterungsfähigkeit junger Menschen auf die wissenschaftlichen und technischen Fächer zu lenken, liegt sicherlich auch zum Teil in einer Abkehr von der reinen „Lehrbuch-Pädagogik“ zu einem altersgemäßen Einbeziehen in Fragestellungen, Denkwegen und experimentellen Methoden, um das Abenteuer an den Wissenschaften wach zu halten, wie es die Forscher in ihrer Arbeit tatsächlich an vielen Stellen erleben.

Ohne die Interessen, Werte und Prioritäten junger Menschen zu berücksichtigen, wird ein verstärktes Hinwenden zu wissenschaftlichen Fächern nicht möglich sein.

Allerdings können auch nicht die neuesten Forschungsergebnisse in den Schulunterricht einfließen oder in den ersten Semestern behandelt werden, wenn die entsprechenden Grundlagen zum Verständnis fehlen. Junge Pädagogen neigen oft dazu, den Stoff ihrer Referats-, Examens- und

Doktorarbeiten in den Leistungskursen zu behandeln, ohne ihren eigenen weiten Ausbildungsweg dorthin gebührend zu berücksichtigen.

Dabei ist es von großer Bedeutung, nicht nur den wissenschaftlichen Nachwuchs zu begeistern, sondern jeden jungen Menschen: Sie werden später über die Wissenschaften und ihre Resultate mitreden und mitbestimmen wollen, als Bürger, Verbraucher und Wähler.

Die ROSE-Studie zeigte einen weiteren interessanten Zusammenhang im Vergleich der verschiedenen Länder (Abbildung 2): Je entwickelter und fortschrittlicher eine Nation ist, desto geringer zeigt sich ein Interesse bei jungen Menschen an wissenschaftlichen oder technischen Berufen. Diese Berufszweige erscheinen nicht attraktiv und bedeutungsvoll. Die „weicheren Wissenschaften“, wie Biologie, Medizin und Umweltwissenschaften, erfahren diese ablehnende Haltung nicht.

Aber auch die Identitätsfindung in der Geschlechterrolle bestimmt die Neigung zu den Wissenschaften: paradoxerweise herrschen gerade in den wohlhabenden Staaten, in denen die Gleichberechtigung am weitesten fortgeschritten ist, die größten Unterschiede in den Neigungen zu wissenschaftlichen Berufen aber auch zu vielen anderen Aspekten des Lebens.

Wissenschaftler müssen stärker aus ihren Forschungsstätten herauskommen, um in lebendiger Form von der Wissenschaft zu berichten. Denn wissenschaftliches Unverständnis führt auch zu einem Defizit an Demokratie.

Junge Menschen sollten sehen, wie wichtig die Wissenschaften für unsere Kultur, unsere globale Weitsicht und unseren Lebensstil sind.

Wie kaum ein anderer, und damals war das eine Sensation, hatte der Giessener Chemiker Justus von Liebig seine Labor-Ergebnisse und Analysen-Methoden vor Publikum vorgeführt, dazu auch noch zum Entsetzen der „Gesellschaft“ vor Damen. Von dem Zauber dieser Darbietungen kann man sich im Giessener Liebig-Haus auch heute noch einnehmen lassen.

Ein besonderes Kopfzerbrechen macht den Forschern das schlechte Abschneiden ihres Heimatlandes, denn zusammen mit Japan und den anderen skandinavischen Ländern haben in diesem Ländervergleich die Jugendlichen aus Finnland die wenigste Lust, einmal Wissenschaftler zu werden.

In den neunziger Jahren blieben Tausende von promovierten Chemikern wie auch andere Naturwissenschaftler ohne Arbeit und ohne Hoffnung auf die Früchte ihrer harten Studienjahre. Dieser Stachel sitzt in der Gesellschaft tiefer als den Verantwortlichen heute lieb ist.

Aber selbst im Berufsleben erfahren die meisten Naturwissenschaftler bittere Enttäuschungen: Kaufleute und Juristen geben den Ton an, Forschung entwickelt sich zur reinen Kundenberatung und





Abbildung 3: Begeisterung für Chemie durch Zauberei

Anwendungstechnik, und nicht wenige finden sich am Ende ihres Berufslebens in Positionen wieder, die sie nie freiwillig für sich erwählt hätten, jedoch der Not gehorchend halt bekleiden.

Man braucht sich nur einmal anzuschauen, in welch kleinen „Büro-Verschlägen“ oder „Büro-Käfigen“ promovierte Wissenschaftler arbeiten müssen und mit welchen Routine-Aufgaben sich hochkarätige Wissenschaftler mancherorts über Jahre zu beschäftigen haben.

Das alles ist einer ganzen Generation an jungen Menschen nicht verborgen geblieben, denn sie haben es mit ihren Eltern erleben müssen oder bei Bekannten erfahren können.

Wenn Unternehmen sich eher am Markt nach Firmen mit interessanten Produkten und Dienstleistungen umschaun, als der eigenen Forschung eine hinreichende Chance für Innovationen zu geben und wenn dichte Beziehungsnetze das eigene Fortkommen behindern, haben gerade die ambitionierten Wissenschaftler keine Lust mehr, ihre Berufung in diesen Zirkus einzubringen.

Wenn Personalabteilungen nur noch verwalten und ihre höchste Aufgabe in dem Vorenthalten von Teilen des Entgelts sehen, richten sie einen größeren Schaden an, als wenn sich einzelne Vorstände in unverständlicher Weise die Taschen vollstecken. Das alles bleibt nur selten vertraulich und in den Grenzen der Unternehmen.

Die Jugendlichen können sich da entspannt zurücklehnen: „Wenn die Gesellschaft in dem mangelnden Wissenschaftler-Nachwuchs ein Problem

sieht, muss sie die marktwirtschaftlichen Kräfte eben anders orientieren und die wissenschaftlichen Arbeiten nachhaltig attraktiver machen und besser bezahlen!“ wie Professor Svein Sjöberg nach seinen Erfahrungen mit dem ROSE-Projekt feststellt.

### Wege der Begeisterung für Wissenschaft

Mir ist ziemlich klar, dass ein Jahrmarktskünstler meine Leidenschaft zur Chemie mit zehn Jahren geweckt hatte. Weil ich ihm den Weg zu einer Tischlerei zeigen konnte, wo er Holzspäne für seine Tiervorführungen bekam, durfte ich kostenlos in seine Vorstellung:

Schon vorher hatte ich die Reagenzgläser mit den vielen Farben gesehen. In der Vorstellung konnte er nun Rotwein aus Wasser zaubern und wieder Wasser, um dann auch noch Milch und Milch-Kaffee in einer Karaffe entstehen zu lassen (Abbildung 3). Dieses Farbenspiel, dieser Zauber, saß tief in mir drin. Dass das Chemie war, erfuhr ich erst später. Heute muss ich als Chemiker nach anderen Geheimnissen der Natur Ausschau halten. Der Zauber der Chemie ist aber geblieben.

An Modellen und Beispielen mangelt es aber auch heute nicht, wenn es systematisch darum geht, Wissenschaft spannend zu vermitteln. Das beginnt mit den Engagements von Wissenschaftlern in Kindergärten und Vorschulen, setzt sich beispielsweise mit dem „POLLEN-Programm“ für Grundschüler fort und zeigt in den Darbietungen der Naturkundemuseen und wissenschaftlichen Fernsehprogrammen, wie spannend Wissenschaft sein kann.

### Wissenschaftler im Kindergarten

Wie leicht Kinder schon für wissenschaftliche Aufgaben zu begeistern sind, zeigt das Beispiel des Schatten-Experiments: Zu jeder vollen Stunde sollen sie mit Kreide einen Strich dort ziehen, wo sich gerade der Schatten des Horts befindet. Am Ende des Tages versuchen die Kinder die Wanderung des Schattens zu deuten. Nicht selten finden auch die Jüngsten heraus, dass sich die Erde dreht. Wenn Kinder nicht angeleitet und geführt werden, sondern selbst handeln, finden sie am ehesten den Weg zur Forschung.

„Wissenschaft basiert auf der Feststellung: Ich weiß es nicht!“ resümiert der Physik-Nobelpreisträger von 1992 Georges Charpak. Mit Kollegen gründete er auf den Erfahrungen in den USA in Frankreich 1996 die „La main à la pâte“-Initiative, bei der auch unter sechs Jahre alte Kinder Fragen stellen dürfen, Hypothesen formulieren können und zu einfachen Experimenten angeregt werden. Davon profitiert auch die sprachliche Entwicklung. Denn bei einem rigorosen Bedarf stellen sich auch die richtigen Formulierungen ein [4].

## Das „POLLEN-Projekt“

Mit der Gründung 2006 in 12 europäischen Städten fördert das „Pollen-Projekt“ die wissenschaftliche Ausbildung in Grundschulen. Das Logo dieses Projektes zeigt eine Pollen sammelnde Biene. Sie soll symbolisch die Idee der „experimentellen Ausbildung“ wie ihre Pollen von Schule zu Schule tragen. Ziel ist es, jungen Menschen Geschmack an der wissenschaftlichen Tätigkeit zu vermitteln sowie ihre Neugier auf der Grundlage von Beobachtung und Erkundung zu wecken. Das Projekt motiviert Kinder, sich über ihre tägliche Umgebung Gedanken zu machen, um dabei die Begabung für Problemlösungen, ebenso wie Kreativität und das Beherrschen der Sprache zu entwickeln.

Lehrer werden dabei von Experten aus der wissenschaftlichen Praxis unterstützt. Jede Gründerstadt wird ihre Erfahrungen publizieren, um weitere Schulen von dieser Ausbildungsstrategie zu begeistern [5].

## Abenteuer im Museum

„Wenn ich für jeden Besuch im Deutschen Museum eine Mark bekommen würde, wäre ich ein reicher Mann!“ pflegte mein Chemie- und Biologie-Oberstudienrat einzubringen, wenn es um anschauliche Experimente und Darstellungen geht, die jeden Menschen in Erstaunen versetzen.

Und tatsächlich hat die Münchner Isar-Insel mit ihrem Technischen Museum so einiges zu bieten, von selbst auszulösenden, spannenden chemischen Reaktionen bis zu physikalischen Versuchen, die einem im wahrsten Sinne des Wortes die Haare zu Berge stehen lassen: durch Tausende von Volts.

Nicht minder geht es nachts im Frankfurter Senckenberg-Museum für furchtlose Schüler zu, wenn Wissenschaftler spannende Geschichten erzählen und die Saurier im Licht der Taschenlampen den Schein erwecken, wieder ins Leben zurückgeführt worden zu sein.

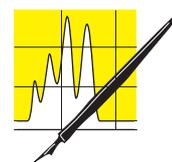
Im weltberühmten Museum der Naturgeschichte in London, an dem 300 Wissenschaftler arbeiten und das über mehr als 70 000 000 botanische, zoologische, mineralogische, entomologische sowie paläontologische Objekte verfügt, können sich ebenfalls Kinder in Dinosaurierforscher verwandeln. Mit Laborkittel und Notizblock ausgestattet, erforschen sie im Museum Futterplätze, Bewegungsabläufe und Lebensräume dieser Giganten. Ältere Schüler können Beobachtungen verschiedener Präparate an Mikroskopen vornehmen und auch selbst geeignete Präparate herstellen. Studenten erhalten Forschungs-Praktika, in denen sie Experimente ausarbeiten und wissenschaftliche Probleme lösen können, um daraus Schlüsse für industrielle Anwendungen zu ziehen.

So erzählt auch beispielsweise ein Paläontologe, wie man aus den fossilen Zähnen eines Tieres ablesen und analysieren kann, was es im Laufe seines Lebens an Nahrung in sich aufgenommen hat, oder ein Entomologist veranschaulicht, wie Insekten bei der Aufklärung von Verbrechen helfen. Alle Objekte können angefasst und sogar ihre Zusammensetzung im Rasterelektronen-Mikroskop bestimmt werden. Das vermittelt den Kindern ein Vorgeschmack auf ihren späteren wissenschaftlichen Beruf [6].

## Neue spannende Lehrmethoden

Nicht alles muss von heute auf morgen über Bord geworfen werden. Auch konservative Lehrmethoden haben an mancher Stelle noch ihre Berechtigung. In einer technischen reizüberfluteten Welt muss Jugendlichen wie Erwachsenen jedoch schon mehr an Methoden-Vielfalt geboten werden als „Textbuch-Wissenschaft“ und reine Vorlesungen.

Beispiele für gute Präsentationen sind Einsatz von Farbe (Abbildung 4), Verwendung verschiedener Methoden, experimentelle Vorführungen, Einsatz von übersichtlichen Modellen, Beteiligung des Publikums, Vorführungen, Cartoons (Abbildung 5).



AUFSÄTZE

Abbildung 4:  
Vergleich zweier  
Folienpräsentationen

### Passionen von Forschern

- Wunsch zu lernen, Spaß an der Entdeckung
- Arbeit mit begeisterungsfähigen Kollegen
- Freies Denken und Ausleben der Kreativität
- Aufregende Suche in Bibliothek und Internet

### Passionen von Forschern



- Wunsch zu lernen, Spaß an der Entdeckung
- Arbeit mit begeisterungsfähigen Kollegen
- Freies Denken und Ausleben der Kreativität
- Aufregende Suche in Bibliothek und Internet

Mit dem Laptop lassen sich auch schnell kleine Film-Sequenzen in Folien-Präsentationen einflechten. Nur ist dabei darauf zu achten, dass keine Eigentumsrechte verletzt werden.

Um das Publikum zu beteiligen, kann es auch zwei Minuten mit dem Nachbarn über die Film-Sequenz oder eine Frage und Problemstellung diskutieren.

Spannend wirken immer noch offene Fragen, die bisher keiner erschöpfend gelöst hat. Beispielsweise:

- Werden wir die Erde nur mit nachwachsenden Energiequellen oder Sonnen- und Erdwärme ausreichend mit Energie versorgen können?
- Wie weit reichen unsere Bodenschätze? Was wird zuerst knapp?
- Wie können sich Bergdörfer in trockenen Gegenden mit Wasser versorgen?
- Wie stabil muss ein Turm von 1000 m Höhe sein?
- Was kann die Natur besser als der Mensch? Was können wir von ihr lernen?

- Wie lassen sich Emissionen in die Luft und ins Wasser auf Null reduzieren?
- Warum gibt es noch immer so viele arme Menschen auf der Welt, während andere im Luxus schwelgen?

- Wie können alle Menschen ausreichende Nahrung, Medikamente und Fürsorge erhalten?

Die Menschheit muss sich noch mit vielen ungelösten oder noch unbefriedigend beantworteten Fragen und Problemstellungen auseinandersetzen.

Als ein Wissenschafts- und Studien-Zentrum neuerer Art kann das „Città della Scienza“ (Stadt des Forschens) im italienischen Neapel angesehen werden. Auf 12 000 m<sup>2</sup> stehen dort ein lebendiges Forschungs-Museum, ein Innovations-Zentrum und ein modernes Multimedia-Trainingszentrum.

Forschungszentren sind im Allgemeinen informelle Stätten, an denen sich jeder frei zum Ausdruck bringen kann und auch Fehler machen darf. Neben den Kontakten mit verschiedenen Menschentypen stehen die Türen auch für unterschiedliche Objekte und Anschauungsstücke offen. Diese Interaktivitäten unterscheidet das italienische Ausbildungsmodell von den formalen Akademiestätten, wie sie Schulen und Universitäten verkörpern.

Im Jahre 2007 wurde dort beispielsweise das Dialog-Projekt über die Nano-Technologie abgeschlossen, in dem technische Vorteile sowie aber auch mögliche Schäden dieser ultrafeinen Partikel der Bevölkerung nahe gebracht wurden. Die Debatten standen nicht unter dem Sinn, zu überzeugen, sondern sollten Bewusstsein für technische Zusammenhänge schärfen. Als Resultat dieser Diskussionen stand schließlich jedem die Bedeutung der Forschung klar vor Augen.

Die Heranwachsenden haben vor allem wenige Kenntnisse über das aktuelle Forschungsgeschehen. Mit jungen Menschen lassen sich komplizierte Zusammenhänge sehr gut über Sketche kommunizieren. Auch Science-Fiction-Modelle kommen bei Jugendlichen gut an und harmonieren mit ihrem Werte-System.

Es bleibt eines der wichtigsten Aufgaben für unsere Zukunft, Kinder und Jugendliche in alle Problemfelder und Debatten mit einzubeziehen, denn sie sind die Bürger der Zukunft.

Besonders Kinder ethnischer Minoritäten sowie auch viele Mädchen sehen sich nicht als zukünftige Forscher. Schulen vermitteln eben keine Wissenschafts-Kultur.

Dieser Situation kann beispielsweise durch Besuche von Museen und wissenschaftlichen Einrichtungen, Diskussionen und Gruppenberatung, Seminare und Veranstaltungen nach der Schule begegnet werden. Wissenschaftler aus minoritären ethnischen Bevölkerungsgruppen können von ihrem eigenen Weg, von eigenen Erfahrungen berichten, um den jungen Menschen Mut für ihre Zukunft als Forscher zu machen [7].

Abbildung 5: Genehmigte oder eigene Cartoons in Schulungen



## Wissenschaftlern eine angemessene Zukunft

Zwar kann die Industrie für ihren wissenschaftlichen Nachwuchs eine Reihe von Aktionen nachweisen. So werden begabte und solche mit Beziehungen durch Studienförderungen und Stipendien auch von Seiten der unterschiedlichen Branchen gefördert. Paten betreuen sie auf den ersten Wegen in den Unternehmen und mitunter sind auch die ersten Forschungsthemen ganz interessant.

Jedoch lassen sich auch andere Eindrücke und Erlebnisse schildern, die weniger dazu angetan sind, die Leidenschaft zur Industrieforschung zu steigern.

Mangelhafte Karriere-Betreuung, unangemessene Aufgaben, fehlende kreative Freiräume, überforderte Vorgesetzte mit erheblichen Defiziten in ihrer sozialen Kompetenz und unzureichende Regulative für diese Missstände sind nur einige Beispiele, die das Leben eines Wissenschaftlers in der Industrie nicht einfach gestalten.

Wenn Wissenschaftler, bereits im mittleren Alter auf Karriere-Nebengleise abgeschoben, zwar ihre Erfahrung in das Unternehmen einbringen sollen, aber bei eingefrorenen niedrigen Gehaltsstufen bleiben, ohne auf irgendeine Hilfe hoffen zu dürfen, werden sie sich schwerlich zu Botschaftern für einen wissenschaftlichen Nachwuchs eignen. Dabei wären gerade sie dazu am besten geeignet.

Solange anarchische Zustände in Unternehmen geduldet werden und Vorgesetzten all zu oft Narrenfreiheit in ihrer Personalführung eingeräumt wird, können sich ambitionierte Forscher nicht lange halten und ihr Elan verkümmert unter den Zwängen ihres Alltags. Aber wie aus diesem Dilemma herauskommen?

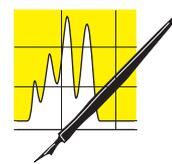
Strohfeuer-Aktionen für Geschäfts-, Umwelt- und Sozialberichte helfen den Wissenschaftlern kaum. Sie müssen ihrer Ausbildung entsprechend betreut und gefördert werden. Das sollte im Unternehmen auch einer Überprüfung standhalten. Akademiker haben es verdient, entsprechende Achtung zu er-

fahren sowie Anspruch auf einen angemessenen Arbeitsplatz, an dem sie Besucher und Kollegen empfangen können, um mit ihnen auch für längere Zeit Projekte in engagierter Weise besprechen zu können.

Vielleicht sollte sich die Industrie an den besten Ihrer Branche auch in der Menschenführung orientieren. Denn es verwundert jedes Jahr, mit welchem deutlichem Abstand viele andere deutsche Chemiefirmen dem Boehringer-Unternehmen hinterherhinken, wenn es darum geht, wie wohl oder unwohl sich die Führungsriege in ihrem Unternehmen fühlt [8].

Wie sieht es da erst in diesen nacheilenden Unternehmen bei den Wissenschaftlern aus, die trotz aller Voraussetzungen zum Teil nicht einmal in die Führungsebenen gelangen?!

**CLB**



**AUFSÄTZE**

### Literatur

- [1] Europäische Kommission: „education – reinventing science education“, research eu, special issue, Juni (2007)
- [2] „Science teaching in schools in Europe“, Policies and Research, ISBN 92-79-01922-8 (2006) erhältlich in Englisch und Französisch; HYPERLINK „<http://www.eurydice.org>“ [www.eurydice.org](http://www.eurydice.org)
- [3] HYPERLINK „<http://www.ils.uio.no/english/rose/>“ [www.ils.uio.no/english/rose/](http://www.ils.uio.no/english/rose/)
- [4] HYPERLINK „<http://www.lamap.fr/>“ [www.lamap.fr/](http://www.lamap.fr/) und HYPERLINK „<http://www.mapmonde.org>“ [www.mapmonde.org](http://www.mapmonde.org). Charpak, G, P. Léna, Y. Quéré, « Les enfants et la science. La main à la pâte, dix ans après », Odile Jacob (2005)
- [5] HYPERLINK „<http://www.pollen-europa.net>“ [www.pollen-europa.net](http://www.pollen-europa.net)
- [6] HYPERLINK „<http://www.nhm.ac.uk/>“ [www.nhm.ac.uk/](http://www.nhm.ac.uk/)
- [7] HYPERLINK „<http://www.bit.ac.at/ethnic>“ [www.bit.ac.at/ethnic](http://www.bit.ac.at/ethnic) und HYPERLINK „[http://ec.europa.eu/research/star/index\\_en.cfm?p=02\\_main](http://ec.europa.eu/research/star/index_en.cfm?p=02_main)“ [http://ec.europa.eu/research/star/index\\_en.cfm?p=02\\_main](http://ec.europa.eu/research/star/index_en.cfm?p=02_main)
- [8] Jährliche Zufriedenheitsabfrage des Verbandes Akademischer Angestellter (VAA) in der Chemischen Industrie

---

### Anzeige

Ein Leser aus Neuberg bei Hanau bietet die ersten **fünfzig Jahrgänge der CLB** zum Kauf an. Die Jahrgänge 1950 bis 1990 sind gebunden, die anderen Jahrgänge bis 2000 liegen als Einzelausgaben vor. Die Preisvorstellung für das Gesamtangebot beträgt 1000 Euro.

Bei Interesse wenden Sie sich bitte an die CLB:  
[service@clb.de](mailto:service@clb.de) oder [redaktion@clb.de](mailto:redaktion@clb.de).

## Neudefinition des Kilogramms: Kugel aus Reinstsilicium oder Watt-Waage? Erschaffen, um die Atomanzahl zu ermitteln

**A**m 10. April 2008 traf eine der rundesten Sache der Welt in der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig ein: Eine Silicium-Kugel mit einem Durchmesser von 93,7 Millimetern und einem Gewicht von einem Kilogramm. Sie weist zwei herausragende Besonderheiten auf: Ihre Oberfläche ist extrem glatt, und sie besteht zu 99,99 Prozent aus dem Silicium-Isotop 28. Damit ist sie ein aussichtsreicher Kandidat für den Versuch, das Kilogramm als Grundeinheit der Masse über eine unveränderliche Eigenschaft der Natur neu zu definieren.

Dies hat man für die Längen- und Zeiteinheiten bereits erreicht. Das Meter wurde über die Geschwindigkeit des Lichts festgelegt, und die Sekunde durch die Frequenz vom Mikrowellen, die ein Cäsium-Atom abstrahlt, wenn es zwischen zwei spezifischen En-

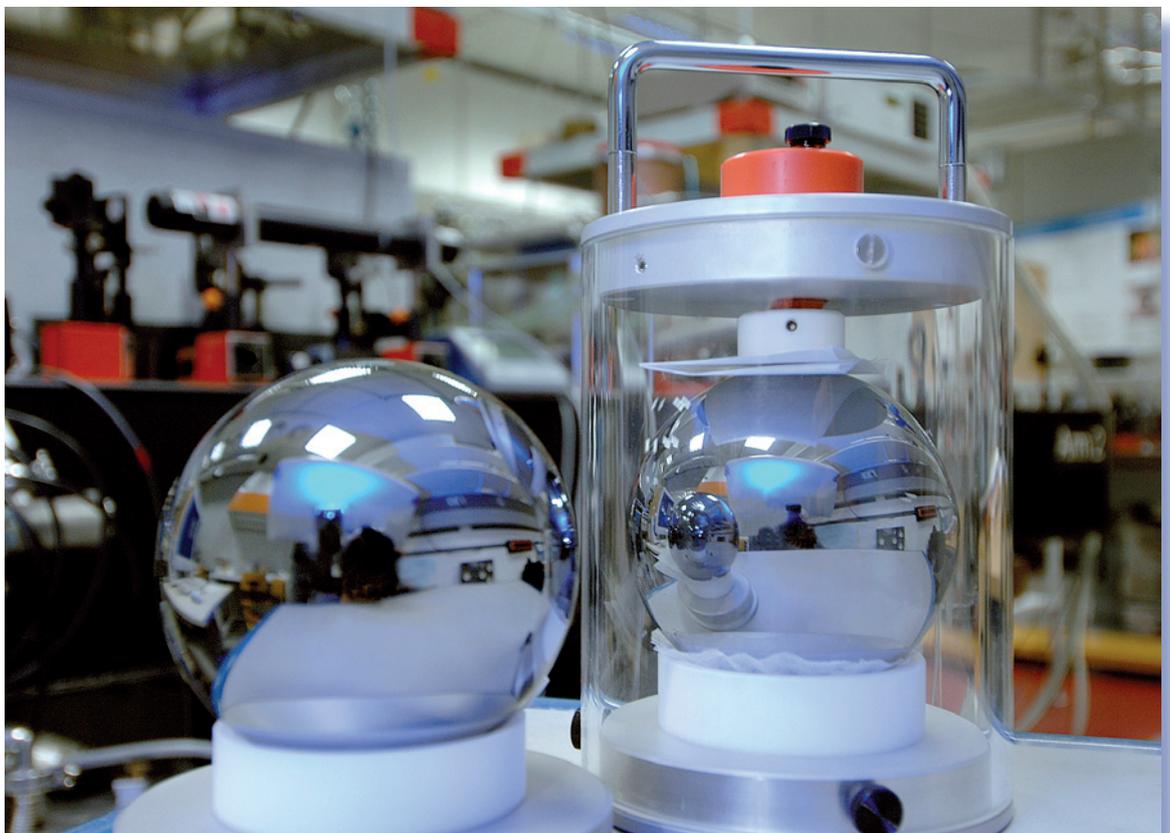
ergiezuständen wechselt. Bislang wird die Masse jedoch noch über das Urkilogramm definiert, einem Platin-Iridium-Zylinder, der 1875 hergestellt wurde und seit 1889 offiziell die Referenz für das Kilogramm ist. Das Dumme nur: Der Zylinder, der in Sèvres bei Paris aufbewahrt wird, verliert wohl an Masse. Diesen Schluss lassen die regelmäßigen Vergleichsmessungen mit den rund 40 nationalen Kilogramm-Prototypen anderer Länder zu, die im Laufe der Zeit im Schnitt 50 Mikrogramm relativ dazu schwerer wurden. Darum gab es verschiedene Überlegungen und Arbeiten, das Kilogramm über Naturphänomene zu definieren, die jederzeit in Laboratorien überprüft werden können, und zwar mit einer Genauigkeit von 1 zu 100 Millionen. Für so genau hält man nämlich die Stabilität des jetzigen Urkilogramms.

Aufgrund dieser Anforderungen stehen jetzt nur noch zwei Ar-

beiten zur Neudefinition des Kilogramms in Konkurrenz miteinander: Das Avogadro-Projekt und die Watt-Waage.

Die Avogadro-Konstante  $N_A$  ist eine nach Amedeo Avogadro benannte physikalische Konstante, die als Teilchenzahl  $N$  pro Stoffmenge  $n$  definiert ist. Sie gibt die Zahl der Teilchen in einem Mol an. Sie wird zur Zeit vom Committee on Data for Science and Technology (CODATA) mit dem Wert  $6,022\,141\,79 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  empfohlen; die PTB ermittelte zuletzt  $6,022\,135\,3 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ . Dieser Wert ist um relative  $1 \times 10^{-6}$  kleiner als der CODATA-Wert. Mit der neuen Silicium-Kugel will man die Messungenauigkeit auf  $10^{-8}$  vermindern.

Das Zauberwort dafür heißt „isotopenrein“. Die bislang genaueste Messung der PTB, die das weltweite Avogadro-Projekt koordiniert, erfolgte ebenfalls mit Hilfe einer extrem genau gefertigten 1 kg-Si-



Zwei hochreine Silicium-Kugeln in der PTB. Gerade neu angekommen ist dabei diejenige, die nur aus Atomen des Isotops  $^{28}\text{Si}$  besteht (Foto: PTB).

licium-Kugel. Von solchen Kugeln gibt es mittlerweile 14 Stück, alle geschliffen und poliert am Australian Centre for Precision Optics (ACPO) der Commonwealth Science and Industrial Research Organisation (CSIRO). Die rundesten Exemplare davon weisen eine Abweichung von der exakten Kugelform von nur 35 Nanometer auf. Die noch unzureichende Bestimmung der Avogadro-Konstanten mit diesen Kugeln ist darauf zurückzuführen, dass sie aus natürlichem Silicium bestehen, und dies besteht aus einer Isotopenmischung von  $^{28}\text{Si}$  (92,23 %),  $^{29}\text{Si}$  (4,67 %) sowie  $^{30}\text{Si}$  (3,1 %). Nur die zwei neuesten der in Australien endgefertigten Kugeln bestehen zu 99,99 Prozent aus  $^{28}\text{Si}$ . Auch wenn ihre Abweichung von der Kugelform mit 63 bzw. 70 Nanometer geringfügig größer ist als bei den besten Natursilicium-Kugeln sind die  $^{28}\text{Si}$ -Kugeln für die Bestimmung der Avogadro-Konstante geeigneter. Entscheidend ist vielmehr, dass keine ausgedehnten Kristallbaufehler auftreten, und ihre Oberfläche frei von Defekten ist – was der Fall ist.

Der Weg zur Ermittlung der Avogadro-Konstante führt im Grunde über die Zählung von Atomen. Ein Versuch, Goldatome – Gold hat nur ein natürliches Isotop – zu zählen, wurde aufgegeben, da sich bis 2010 die gewünschte Genauigkeit mit der verwendeten Ionenstrahlmethode nicht erreichen lassen wird. 2011 soll nämlich auf der nächsten turnusgemäßen Generalkonferenz für Maß und Gewicht eine neue Kilogramm-Definition verabschiedet werden.

Die Ermittlung der Atom-Anzahl in der  $^{28}\text{Si}$ -Kugel vereinfacht sich jedoch elegant durch die Periodizität des Reinstkristalls. Dennoch ist auch diese Methode alles andere als einfach.

Die Avogadro-Konstante lässt sich auch definieren als das Verhältnis Molvolumen zu Atomvolumen eines jeden Stoffes:

$$N_A = \text{Molvolumen/Atomvolumen.}$$

Für die Silicium-Kugel ist dann

$$N_A = (M(\text{Si}) \cdot v/m) / (V_0/n)$$



Nischni Nowgorod war die mächtigste Festung des Moskowiterreiches und später eine reiche Handelsstadt – beides vermittelt dieses Bild vom Wolgaufer aus. Die 1221 an der Einmündung der Oka in die Wolga gegründete „Untere Neustadt“ – so die Übersetzung – hieß von 1932 bis 1989 Gorki und war eine „geschlossene Stadt“, für Ausländer verboten. Es wurden Atom-U-Boote, Kampfflugzeuge und Panzer hergestellt. Jetzt nutzt man die Infrastruktur der dortigen Labore, die es jedoch noch teilweise instandzusetzen galt, zur Umwandlung des Siliciumtetrafluorid-Gases über das ebenfalls gasförmige Monosilan in einen polykristallinen  $^{28}\text{Si}$ -Stab (Foto: Kickuth).

mit  $M(\text{Si})$  für die molare Masse von Silizium und  $m/v$  für die Siliziumdichte, abgeleitet von Volumen  $v$  und Masse  $m$  eines Si-Körpers, ist  $V_0$  bezeichnet das Volumen und  $n$  die Zahl Atome der Elementarzelle.

Um nur einen Auszug der notwendigen Untersuchungen zu geben: Das Volumen der Kugel bestimmt man in der PTB mit Hilfe eines eigens entwickelten Kugelinterferometers mit durchstimmbarem Laser bei 20 Grad Celsius im Vakuum. Die Masse der Kugel ermittelt die AG „Darstellung Masse“. Die Exaktheit der Kugeloberfläche prüft man mittels Laserellipsometrie, Elektronenmikroskopie, Ramanspektroskopie und Rastertunnelmikroskopie. Die mikroskopischen Strukturdaten wie Gitterparameter, Fremdatomgehalt und Leerstellenkonzentration bestimmt man röntgeninterferometrisch mit Hilfe eines Laserinterferometers. Die Dichte von  $^{28}\text{Si}$  ermittelte man mit einer kleinen Probe dieses Materials. Das verglich man mit der Flotationsmethode mit Natur-Silicium. Die hohen Genauigkeits-Anforderungen zwingen dabei zu aufwändiger Vergleichs-Probenvorbereitung.

### Atombombentechnik friedvoll

Schon die Herstellung der beiden  $^{28}\text{Si}$ -Kugeln ist natürlich eine Geschichte für sich. Sie hat ihren Anfang in Sankt Petersburg. Seit 2003 schleuderten dort 250 Ultrazentrifugen das Gas Siliciumtetrafluorid mit der natürlichen Isotopenmischung durch. Dieses Verfahren kennt man von der Anreicherung von Uran zur Herstellung von Nuklearwaffen, die ebenfalls über ein Gas – Uranhexafluorid – geschieht. Tatsächlich wurden die Zentrifugen in Sankt Petersburg auch zu genau jenem Zweck verwendet. Einen Teil der Kosten für die Herstellung der benötigten fünf Kilogramm an  $^{28}\text{Si}$  trug daher auch die Internationale Organisation für die Nichtverbreitung von Waffentechnik (ISTC). Die Organisation will so möglichst viele Waffenspezialisten der ehemaligen Sowjetunion für friedliche wissenschaftliche Arbeiten gewinnen und davon abhalten, den Angeboten aus Iran, Libyen oder Nordkorea zu folgen.

Nachdem das  $^{28}\text{Si}$  in ausreichender Menge und mit einer Reinheit von 99,996 Prozent als Fluorid hergestellt worden war ging es weiter nach Nischni Nowgorod (siehe Foto oben). Dort

fürte man die Umwandlung des Siliciumtetrafluorid-Gases in das ebenfalls gasförmige Monosilan ( $\text{SiH}_4$ ), die weitere chemische Reinigung des Gases sowie schließlich die Kristallisation durch. Am Ende hatte man einen sechs Kilogramm schweren, polykristallinen  $^{28}\text{Si}$ -Stab von 80 Zentimetern Länge.

Den erhielt im September 2006 in Berlin das Institut für Kristallzüchtung (IKZ), einem Mitglied der Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz. Die Aufgabe dort: Umformung des polykristallinen  $^{28}\text{Si}$ -Stabs in einen hochreinen und insbesondere kristallographisch hochgeordneten Einkristall. Das machte man in einer haushohen Kristallzüchtungs-Anlage im Floating Zone-Verfahren. Dabei wurde der Siliziumstab langsam durch eine Schmelzzone, eine Art Heizring, geführt. Im Heizring schmolz das Silizium, die Atome konnten sich noch frei bewegen und ordneten sich beim Erstarren der Schmelze gleichmäßig an. Gleichzeitig sammelten sich die Verunreinigungen, die immer noch im Material vorhanden waren, in der Schmelze und wanderten mit ihr bis zum oberen Kristallrand, wo sie schließlich abgeschieden wurden. Nach mehreren Fehlversuchen klappte der Prozess wie gewünscht. Der Einkristall wurde dann in kleinere

Proben sowie die zwei Stücke für die Kugeln zersägt, die wie oben berichtet in Australien hergestellt wurden.

Die Chancen stehen jetzt also gut, dass sich mit der  $^{28}\text{Si}$ -Kugel in der PTB – die zweite  $^{28}\text{Si}$ -Kugel ging übrigens zu Vergleichsmessungen nach Japan – die Avogadro-Konstante auf acht Stellen hinter dem Komma genau bestimmen lässt und so die Definition des Kilogramms auf eine unveränderliche Naturkonstante zurückgeführt werden kann.

### Wettbewerb mit Watt-Waage

Vielleicht gewinnt aber ein anderes Verfahren – das zweite noch für möglich gehaltene – die Neudefinition des Kilogramms: Eine Messung elektrischer Größen mit der Watt-Waage – nach der Einheit für das Produkt aus Spannung und Strom. Das Prinzip klingt einfach: Eine Balkenwaage trägt in der einen Waagschale einen Kilogrammprototypen, die andere Seite des Balkens wird mit einer stromdurchflossenen Spule über elektromagnetische Kräfte nach unten gezogen, so daß sich beide Kräfte die Waage halten; der dazu benötigte Strom wird gemessen.

Jetzt kommen die Probleme: Es gilt, Ungenauigkeiten der magnetischen Flussdichte und der Geometrie der Spule ebenso zu eliminieren wie Effekte aus Leistungsverlusten. Das kann durch eine zweite Messung gelingen, bei der die Spule in einem Magnetfeld bewegt und so eine Spannung induziert wird. Hierbei muss die Geschwindigkeit – Weg durch Zeit – der Spulenbewegung gemessen werden. Durch diese zwei zeitversetzten Messungen haben die Wissenschaftler ein Konzept „virtueller Leistung“ verwirklicht, das störende Effekte eliminiert. Zudem stützt man sich bei der Strommessung auf den Quanten-Hall-Effekt und bei der Spannungsmessung auf den Josephson-Effekt. Beide sind quantenmechanischer Natur. Die Neudefinition der

Masse kann somit durch Angabe von Einheiten des Planck'schen Wirkungsquantums, des Meters und der Sekunde geschehen, allesamt Naturkonstanten. Kleine Probleme am Rande: die beiden quantenmechanischen Effekte erscheinen bei Temperaturen unterhalb von 4,2 Kelvin, wenn Helium flüssig wird. Und die Wattwaage muss im Vakuum betrieben werden, um interferometrische Messungen der Spulengeschwindigkeit nicht durch Luftturbulenzen oder Strahlenbrechungen zu beeinträchtigen.

Das britische National Physical Laboratory (NPL), das US-amerikanische National Institute of Standards and Technology (NIST) und das schweizerische Bundesamt für Metrologie (Mettas) haben mittlerweile solche Watt-Waagen entwickelt. Das französische Institut National de Métrologie (INM) sowie das Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), an dem auch das Urkilogramm aufbewahrt wird, arbeiten auch an entsprechenden Geräten. Es ist durchaus sinnvoll, fünf unabhängig und unterschiedlich konstruierte Watt-Waagen zu haben, um systematische Fehler auszuschließen. Zur Zeit ist es aber wohl noch so, dass die bisherigen Messungen an den (Natur-)Silicium-Kugeln sowie den drei existierenden Watt-Waagen bei der Angabe des Kilogramms um eins zu einer Million voneinander abweichen. Erst wenn die Abweichungen auf ein Hundertstel dieses Wertes vermindert sind kann das Kilogramm neu definiert werden.

Wenn alles klappt, hat man ab 2011 eine genauere Avogadro-Konstante ebenso wie ein hochgenaues Planck'sches Wirkungsquantum. Damit gekoppelt werden das Ampere wie auch die Elementarladung genauer angegeben werden können. Wohlmöglich stellt sich der Erfolg ja ein, wenn man eine  $^{28}\text{Si}$ -Kugel als Gegengewicht in einer Watt-Waage verwendet ;-)

Rolf Kickuth

Das Bild der Watt-Waage am britischen NPL in der geöffneten Vakuumapparatur zeigt, wie kompliziert der Messaufbau in Realität ist (Foto: NPL).



## Jetzt mit der ANKA-Synchrotronstrahlungsquelle identifiziert: Ikait im antarktischen Meereis gefunden

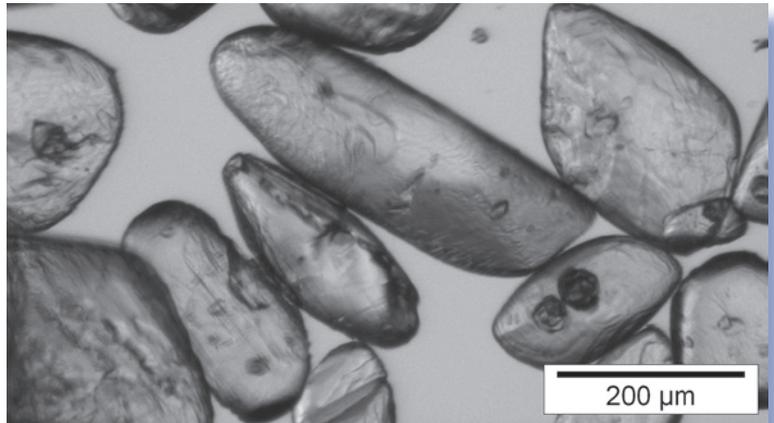
**W**issenschaftler haben das seltene Mineral Ikait im antarktischen Meereis gefunden. Es besitzt wohl eine wichtige Funktion im globalen Kohlenstoffkreislauf.

Das Mineral Ikait ist eine besondere Form von Kalziumkarbonat. Die Bildung von Kalziumkarbonat beeinflusst den Austausch von Kohlendioxid zwischen Meereis und Ozean und über Zwischenprodukte möglicherweise auch den Ozonhaushalt über dem Meereis. Die Forscher um Dr. Gerhard Dieckmann vom Alfred-Wegener-Institut (AWI) für Polar- und Meeresforschung in der Helmholtz-Gemeinschaft entdeckten die Kristalle auf zwei Antarktis-Expeditionen (2006 und 2007) zusammen mit Ihren Kollegen vom Institut für Ocean Sciences in Bangor, Wales.

Die Identifikation dieses Minerals gelang den Helmholtz-Kollegen vom Forschungszentrum Karlsruhe an der Synchrotronstrahlungsquelle ANKA. Dr. Jörg Göttlicher und seine Mitarbeiter dort wiesen mit dem Verfahren der Röntgenbeugung nach, dass diese Karbonate in der Struktur des Minerals Ikait kristallisieren: Ikait ist eine wasserhaltige, sehr viel seltenere Kristallform von Kalziumkarbonat als das bekannte Kalzit (Kalk). Wahrscheinlich sind zwei Besonderheiten dafür verantwortlich, dass dieses Mineral erst

jetzt im Meereis entdeckt werden konnte: Die Ikait-Kristalle sind mit nur etwa einem halben Millimeter Länge sehr klein und bei Temperaturen oberhalb von vier Grad Celsius instabil. Die Forscher bearbeiteten die in der Antarktis gewonnenen Eisbohrkerne ausschließlich im Kühlraum bei zwei Grad Celsius. Der Transport nach Karlsruhe und die Messungen am Strahlrohr für Umweltforschung der Synchrotronstrahlungsquelle ANKA fanden bei Temperaturen unter null Grad statt.

Ikait, das die chemische Formel  $\text{CaCO}_3 \times 6 \text{H}_2\text{O}$  hat, wurde erstmals 1963 von dem dänischen Mineralogen Hans Pauly im grönländischen Ikkafjord gefunden. Das Vorkommen von Ikait im antarktischen Eis zeigt, dass viele Prozesse im globalen Kohlenstoffkreislauf und der Atmosphärenchemie noch nicht verstanden sind. Die Entdeckung ist jedoch ein großer Fortschritt: Waren Wissenschaftler bisher auf Modellrechnungen angewiesen, um die Karbonatfällung im Meereis zu quantifizieren, so können sie in



Ikait-Kristalle  
(Fotos: AWI).

Zukunft Ikait-Vorkommen in Eisbohrkernen messen. Die Ergebnisse erscheinen in der aktuellen Ausgabe der Zeitschrift *Geophysical Research Letters* (35, L08501, 2008).

### Krebs:

#### Mechanismen und Möglichkeiten

- Wissenschaftler an der Universität Zürich untersuchen derzeit ein **zelluläres Botenmolekül namens PI3K**, das in acht verschiedenen Varianten vorkommt. PI3K übermittelt Signale von den Zellrezeptoren an die für Zellwachstum und Zellteilung zuständigen Mechanismen in der Zelle. Die Identifikation des PI3K-Typs könnte zur Entwicklung neuer Anti-Tumor-Medikamente beitragen.
- Killer-Zellen können virusinfizierte Zellen oder Krebszellen erkennen, und in den Selbstmord treiben oder direkt zerstören. Zuvor werden sie von dendritischen Zellen mittels **Kreuzpräsentation** aktiviert. Wissenschaftler der Universität Bonn konnten im Experiment zeigen, dass ein Teil der innerhalb der dendritischen Zelle zerkleinerten Antigene über einen Kanal in die „Stable Early Endosomes“ gelangt und dort auf MHC I Moleküle geladen wird. Danach wandern diese Endosomen mit ihrem Inhalt zur Zelloberfläche, wo sie von Killerzellen erkannt werden. Nun wird versucht, Hemmstoffe der Kreuzpräsentation zu finden.
- An der Klinik für Tumorbiologie Freiburg entwickeln Wissenschaftler eine Strategie, um **Chemotherapeutika** gezielter in Darmkrebszellen einzuschleusen. Die Krebs-Medikamente werden dazu an Folsäure-Moleküle gebunden, da Krebszellen dieses Vitamin vermehrt aufnehmen. Auf diese Weise soll die Wirkstoffkonzentration in den bösartigen Zellen stark erhöht werden, während gesunde Zellen verschont bleiben. Dadurch ließen sich Nebenwirkungen reduzieren.

Meereisprobennahme auf dem Festeis vor der Französischen Station Dumont D'Urville in der Antarktis unter Leitung von Gerhard Dieckmann (stehend).



## Krebs: Mechanismen und Möglichkeiten

• Wenn Tumorzellen in einen Wachstumsarrest übergehen (Seneszenz), verharren sie in der G2/M Phase des Zellzyklus. Wissenschaftler der Medizinischen Fakultät in Dresden haben herausgefunden, dass das **Membranprotein Caveolin-1** Einfluss auf den Alterungsprozess der Zelle besitzt. Tumorzellen besitzen wenig Caveolin-1. Nach Behandlung von Karzinomzellen mit Bleomycin, einem Anti-Krebsmittel, wurde das Caveolin-1 in den Tumorzellen verstärkt gebildet und die Zellen wurden seneszent.

• Bei rund fünf bis zehn Prozent aller Fälle von **Brustkrebs** liegt eine familiäre Häufung der Erkrankungen vor. Wissenschaftler aus dem Deutschen Krebsforschungszentrum erklärten, dass neben den bekannten Genen BRCA1 und BRCA2 auch zwei von sechs Genvarianten der AKAP-Proteinfamilie für ein um etwa 20 Prozent erhöhtes Krebsrisiko verantwortlich sind. AKAP-Proteine sind in der Zelle für die Weiterleitung von Signalen zuständig.

• Der Fett-Botenstoff **Sphingosin-1-Phosphat** fördert möglicherweise das Krebswachstum. Forscher der Universität Bern zeigten in der Zellkultur, dass das Signalmolekül die Zellteilung anregt, und auch aktiv vor Zelltod schützt. Zudem fördert Sphingosin-1-Phosphat die Migration von Tumorzellen. Es wird untersucht, ob zwei Sphingosin-1-Phosphat generierenden Enzyme als neue Angriffspunkte für therapeutische Ansätze der Tumorbehandlung dienen können.

• Mobile Krebsstammzellen sind nach einem von Wissenschaftlern der Universitätsklinik Freiburg entwickelten Modell die Ursache für **Metastasen beim Dickdarmkrebs**. Krebsstammzellen entstehen aus Stammzellen des Dickdarms. Durch die fälschliche Aktivierung stillgelegter embryonaler Signalwege kann sich solch eine Zelle anschließend unbegrenzt teilen und sich schließlich vom Ursprungstumor ablösen.

• Lange hat man geglaubt, dass Immunzellen Krebs nur bekämpfen, nicht aber unterstützen. Forscher der University of California in San Francisco zeigen jedoch, dass Krebszellen bestimmte Mechanismen einer durch sie verursachten chronischen Entzündung für ihre Zwecke nutzen können. So helfen **Wachstumsfaktoren, Proteasen und Angiogenese** den Tumorzellen, zu wachsen und sich zu verbreiten. Patienten, die regelmäßig die entzündungshemmende Acetylsalicylsäure einnehmen, erkrankten beispielsweise seltener an Metastasen bestimmter Tumoren.

• Das Kaposi-Sarkom tritt in Europa im Zusammenhang mit Aids auf. Häufig spielt das **humane Herpes-Virus Typ 8** dabei eine auslösende Rolle. Forscher der Mainzer Akademie und der Uniklinik Erlangen entdeckten, dass das Virus ein Protein produziert, den Interferonregulatorischen Faktor 3, welches das Wachstum der Krebszellen fördert. Wird dieses Krebsgen ausgeschaltet, sterben die Lymphdrüsenkrebszellen ab.

## Über die Frequenz eines Wechselfeldes: Konformere lassen sich trennen

**M**oleküle mit gleicher Konfiguration, die sich jedoch in der spezifischen Anordnung der Atome unterscheiden und in einem lokalen Energieminimum liegen bezeichnet man als **Konformere**. Wissenschaftler haben jetzt einen Weg gefunden, Konformere zu trennen. **Angriffspunkt zur Trennung: Die Konformere besitzen in vielen Fällen verschieden starke Dipole, die positiven und negativen Ladungen sind in den Molekülen also unterschiedlich verteilt. Deshalb spüren sie die Kraft eines elektrischen Feldes unterschiedlich stark.**

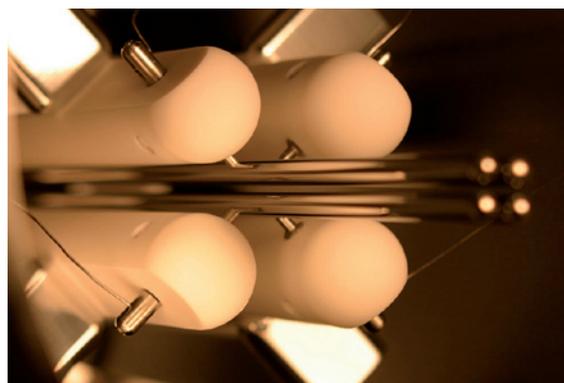
Das Sieb für Konformere von Jochen Küpper und Mitarbeitern am Fritz-Haber-Institut der MPG arbeitet wie ein Quadrupolmassenfilter. An zwei Elektroden des modifizierten Quadrupols liegt jedoch eine Wechselspannung. So ändert sich die Richtung, in der die Kraft des elektrischen Feldes auf die Moleküle wirkt. Entscheidend ist dabei die Frequenz des Wechselfeldes. Verschiedene Dipole sprechen auf das Wechselfeld nämlich unterschiedlich gut an. Letztlich gelangen bei einer bestimmten Frequenz des Wechselfeldes nur Moleküle mit einem bestimmten Dipolmoment – genauer gesagt mit einem bestimmten Verhältnis zwischen ihrem Dipolmoment und ihrer Masse – ans Ende der Apparatur. Alle anderen treiben allmählich aus der Flugbahn des Strahls.

Auf diese Weise isolieren die Berliner Forscher um Frank Filsinger, der als Doktorand den größten Teil der Arbeiten vorgenommen hat, nicht nur ein bestimmtes Konformer. Sie können die Konformere sogar noch danach sortieren, wie stark sie rotieren. Das machen Moleküle ständig, aber nicht immer gleich schnell. Für die Stärke der Rotation gibt es ein Maß, die Rotationsquantenzahl. Die ist umso höher, je schneller sich das Molekül dreht. Dann wird allerdings auch der Dipol des Teilchens immer schwächer und das elektrische Feld wirkt schwächer auf das Molekül.

Die Wissenschaftler haben ihre neue Methode an einem Aminophenol erprobt, und zwar an zwei Konformeren, in denen die Hydroxidgruppe des Moleküls unterschiedlich orientiert ist. In der cis-Version weist die Hydroxidgruppe zur einen Seite, in der trans-Variante genau zur anderen Seite des Moleküls. Das Dipolmoment des cis-Aminophenols ist etwa dreimal größer als das des trans-Pendants.

Bislang können er und seine Mitarbeiter mit dem Molekülsieb nur relativ kleine Teilchen trennen. Die Konformere größerer Moleküle zu sortieren, ist aber kein prinzipielles Problem, sondern ein praktisches. Sehr große ungeladene Moleküle lassen sich bislang jedoch einfach noch nicht zu einem gasförmigen Strahl bündeln.

Das elektrische Feld zwischen den vier Metallstäben wechselt ständig, sodass nur Konformere mit dem passenden Verhältnis aus Masse und Dipolmoment durch die Stabanordnung gelangen (Foto: FHI/MPG).



## Biochemie – in großem Rahmen und dreidimensional

Jeremy M. Berg, John L. Tymoczko, Lubert Stryer: Stryer Biochemie. 6. Auflage. 1224 Seiten. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2007. ISBN 978-38274-1800-5. Euro 79,50.

Die Neugestaltung des Standard-Lehrbuchs der Biochemie von L. Stryer in der nun vorliegenden 6. Auflage vermittelt Studierenden zahlreicher Fachrichtungen umfassende Kenntnisse der Biochemie, insbesondere zum Verständnis physiologischer Vorgänge. Die Grundlage bilden die Lehrinhalte der „klassischen“ Biochemie; wie Strukturen und Funktionen der Proteine (Kap. 2 und 7), Enzyme, Nucleinsäuren, Kohlenhydrate und Lipide sowie die katabolen und anabolen Stoffwechselwege (Kap. 16-18 sowie Kap. 20 bis 26) und die Photosynthese (Kap. 19).

Besonderer Wert wird auf die Verdeutlichung von Zusammenhängen und Regulationsmechanismen gelegt; wie in den Kapiteln „Katalytische Strategien“ und „Regulatorische Strategien“ (Kap. 9 und 10) und „Koordination des Stoffwechsels“ (Kap. 27). Hinzu kommen umfangreiche Kapitel über die grundlegenden Bereiche der Molekularbiologie (Kap. 28 bis 31) sowie die „Erforschung der Gene und Genome“ (Kap. 5) und die „Erforschung der Proteine und Proteome“ (Kap. 3).

Die Einbeziehung der Bioinformatik zur Erfassung und Auswertung der zunehmenden Anzahl an Daten aus den Sequenz-Bestimmungen von Genen und Proteinen führt zu dem eigenständigen Kapitel

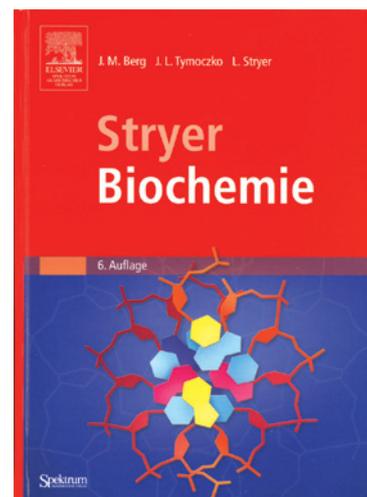
„Erforschung der Evolution“ (Kap. 6). Weiterhin enthält das Buch Kapitel über Membrankanäle, Molekulare Motoren, Sensorische Systeme und das Immunsystem sowie über die „Entwicklung von Arzneistoffen“.

Der Nutzen dieses Lehrbuchs wird noch dadurch erhöht, dass jedes Kapitel mit einer Zusammenfassung, einer Zusammenstellung von Schlüsselbegriffen, einem Verzeichnis ausgewählter Literatur sowie mit Aufgaben (mit Lösungen in Anhang E) abschließt. Das Verzeichnis „Medizinische Zusammenhänge“ eröffnet einen

schnellen Zugang zu allen das Fachgebiet Medizin betreffenden Lehrinhalten; gefolgt von einem Verzeichnis zum Fachgebiet „Molekulare Evolution“.

Von besonderem Wert ist das eingangs zusammengestellte, aussergewöhnlich große „Begleitangebot im Internet“, das noch durch das Verzeichnis B „Computer-Animationen“ ergänzt wird.

Dieses Lehrbuch sollte einen festen Platz nicht nur in Institutsbibliotheken haben, sondern auch bei jedem Studierenden, der sich umfassend mit Biochemie hoher Aktualität befassen will.  
*Dieter Holzner*



## Rechenwege verständlich erklärt

Erich Hitzel: Rechnen in Chemie und Analytik. 387 Seiten; Verlag Handwerk und Technik, Hamburg 2007; ISBN 978-3-582-01236-4; 35,00 Euro.

Berechnungen müssen zu richtigen Ergebnissen führen und die Rechenwege müssen, zumindest in Schule und Ausbildung, nachvollziehbar sein. Daher sind alle Rechenwege zulässig, die zu einem richtigen Ergebnis führen. In diesem Buch wird konsequent über Größengleichungen gerechnet, weil die naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten ebenfalls als Größengleichungen dargestellt werden.

In Ausbildung und Schule soll es in erster Linie darum gehen, dass Aufgaben und Lösungswege verstanden werden und nicht darum, mit welcher Geschwindigkeit die Aufgaben gelöst werden. Deshalb enthält dieses Buch praktisch keine fertigen Formeln, in die nur noch Zahlenwerte einzusetzen sind, wohl aber strukturierte Lösungswege. Die naturwissenschaftlichen Grundlagen werden soweit erläutert, wie es für das Verständnis der Berechnungen erforderlich ist. Dazu werden soweit möglich „Universalschlüssel“ angeboten, die auf praktisch jedes Problem passen. Solche Schlüssel sind über das

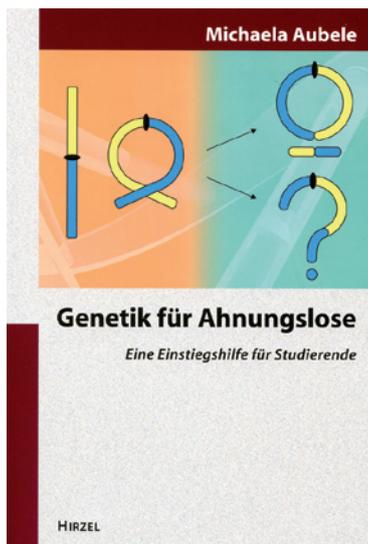
Schlüsselsymbol eigens gekennzeichnet.

In einem einführenden Kapitel werden die mathematischen Grundlagen behandelt, die über die vier Grundrechnungsarten hinaus für das Verständnis der naturwissenschaftlichen Sachverhalte und für die Bearbeitung der Übungen erforderlich sind. Dabei werden insbesondere Funktionen und deren graphische Darstellung eingehend beschrieben.

Die Neubearbeitung hatte das Ziel, das bewährte Rechenbuch „Hübschmann – Links“ zu aktualisieren und durch Rechnungen zur Instrumentellen Analytik zu ergänzen. Bei den Übungen ist unmittelbar an den Text der jeweiligen Aufgabe die Lösung angegeben und mit grüner Schriftfarbe gekennzeichnet. Für das Nachschlagen stoffspezifischer Größen werden die „Tabellen zur Chemie und zur Analytik“ HT 1234 empfohlen. CS



## Kompaktes genetisches Wissen für nicht ganz so Ahnungslose



Michaela Aubele: *Genetik für Ahnungslose*; eine Einstiegshilfe für Studierende. 175 Seiten, mit 50 Abbildungen, 29 Tabellen; S. Hirzel Verlag, Stuttgart 2007; ISBN 978-3-7776-1514-1; 19,80 Euro.

Durch die rasante Entwicklung der Gentechnik so wie durch die

vollständige Sequenzierung zahlreicher Genome in den vergangenen Jahren ist die Genetik zunehmend nicht nur in den Blick der Öffentlichkeit gerückt, sondern hat auch verstärkt Einzug gehalten in verwandte Gebiete wie Biochemie, Pharmazie, Agrarwissenschaft und Medizin.

Bei Studierenden dieser Fachrichtungen wird heute genetisches Grundwissen vorausgesetzt. Doch auch für Studierende der Biologie ist das Tempo der Wissensvermittlung während des Genetikstudiums häufig sehr hoch.

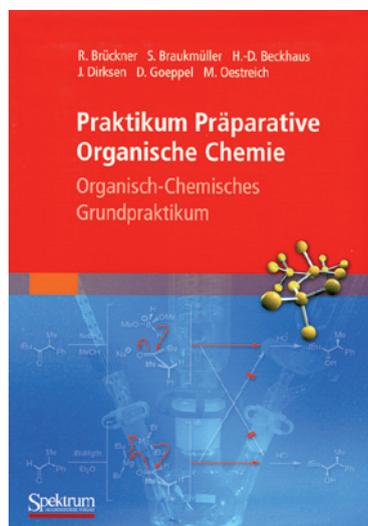
Dieses Buch gibt deshalb das für ein Verständnis erforderliche Genetik-Basiswissen in kompakter Form wieder. Es soll sowohl als Einstiegs- und Lernhilfe wie auch als Repetitorium dienen.

Die Themen dieses Buchs reichen von der Zelle, genetischem Material, Genomstrukturen, Replikation, Zellzyklus, Rekombination, Transkription, Translation, Regulation, Signaltransduktion, Mutation, Reparaturmechanismen, über Formalgenetik bis hin zu den Mendelschen Regeln; abgerundet durch ein Glossar und Links zu Gendatenbanken.

Natürlich kann ein Buch dieses Umfangs nicht alle Details wiedergeben. Dieses wird abgedeckt durch andere, spezialisierte Bücher, von denen einige als weiterführende Literatur angegeben werden.

„Ahnungslose“ werden sich an vielen Stellen doch längere Erklärungen wünschen; einige werden sich deshalb schwer tun. Das Buch ist eher Lernhilfe und Repetitorium für Studierende mit Grundkenntnissen. CS

## Ein lupenreines Praktikumsbuch



R. Brückner, S. Braukmüller, H.-D. Beckhaus, J. Dirksen, D. Goeppel, M. Oestreich: *Praktikum Präparative Organische Chemie*; Organisch-Chemisches Grundpraktikum. 394 Seiten, mit 599 Abbildungen; Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg

2008; ISBN 978-3-8274-1505-9; 34,95 Euro.

Das dreibändige Werk „Praktikum Präparative Organische Chemie“ beschreibt 570 Versuche zunehmenden Experimentier-Anspruchs. Die Bände 2 (Fortgeschrittenenpraktikum) und 3 (Schwerpunktpraktikum) sind in Vorbereitung.

Der hier besprochene Band 1 „Organisch-chemisches Grundpraktikum“ enthält grundlegende Synthesetechniken in der Reihenfolge des Lehrbuchs „Reaktionsmechanismen - Organische Reaktionen, Stereochemie, moderne Synthesemethoden“. Das Werk enthält Versuchsvorschriften für 250 Präparate,

sortiert nach dem zugrunde liegenden Reaktionsmechanismus, und eingeteilt in 12 Praktikumswochen. Jedes Präparat wurde unter Praktikumsbedingungen erfolgreich getestet. Jede Reaktion oder Reaktionssequenz (beispielsweise die sechsstufige Synthese von Ibuprofen, einem Fiebersenker) qualifizierte sich über das Kriterium, lehrreich zu sein, sowohl in Bezug auf die Schulung des Experimentiervermögens als auch im Hinblick auf das Vertrautwerden mit der Vielfalt organisch-chemischer Stoffumwandlungsmöglichkeiten. Das theoretische Hintergrundwissen wurde bewusst weggelassen.

Um ein Reaktionsbeispiel wiederzufinden oder um festzustellen, ob ein Reaktionstyp überhaupt beschrieben wird, fügten die Autoren dem Hauptteil noch zwei grafische Inhaltsverzeichnisse und zwei Stichwortverzeichnisse (Reaktionsweisen und Synthesemöglichkeiten) an.

Schließlich wurde auch noch an die Sicherheitshinweise inklusive R- und S-Sätzen (für den Umgang mit Chemikalien und für die verwendeten Chemikalien) gedacht, sowie an das Muster eines Laborjournals und eines Versuchsprotokolls.

Das Buch ist in seiner Konsequenz eine echte Bereicherung der persönlichen, chemischen Bibliothek. wurde sowohl für Studenten und Dozenten im Grund- und Hauptstudium der organischen Chemie geschrieben, als auch für Fachhochschulen und Betriebe der Chemischen Industrie. CS

## Lebendzell-Imaging mit neuem Biolumineszenz-Imaging-System

Olympus erweitert sein Produktortiment für Lebendzell-Imaging um das Biolumineszenz-Mikroskop (BLM) LV200 LuminoView. Weil die Biolumineszenz über ein hohes Signal-Rausch-Verhältnis ohne Hindergrundleuchten oder phototoxische Effekte verfügt, bietet sie gegenüber dem Fluoreszenz-Imaging Vorteile.

Die Optik des LV200 ist so konstruiert, dass viel Licht den CCD-Chip erreicht, da der Abstand zwischen Objekt und Kamera so kurz wie möglich gehalten wird und auf zusätzliche Spiegel und Linsen verzichtet wurde. Darüber hinaus trägt die hohe numerische Apertur der Tubuslinse im Vergleich mit einem gängigen Mikroskop-System zu einer Steigerung der Empfindlichkeit bei.

Die Optik des LV200 produziert eine Signalstärke, die um ein Vielfaches höher ist als die herkömmlicher Systeme, so dass konventionelle CCD- oder EM-CCD-Kameras zum Einsatz kommen können. Dank der integrierten Anregungs- und Emissionsfilterräder sind Zweifarben-Lumineszenz und Transmissionsfluoreszenz möglich. Darüber hinaus erlauben die optischen Eigenschaften den Einsatz von stark vergrößernden Objektiven, die mit den entsprechenden Kameraintegrationszeiten eine sehr gute Einzellaufklärung liefern, was bisher beim Lumineszenz-Imaging nicht möglich war.

Das LV200 ist mit einer komplett kontrollierbaren Versuchsumgebung ausgestattet, deshalb kann auch Langzeit-Lebendzell-Imaging durchgeführt werden. Zum Leistungsumfang gehören die unabhängige Tempera-

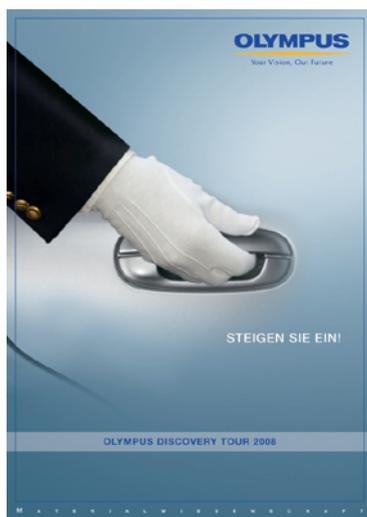


turkontrolle für den Tisch, die Inkubationskammer, die obere Abdeckung und das Objektiv. So lassen sich lebende Zellen über Tage oder gar Wochen hinweg fortlaufend überwachen, ohne die Probe zwischen Mikroskop und Inkubator hin und her transportieren zu müssen. Da der Behälter lichtdicht ist, steht dem Einsatz in einem normalen Labor nichts entgegen.

Das LV200 integriert sich in die Olympus cell M Imaging- und Analyse-Software. So können Anwender den Versuchsaufbau und die Kameraeinstellungen steuern und gleichzeitig die Bilder und Zeitreihen speichern und analysieren.

Olympus geht mit seiner diesjährigen **Roadshow** auf Tour. In fünf Städten präsentiert Olympus im Juni und Juli Aktuelles aus der Welt der Materialwissenschaften. Weitere Informationen unter [www.olympus.de/microscopy/discovery\\_tour.htm](http://www.olympus.de/microscopy/discovery_tour.htm). Im Herbst folgt der zweite Teil der Roadshow zum Thema LifeScience Anwendungen.

Olympus Deutschland GmbH  
Geschäftsbereich Mikroskopie  
Tel 040 23773 4612  
Fax 040 23 08 17  
[www.olympus.de](http://www.olympus.de)



## Manuelles Tensiometer für QC und Ausbildung

Das Sigma 703D ist ein manuelles Stand-alone-Tensiometer zur Messung der Ober- und Grenzflächenspannung nach der Wilhelmy- oder DuNouy-Methode, sowie zur Bestimmung der Dichte von Flüssigkeiten.

Die hochempfindliche Waage garantiert genaue Messergebnisse, die Steuertastatur zusammen mit der integrierten Software sorgen für einfachste Bedienung.

Es muss lediglich der Probenstisch von Hand bewegt werden, das Ergeb-

nis wird direkt auf dem großen Display angezeigt. Über die serielle Schnittstelle kann direkt ein Drucker angeschlossen, die Datenübertragung zu einem PC via USB ist ebenfalls möglich.

LOT-Oriel GmbH & Co. KG  
64293 Darmstadt  
Tel 06151 8806 0  
Fax 06151 8806 64  
[www.lot-oriel.com](http://www.lot-oriel.com)



## EVS – Flackerlicht ohne Gewöhnungseffekt

Ein neuer Ansatz in der LED-Technik bei Werma heißt Enhanced Visibility System, oder Elektronische Verbesserung der Sichtbarkeit, kurz EVS.

Das Flackern von Neonröhren und vergleichbare Lichteffekte erregen beim Menschen hohe Aufmerksamkeit. Die neurobiologischen Grundlagen hierfür erklärt ein Wissenschaftler folgendermaßen: Lichtsignale werden nicht im Auge, sondern erst im menschlichen Gehirn verarbeitet. Um dort bewusst wahrgenommen zu werden, müssen eintreffende Reize zuvor durch eine „Schleuse mit Torhüterfunktion“ gelangen. Sie reduziert beim Schlafen störende Reize auf ein Minimum und hilft, regelmäßige oder andauernde Signale zu „übersehen“.

Unregelmäßige Lichtimpulse wie das chaotisch zufällige Flackerlicht bei EVS können diese Filterfunktion des Gehirns umgehen. Es stellt sich kein Gewöhnungseffekt ein. Werma setzt für das EVS-System Leuchtdioden ein. Ein Mikroprozessor steuert zufällige Lichtsignale an.

Aufgrund der starken Signalwirkung eignet sich das EVS-Licht, um hohe Dringlichkeit oder besondere

Wichtigkeit zu signalisieren, beispielsweise in Gefahrensituationen oder Bereichen, in denen sofort gehandelt werden muss

Imitierten bislang LED-Signalgeräte das Leuchtbild von Glühbirnen oder Xenon-Blitzen, nutzt EVS nun die Stärken der Leuchtdioden. So erzeugen LEDs mühelos die hohe Flackerfrequenz, welche Xenon-Blitze beispielsweise nicht bewältigen könnten.

Daneben punkten die LEDs mit ihren klassischen Vorteilen, ihrer Unempfindlichkeit gegen Vibrationen und Erschütterungen, ihre hohe Lebensdauer, sowie ihrem geringen Energieverbrauch.



Werma Signaltechnik GmbH + Co. KG  
78604 Rietheim-Weilheim  
Tel +49 (0) 7424 9557 105  
Fax +49 (0) 7424 9557 44  
[www.werma.com](http://www.werma.com)

## NIR-Kameras für jede Anwendung



XenICs, der führende europäische Hersteller von InGaAs-Nahinfrarotkameras, hat die Modellpalette für den Wellenlängenbereich 900 nm bis 1700 nm erweitert.

Neu im Produktprogramm sind drei Varianten der XEVA XS-Miniaturkamera. Das Modell „Base“ eignet sich für Anwender, bei denen nicht die Flexibilität im Vordergrund steht. Die Kamera bietet mehrere einstellbare Belichtungszeiten im Bereich von 100 µs bis 100 ms, 60 Hz Bildrate und einen USB-Anschluss.

Das XEVA XS-Modell „Analog“ bietet eine flexiblere Einstellung der Belichtungszeiten und einen zusätzlichen Analogausgang.

Die XEVA XS „Trigger“ ermöglicht eine schnelle Bildauslese von 100 Hz und die Triggerung durch einen externen Prozess. Die volle Bildrate kann

sowohl getriggert als auch bei frei laufender Kamera erreicht werden. Alle XEVA XS-Kameravarianten arbeiten übrigens mit dem hochauflösenden und hochwertigen InGaAs-Sensor mit 320 x 256 Pixeln.

Die Standardkamera XEVA wird weiterhin mit TE1- und TE3-Kühler in den Varianten 60 Hz, 100 Hz und 350 Hz geliefert.

Um weiteren Kundenanforderungen zu entsprechen, kann jetzt auch eine wassergekühlte XEVA Kamera angeboten werden. Die Wasserkühlung erleichtert den vibrationsarmen Betrieb und wird in der Astronomie an Teleskopen und in der Mikroskopie eingesetzt.

LOT-Oriel GmbH & Co. KG  
64293 Darmstadt  
Tel 06151 8806 0  
Fax 06151 8806 64  
[www.lot-oriel.com](http://www.lot-oriel.com)

# Bezugsquellenverzeichnis

## ANALYSEN

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

Ilse Beetz  
Mikroanalytisches Laboratorium  
Postfach 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



06151/8806-0  
Fax 06151/896667  
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



06151/8806-0  
Fax 06151/896667  
www.LOT-Oriel.com

## GEFRIERTROCKNER

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

## GEFRIERTROCKNUNGSANLAGEN



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

## HOHLKATHODENLAMPEN



06151/8806-0  
Fax 06151/896667  
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

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

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

## OPTISCHE TAUCHSONDEN

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

## PARTIKELANALYSE

**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 3

522 Acetylen-Erzeugung im elektrischen Lichtbogen

eine Rolle. Ruß geht als Hilfsstoff in die Gummi- bzw. Anstrichmittel-industrie.

Das den Lichtbogenofen verlassende Gas enthält außerdem noch in geringen Mengen die folgenden Bestandteile: Kohlenoxyd, Stickstoff, Cyanwasserstoff und Acetylenhomologe, wie Diacetylen, Vinylacetylen usw.

Neben dem Acetylen entsteht ein weiteres sehr wertvolles Gas im Lichtbogen, das Äthylen. Bei Einsatz von reinem Methan fällt es zwar nur in geringen Mengen an, bei Einsatz von höheren Kohlenwasserstoffen, wie z. B. Äthan, Propan, aber in erheblichen Mengen. Es bildet den Ausgangsstoff für die bei den *Chemischen Werken Hüls* betriebene Äthylen-Chemie.

Nach Abtrennung und Gewinnung des Rußes wird das Gas mit Hilfe einer Niederdruckgaswäsche gereinigt und dann in Druckwäschen und durch Destillation bei tiefen Temperaturen (Lindeanlage) in seine Bestandteile zerlegt. Das Acetylen wird entweder zu Acetaldehyd verarbeitet, der seinerseits wieder Ausgangsstoff für verschiedene chemische Produkte ist, z. B. für das zur Buna-Erzeugung notwendige Butadien, oder mit Salzsäure zu Vinylchlorid umgesetzt, das zur Herstellung des Kunststoffes Igelit dient.

*Die Energie*

Im Durchschnitt sind für die Erzeugung des Acetylens bei den Chemischen Werken Hüls zehn solcher beschriebener Lichtbogenöfen in Betrieb. Wie schon mitgeteilt, brennt ein jeder dieser Öfen mit 8000 V Spannung und 850 Amp., also einer Leistung von 6800 kW. Eine solche Leistung ist nicht mehr leicht vorstellbar. Man kann zum Vergleich Zimmerheizer heranziehen. Diese brennen im allgemeinen mit 1000 Watt/Stück. Mit der Energie, die zum Betrieb eines Lichtbogenofens benötigt wird, könnte man immerhin 6800 solcher Heizeröfen laufen lassen und eine dementsprechende Zahl von Zimmern erwärmen. Ein weiteres, eindrucksvolles Bild von dieser doch recht erheblichen Energie kann man sich machen, wenn man bedenkt, daß die Stadt Recklinghausen mit ihren 100000 Einwohnern einen Durchschnittsbedarf an elektrischer Leistung von 9000 kW hat.

Eine neuartige Kohlenwasserstoff-Synthese 523

Mit der Energie, die ein elektrischer Lichtbogenofen benötigt, kann man also annähernd eine solche Stadt beleuchten, ihre Straßenbahnen fahren, die darin aufgestellten Motore laufen lassen und die sonstigen elektrischen Geräte betreiben. Die Energie, die bei zehn zu gleicher Zeit laufenden Lichtbogenöfen notwendig ist, könnte immerhin eine Millionenstadt mit dem erforderlichen elektrischen Strom versorgen. Um die Energie zu erzeugen, müssen täglich in dem werkseigenen Kraftwerk ca. 900 t Kohle verfeuert werden, 48 große Waggons sind erforderlich, um diese Kohlenmenge herbeizuschaffen.

Zum Schluß sei noch gefragt, in welcher Form diese dem Kohlenwasserstoffgas zugeführte Energie in dem Gas verwandelt wird bzw. wo sie wieder gefunden wird. Ca. 50% der Energie tritt in Form von Wärme auf. Diese Wärmemenge ist nötig, um das Gas auf Reaktionstemperatur aufzuheizen, ca. 40% der Energie wird benötigt, um die chemische Umwandlung hervorzurufen. Ca. 10% geht mit dem Wasser verloren, das zur Kühlung der Elektroden erforderlich ist.

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

Der Lichtbogen wird zur Zeit mit 6800 kW Gleichstrom betrieben, hat eine Spannung von 8000 V und eine Stromstärke von 850 Amp. Die Länge des Lichtbogens beträgt bei diesen elektrischen Werten ca. 1 m. Bögen von 100 cm Länge brauchen zu ihrer Stabilisierung besondere Maßnahmen. Der Gedanke, sie etwa in freier Atmosphäre ohne spezifische Kunstgriffe zu erzeugen, ist nicht durchführbar. Der thermische Auftrieb der heißen Bogen-gase würde Bögen schon wesentlich kürzerer Ausmaße zum Abreißen bringen. Man muß solche Bögen in der Achse eines Gaswirbels brennen lassen. Dort ist es vollkommen windstill, wie wohl jeder aus Aufnahmen und Berichten über Windhosen weiß. Nun wird verständlich, warum das zu krackende Gas durch eine Drallbüchse in den Lichtbogenofen gegeben wird. Man erzeugt sich künstlich einen solchen Wirbel. In dessen Achse brennen dann Bögen von 1 m Länge stabil. Auf diese Weise stabilisierte Bögen nennt man gaswirbelstabilisiert. Sie spielen bei Lichtbogenentladungen eine wichtige Rolle.

Der technisch zur Zeit in Hülse benutzte Lichtbogenofen wird mit ca. 2400 Nm<sup>3</sup> Kohlenwasserstoffgas stündlich betrieben. Dieses Gas hat zunächst einmal den Gaswirbel, in dessen Achse der Lichtbogen brennt, zu bilden, zum anderen wird es beim Durchgang durch den Ofen aufgeheizt und reagiert chemisch. Welches sind nun die Temperaturverhältnisse, die in solchen Lichtbogenöfen herrschen? Die eigentliche Lichtbogensäule, das hell leuchtende Bogenplasma,

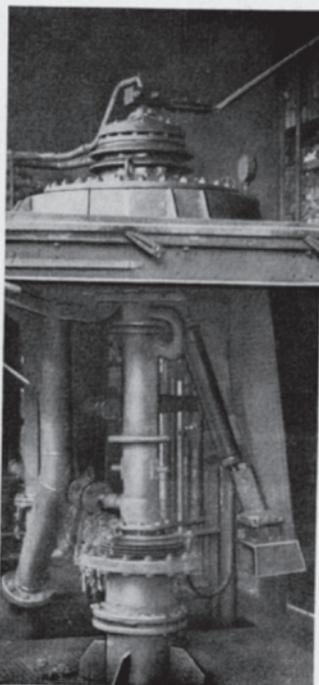


Abb. 2

das bei einer Länge von ca. 1 m wenige Zentimeter Durchmesser hat und das maßgebend für den Elektrizitätstransport ist, zeigt in seinem Innern eine Temperatur von ca. 20000° C. Die in diesem Plasma, das sozusagen die wärmeabgebende, heiße Zone darstellt, erzeugte Wärme fließt nach außen in Richtung zur Flammrohrwand und erwärmt das Gas bei dessen Durchgang durch das Flammrohr auf solche Temperaturen, daß die Kohlenwasserstoffgase zu Acetylen umgewandelt werden. Diese im Bogenplasma herrschende Temperatur, die mit irdischen Mitteln, abgesehen von Atomreaktionen, sonst an keiner Stelle erzeugt werden kann, stellt Verhältnisse dar, wie sie auf Fixsternen gefunden werden. Die Bestimmung dieser Temperaturwerte kann natürlich auch mit Meßvorrichtungen, wie wir sie auf der Erde benutzen, nicht vorgenommen werden. Es sind Methoden der Astrophysik anzuwenden, die für die Bestimmung der Temperaturen der Sterne entwickelt wurden. Man benutzt die Spektren, die das heiße leuchtende Plasma aussendet, und kann daraus mit nicht ganz einfachen Auswertverfahren die Temperaturen bestimmen.

Charakteristisch für die Eigenschaften des Kohlenwasserstoff-Lichtbogens ist das thermische und elektrische Verhalten des bei der Krackreaktion entstehenden Wasserstoffs. Das ergibt sich eindeutig aus den spektralanalytischen Untersuchungen. Das überaus große Wärmeleitvermögen des Wasserstoffs bewirkt, daß Lichtbögen in Kohlenwasserstoffatmosphäre überhaupt nicht mehr mit Wechselstrom zu betreiben sind. Beim Spannungsdurchgang des Wechselstroms durch Null führt das große Wärmeleitvermögen und die große Beweglichkeit der Wasserstoffatome zur elektrischen Neutralisation des Plasmas, so daß beim Wiederanstiegen der Spannung keine Elektrizitätsträger für den Stromtransport mehr verfügbar sind. Man müßte fortlaufend den Bogen zünden oder hochfrequenten Wechselstrom einsetzen. Wegen der technischen Schwierigkeiten, die diese beiden Möglichkeiten mit sich bringen, entschied man sich für Gleichstrom zum Betrieb des Lichtbogens in Kohlenwasserstoff. Die Erzeugung des Gleichstroms stellt ein erhebliches Problem dar. Es war dazu die Entwicklung von Großgleichrichtern notwendig, die in Zusammenarbeit mit der Firma Brown, Boveri & Cie., Mannheim-Käfertal, gelang. Man verwendet gittergesteuerte Hochspannungsgleichrichter, wobei die Gittersteuerung unter Vermeidung von Drosselspulen

Zu nebenstehendem Bilde (Abb. 3): Gleichrichter (links) und Bedienungsstand (rechts) für einen Lichtbogenofen (Werkphoto Chem. Werke Hülls).

auf der Wechselstromseite die für den stabilen Betrieb des Lichtbogens im Betriebspunkte notwendige fallende Charakteristik ermöglicht. Abb. 3 zeigt Gleichrichter und Bedienungsstand für einen Lichtbogenofen.

Aus den pro Lichtbogenofen stündlich eingesetzten 2400 Nm<sup>3</sup> Kohlenwasserstoffgasen entstehen durch die Krackung ca. 3800 Nm<sup>3</sup> Acetylenhaltiges Gas/h. Diese Volumenvermehrung bei der chemischen Reaktion im Lichtbogenofen kommt auf folgende Weise zustande. Bei Einsatz von Methan und totalem Umsatz in Acetylen und Wasserstoff müßten gemäß der Formel  $2\text{CH}_4 = \text{C}_2\text{H}_2 + 3\text{H}_2$  aus einem Volumen eingesetzten Gases 2 Volumen Krackgas entstehen. Es erfolgt aber bei Durchgang des Gases durch das Flammrohr kein 100%iger Umsatz. Der Umsatz liegt bei ca. 65%. Weiterhin treten neben der oben angegebenen Hauptreaktion auch noch einige Nebenreaktionen auf, bei denen das Volumen nicht verdoppelt wird. Daraus wird verständlich, daß die Volumenvermehrung nicht das Doppelte, sondern nur das 1,6-fache beträgt. Die tatsächliche Temperatur dieses Gases fällt im Flammrohr von der Bogensäule nach außen zur Flammrohrwand hin ab, da diese ja mit Wasser gekühlt wird. Die mittlere Temperatur des den Lichtbogenofen verlassenden Gases beträgt ca. 1500° C. Die 3800 Nm<sup>3</sup> gekracktes Gas bilden infolge der Volumenausdehnung durch die Temperatur eine tatsächliche Gasmenge von ca. 24000 m<sup>3</sup>. Diese Gasmenge passiert stündlich ein Flammrohr von 100 cm Länge und 9,5 cm Durchmesser, wird also mit einer Geschwindigkeit von ca. 1000 m/sec durchgepreßt. Das bedeutet, daß das Gas nur ca. 1/1000 sec in dem Flammrohr verweilt, also nur eine solche kurze Zeit der hohen Temperatur ausgesetzt ist. Diese Zeit reicht jedoch aus, um das Gas auf Reaktionstemperatur aufzuwärmen und die chemische Reaktion ablaufen zu lassen.

Es ist sehr gut, daß alles in solch kurzen Verweilszeiten abläuft. Benötigte man längere Zeiten zur Reaktion, dann wäre es nie möglich, nach solch thermischen Krackverfahren Acetylen zu erzeugen. Sämtliche Kohlenwasserstoffe, gleichgültig ob es sich um Paraffine, Olefine oder Acetylene handelt, zerfallen bei hohen Temperaturen in relativ kurzer Zeit in ihre Elemente, also in Kohlenstoff und Wasserstoff. Nur dadurch, daß hier zur Umwandlung zu Acetylen nur 1/1000 sec gebraucht wird, kann ein störender Zerfall der Kohlenwasserstoffe verhindert werden. Es wird nun auch verständlich, warum gleich nach dem Flammrohrende an der Stelle D das heiße Gas mit Wasser abgeschreckt werden muß. Man kühlt unter Ausnutzung der recht hohen Verdampfungswärme des

auf der Wechselstromseite die für den stabilen Betrieb des Lichtbogens im Betriebspunkte notwendige fallende Charakteristik ermöglicht. Abb. 3 zeigt Gleichrichter und Bedienungsstand für einen Lichtbogenofen.

Aus den pro Lichtbogenofen stündlich eingesetzten 2400 Nm<sup>3</sup> Kohlenwasserstoffgasen entstehen durch die Krackung ca. 3800 Nm<sup>3</sup> Acetylenhaltiges Gas/h. Diese Volumenvermehrung bei der chemischen Reaktion im Lichtbogenofen kommt auf folgende Weise zustande. Bei Einsatz von Methan und totalem Umsatz in Acetylen und Wasserstoff müßten gemäß der Formel  $2\text{CH}_4 = \text{C}_2\text{H}_2 + 3\text{H}_2$  aus einem Volumen eingesetzten Gases 2 Volumen Krackgas entstehen. Es erfolgt aber bei Durchgang des Gases durch das Flammrohr kein 100%iger Umsatz. Der Umsatz liegt bei ca. 65%. Weiterhin treten neben der oben angegebenen Hauptreaktion auch noch einige Nebenreaktionen auf, bei denen das Volumen nicht verdoppelt wird. Daraus wird verständlich, daß die Volumenvermehrung nicht das Doppelte, sondern nur das 1,6-fache beträgt. Die tatsächliche Temperatur dieses Gases fällt im Flammrohr von der Bogensäule nach außen zur Flammrohrwand hin ab, da diese ja mit Wasser gekühlt wird. Die mittlere Temperatur des den Lichtbogenofen verlassenden Gases beträgt ca. 1500° C. Die 3800 Nm<sup>3</sup> gekracktes Gas bilden infolge der Volumenausdehnung durch die Temperatur eine tatsächliche Gasmenge von ca. 24000 m<sup>3</sup>. Diese Gasmenge passiert stündlich ein Flammrohr von 100 cm Länge und 9,5 cm Durchmesser, wird also mit einer Geschwindigkeit von ca. 1000 m/sec durchgepreßt. Das bedeutet, daß das Gas nur ca. 1/1000 sec in dem Flammrohr verweilt, also nur eine solche kurze Zeit der hohen Temperatur ausgesetzt ist. Diese Zeit reicht jedoch aus, um das Gas auf Reaktionstemperatur aufzuwärmen und die chemische Reaktion ablaufen zu lassen.

Es ist sehr gut, daß alles in solch kurzen Verweilszeiten abläuft. Benötigte man längere Zeiten zur Reaktion, dann wäre es nie möglich, nach solch thermischen Krackverfahren Acetylen zu erzeugen. Sämtliche Kohlenwasserstoffe, gleichgültig ob es sich um Paraffine, Olefine oder Acetylene handelt, zerfallen bei hohen Temperaturen in relativ kurzer Zeit in ihre Elemente, also in Kohlenstoff und Wasserstoff. Nur dadurch, daß hier zur Umwandlung zu Acetylen nur 1/1000 sec gebraucht wird, kann ein störender Zerfall der Kohlenwasserstoffe verhindert werden. Es wird nun auch verständlich, warum gleich nach dem Flammrohrende an der Stelle D das heiße Gas mit Wasser abgeschreckt werden muß. Man kühlt unter Ausnutzung der recht hohen Verdampfungswärme des

### Die Stellenbörse für Wissenschaftler und Techniker im Labor.

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

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