

# CLB

*Chemie in Labor und Biotechnik*

Analytik

Biotechnik

Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung

- Bernstein
- Stabilisotopenanalyse
- Mutation

Die erste Beilage „Lernen und Leisten“ im Archiv der CLB-Redaktion stammt aus dem Jahre 1960 – vier Jahre, nachdem sie unter der Schriftleitung von Reinhold Ellmer startete. Er feierte Anfang April seinen 80. Geburtstag. Hier hat er – und haben Sie, liebe Leserinnen und Leser – Gelegenheit, sich in die Vergangenheit zurückzusetzen (Fortsetzung Umschlagseite 3).

# LERNEN UND LEISTEN

BLÄTTER ZUR AUS- UND WEITERBILDUNG FÜR DEN NACHWUCHS DER CHEMIE-BERUFE

Eine Beilage der Monatschrift „CHEMIE für Labor und Betrieb“



Verantwortlich für den Inhalt: Reinhold Ellmer, Frankfurt am Main  
Anschritt für Schriftleitung und Verlag: Frankfurt/Main, Stuttg. Str. 20-24

Heft 2, Februar 1960

## x + y = 100

Mitunter treten bei der Auswertung physikalischer, physikalisch-chemischer oder auch analytischer Arbeiten Gleichungen mit zwei Unbekannten auf. Solche Gleichungen löst man mathematisch bekanntlich entweder nach der Einsetzungs-, Subtraktions- oder Gleichsetzungsmethode. Diese Lösungswege sind mitunter zeitraubend. Sagt eine der beiden Gleichungen aus, daß die Summe der beiden Unbekannten eine bekannte Zahl ergibt, so kann man die beiden Unbekannten auch graphisch ermitteln. Die Ergebnisse sind zwar nicht so genau wie die der mathematischen Lösung, doch erspart man bei Serienbestimmungen – und um solche handelt es sich in derartigen Fällen oft – viel Zeit. Wir wollen die graphische Lösung dieser Art von Gleichungen mit zwei Unbekannten an Beispielen etwas näher betrachten und dann auch die Umkehrung dieser Lösungsart streifen.

### 1. Beispiel

Man kann die Zusammensetzung eines aus zwei Gasen bestehenden Gasgemisches aus dem Litergewicht berechnen, wenn man die Litergewichte der beiden Gase kennt. Es möge sich um eine Mischung von Wasserstoff und Stickstoff handeln. Besteht das Gas aus reinem Wasserstoff,

so wiegt ein Liter davon (bei 0 °C und 760 Torr) 90 mg, besteht es aus reinem Stickstoff, so wiegt ein Liter davon 1250 mg. Diese Zahlen sind die Litergewichte der beiden reinen Gase. Die Litergewichte aller möglichen Mischungen aus den beiden Gasen müssen demnach dazwischen liegen, also zwischen 90 mg und 1250 mg. Ist das Gasgemisch besonders reich an dem leichteren Gas Wasserstoff, so liegt das Litergewicht näher bei 90 mg, ist es stark stickstoffhaltig, so liegt das Litergewicht näher bei 1250 mg.

Nun wird in einem Fall das Litergewicht einer Mischung aus den beiden Gasen zu 900 mg gefunden. Die Zusammensetzung soll berechnet werden. Ist x der Wasserstoffgehalt in Volumenprozent und y der Stickstoffgehalt in Volumenprozent, so läßt sich folgende Gleichung mit zwei Unbekannten aufstellen:

$$x + y = 100$$

$$x \cdot 90 + y \cdot 1250 = 900 \cdot 100$$

Diese Aufgabe läßt sich nach der Einsetzermethode lösen. Als Ergebnis erhält man:

$$y = 69,8 \text{ Vol. \% N}_2 \text{ und } x = 30,2 \text{ Vol. \% H}_2$$

Daß es sich dabei auch wirklich um Volumen-, und nicht um Gewicht-

10

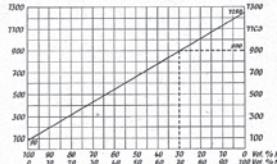
prozente handelt, möge die Errechnung des Litergewichtes aus diesen Zahlen zeigen:

$$\frac{1000 \text{ cm}^3 \text{ N}_2}{1250 \text{ mg}} = \frac{698 \text{ cm}^3 \text{ N}_2}{m \text{ mg}}; m = 872,5 \text{ mg N}_2$$

$$\frac{1000 \text{ cm}^3 \text{ H}_2}{90 \text{ mg}} = \frac{302 \text{ cm}^3 \text{ H}_2}{n \text{ mg}}; n = 27,2 \text{ mg H}_2$$

Die Summe ergibt 899,7 mg – das ist das Gewicht von einem Liter der Gasmischung.

Die Rechnerei kann man sich sparen, wenn man die Aufgabe graphisch löst. Auf einem Blatt Millimeterpapier zeichnet man eine Waagerechte von 20 cm Länge und errichtet in den Enden dieser Waagerechten je eine Senkrechte von ca. 15 cm Höhe. Auf der Waagerechten wird von links nach rechts der Stickstoffgehalt, von rechts nach links der Wasserstoffgehalt in Volumenprozent aufgetragen (5% = 1 cm). Auf den Senkrechten wird das Litergewicht aufgetragen (100 mg = 1 cm). Dann wird bei 100% H<sub>2</sub> das Litergewicht des Wasserstoffs, bei 100% N<sub>2</sub> das Litergewicht des Stickstoffs angekreuzt. Verbindet man diese beiden Punkte, so entsteht eine Gerade, die von links unten nach rechts oben verläuft.



Die Zusammensetzung des Gasgemisches mit dem Litergewicht 900 mg aus dem erwähnten Beispiel läßt sich ablesen, wenn man eine Linie in Höhe von 900 mg von rechts nach links (oder umgekehrt) bis zur Geraden zieht und von dem Schnittpunkt der Linie mit der Geraden eine Senkrechte auf die Waagerechte fällt.

Diese Senkrechte schneidet die Waagerechte bei einer Zusammensetzung von 30 Vol. % H<sub>2</sub> und 70 Vol. % N<sub>2</sub>. Dieses Ergebnis stimmt recht gut mit dem vorher auf rechnerischem Wege ermittelten überein.

So wie in diesem Beispiel läßt sich die Zusammensetzung in Volumenprozent von allen möglichen Mischungen von Wasserstoff und Stickstoff ablesen, wenn deren Litergewichte bekannt sind.

### 2. Beispiel

Bei einer indirekten Analyse liegt eine ähnliche Aufgabenstellung wie im ersten Beispiel vor. Bekanntlich handelt es sich bei einer indirekten Analyse um die Ermittlung der Zusammensetzung eines aus zwei Substanzen bestehenden Gemisches auf analytischem und rechnerischem Wege. Meist wird eine gewogene Menge eines Gemisches zweier Salze, bei denen der Säurerest nicht der gleiche ist, in eine wägbare Menge einer Verbindung überführt, die dann eine einheitliche Zusammensetzung hat. Aus zwei Zahlen – den gewogenen Mengen – muß dann die Zusammensetzung errechnet werden. Das gelingt mathematisch über eine Gleichung mit zwei Unbekannten und auf dem im ersten Beispiel gezeigten graphischen Weg.

1,965 g eines Gemisches aus KCl und K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ergaben beim Abbrauchen mit konzentrierter Schwefelsäure 2,145 g K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Es ist die Zusammensetzung des Gemisches zu berechnen.

Der Ansatz für die mathematische Lösung lautet, wenn x der KCl-Anteil und y der K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Anteil ist:

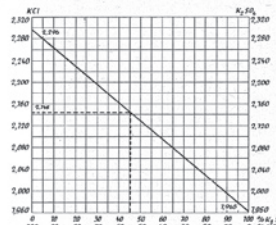
$$x + y = 1,965$$

$$x \cdot \frac{K_2SO_4}{2 KCl} + y = 2,145$$

Als Lösung erhalten wir, daß das Gemisch aus x = 1,071 g KCl (54,5%) und y = 0,894 g K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (45,5%) besteht.

11

Zur graphischen Lösung der Aufgabe gehen wir von folgenden Überlegungen aus. Wenn die Analysesubstanz zu 100% aus K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> bestehen würde, so wäre nach dem Abbrauchen mit konzentrierter Schwefelsäure keine Gewichtszunahme festzustellen. Das Gewicht der Probe würde also nach wie vor 1,965 g betragen. Bestünde aber die Probe zu 100% aus KCl, so würden daraus (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : 2 KCl) 1,965 = 2,296 g K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> entstehen. Tatsächlich sind aber aus 1,965 g Gemisch 2,145 g K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> entstanden. Diese Angaben werden graphisch ausgewertet. Auf der Waagerechten wird wieder die Zusammensetzung (0–100% K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> und 0–100% KCl), auf den Senkrechten eine Einteilung von 1,96 g bis 2,32 g (5 mm = 10 mg) aufgetragen. Auf der K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Senkrechten wird der Punkt 1,965 und auf der KCl-Senkrechten der Punkt 2,296 markiert.



Wenn diese Punkte miteinander verbunden, so entsteht die Gerade, über die wir aus dem Gewicht des Gemisches die Zusammensetzung ablesen können. Vom Gewicht 2,145 g ziehen wir eine Linie bis zur Geraden und fallen aus diesem Punkte die Senkrechte auf die Waagerechte, wo wir das Ergebnis ablesen können. Je nach dem auf dem Bogen Millimeterpapier gewählten Maßstab kommt das Ergebnis sehr gut an das rechnerisch ermittelte heran.

### 3. Beispiel

Bei diesem Beispiel soll einmal gezeigt werden, daß auch der umgekehrte Weg in der Praxis von Bedeutung sein kann, obwohl eine derartige Aufgabenstellung rechnerisch recht einfach zu bewältigen ist.

Die Dichte von festen Stoffen, die in gekörnter oder pulverisierter Form vorliegen, läßt sich oft nur schwer nach einer der üblichen Methoden bestimmen. Sehr gut geeignet ist die weniger bekannte Schwebemethode. Man bringt den pulverisierten Stoff in ein geeignetes Gemisch zwei verschieden dichter und miteinander mischbarer Flüssigkeiten und verändert das Mischungsverhältnis so lange, bis der Körper darin schwebt. In diesem Zustand haben dann das Flüssigkeitsgemisch und der Körper die gleiche Dichte. Unter der Voraussetzung, daß die Flüssigkeit den Körper nicht löst, liefert die Dichtebestimmung der Flüssigkeit zugleich die Dichte des Stoffes. Die Dichte der Flüssigkeit kann nach einer der bekannten Methoden bestimmt werden oder aber aus den Volumina der beiden zur Mischung verwendeten Flüssigkeiten berechnet werden. Das geht selbstverständlich nur dann, wenn beim Mischen keine Volumenänderung eingetreten ist.

Bei einer Dichtebestimmung sei Benzol (d = 0,88) und Äthyljodid (d = 1,93) verwendet worden. Für hundert Volumenteile Mischung sind 70 Volumenteile Benzol und 30 Volumenteile Äthyljodid zusammengegeben worden. Die Dichte des Gemisches ist zu berechnen.

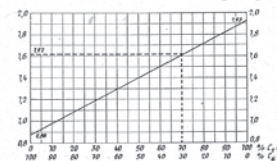
$$\frac{1 \text{ ml Benzol} = 30 \text{ ml}}{0,88 \text{ g}} = \frac{x \text{ g}}{x \text{ g}}; x = 26,4 \text{ g Benzol}$$

$$\frac{1 \text{ ml Äthyljodid} = 70 \text{ ml}}{1,93 \text{ g}} = \frac{y \text{ g}}{y \text{ g}}; y = 135,1 \text{ g Äthyljodid}$$

100 ml Mischung wiegen also 161,5 g. Die Dichte ist somit 1,615.

12

Obwohl es sich hier um keine große Rechenarbeit handelt, kann man die graphische Lösung vor allem bei Serienbestimmungen schnell – allerdings nicht so genau – zum Ergebnis kommen. Auf der Waagerechten wird die Zusammensetzung des Gemisches, auf den Senkrechten werden die Dichten eingetragen.



Die Gerade verbindet die Dichten 0,88 und 1,93. Zu allen Punkten auf dieser Geraden gehört eine ganz bestimmte

Zusammensetzung des Gemisches und eine ganz bestimmte Dichte. In unserem Fall erhält man bei einer Mischung von 30% Benzol und 70% Äthyljodid eine Dichte von 1,62.

Je nach den Anforderungen ist diese Methode für die Praxis ungenau. Das Beispiel zeigt aber doch, daß man in anderen Fällen ähnlich verfahren kann. Bei der Schwebemethode läßt sich der umgekehrte Weg, also die Ermittlung der Zusammensetzung aus der Dichte, ähnlich wie in den ersten beiden Beispielen, dann anwenden, wenn die ungefähre Dichte bekannt ist und man überschlagen will, welche Volumina der beiden Flüssigkeiten etwa zu mischen sind.

Vielleicht wissen manche unserer Leser noch Beispiele für dieses Thema. Sie mögen uns darüber schreiben. Geeignete Einsendungen werden wir abdrucken.

## Macht Ihr's auch so?

### Bunsen-Ventil und Gökkel-Ventil

Bei analytischen Bestimmungen ist es manchmal erforderlich, irgendeine Substanz unter Luftabschluß zu erhitzen. Das ist zum Beispiel dann nötig, wenn Eisen-(III)-sulfat durch aus Zink in schwefelsaurer Lösung entwickelten Wasserstoff in Eisen(II)-salz überführt werden soll oder wenn Eisen in Schwefelsäure gelöst werden soll. In beiden Fällen muß Luft von der Reaktion ferngehalten werden, damit nicht wieder Fe<sup>3+</sup> entsteht. Dreiwertiges Eisen würde nämlich bei der sich anschließenden Titration mit Kaliumpermanganat oder Cer(IV)-sulfat nicht titrierbar, da sich nur zweiwertiges Eisen oxydimetrisch bestimmen läßt.

Die Reduktion oder das Lösen aus den oben erwähnten Beispielen nimmt man in Erlenmeyer-Kolben vor, die mit einem Bunsen- oder Gökkel-Ventil verschlossen sind. Sie lassen zwar die sich beim Er-

wärmen ausdehnende Luft (bzw. den Wasserstoff oder den Wasserdampf) aus dem Kolben austreten, verhindern aber Luftzutritt von außen.

Beim Bunsen-Ventil ist in einen durchbohrten Stopfen ein Stück Glasrohr eingesetzt, über das Glasrohr ist ein eingeschalteter Gummischlauch geschoben. Dieser wird nach oben durch ein Stückchen Glasstab abgeschlossen, das an beiden Enden rundgeschmolzen wurde. Sitzt das Bunsenventil auf dem Kolben und wird dieser erwärmt, so entweicht der Überdruck durch den Schlitz im Gummischlauch. Beim Abkühlen wird der Schlauch durch den äußeren Luftdruck so zusammengedrückt, daß keine Luft eintreten kann. Im Kolben kann aber mitunter ein solcher Unterdruck entstehen, daß der Kolben implodiert, denn Erlenmeyerkolben sind nicht vakuumfest.

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

dem „Nachwuchs“ gelten etliche Themen dieser CLB. Das ist aber auch nichts Ungewöhnliches. Schon 1956 erhielt die damals erst im siebten Jahrgang herausgegebene Zeitschrift eine Bei-



lage, Titel: „Lernen und Leisten – Blätter zur Aus- und Weiterbildung für den Nachwuchs der Chemie-Berufe“. Der Schriftleiter war Reinhold Ellmer. Ihm gratuliert die Redaktion und die Herausgeberschaft der CLB nun zum 80. Geburtstag, den er Anfang April feierte! Ellmer begleitete

die CLB über lange Zeit, auch als Chefredakteur, und noch heute ist er in freier Mitarbeit für die Zeitschrift tätig, die sich weiterhin für die Belange junger Menschen in der Naturwissenschaft und Technik einsetzt. Unter anderem auch durch seine frühzeitige redaktionelle Einbindung junger Leute in die CLB – hier werden schon seit langem beispielsweise Aufsätze von „Jugend forscht“-Teilnehmern veröffentlicht – gab es auch den Kontakt zu Prof. Dobrinski, dem Erfinder und Förderer der Zeitschrift „Junge Wissenschaft“, die jetzt in unserem Verlag erscheint. Ein kurzer Rückblick auf die Anfänge der CLB-Nachwuchsarbeit auf den Geschichtsseiten mag Reinhold Ellmer ermuntern, anderen die Motivation für Jugendarbeit weiterzugeben.

„Lernen und Leisten“ war der Titel der damaligen Beilage. „Lehre leisten“ mag die Umschreibung für die Herausforderung sein, die der Wettbewerb „Jugend lehrt“ stellt. Beispielhaft haben dies bereits zwei junge Leute gemeistert und auf der InCom/LifeCom in Düsseldorf dem Publikum der Abendveranstaltungen präsentiert; sie haben dafür eine große Leistung erbracht, die sich auch in Visualisierungen widerspiegelte, die in dieser Druckschrift leider nicht dargestellt werden können. Die erste schriftliche Arbeit – von Celia Viermann – finden Sie in dieser Ausgabe ab Seite 110; die zweite Ausarbeitung – von Matthias Wüstenhagen – folgt in der nächsten CLB. Ich bin sicher, diese Arbeiten werden den Wettbewerb voranbringen, und er wird einen wichtigen Beitrag in der Mo-

tivation Jugendlicher für Naturwissenschaft und Technik leisten.

Denn diese Motivation ist notwendig, will Deutschland sein Wohlstandsniveau, das sich auf technische Errungenschaften gründet, im internationalen Konkurrenzkampf erhalten. Wie eng es dabei werden kann, welche Quellen von Intellektualität und Kreativität aber auch noch ungenutzt sind, zeigte eine Podiumsdiskussion, die ich mit führenden Vertretern aus Wirtschaft, Politik, Wissenschaft und Lehre auf der InCom/LifeCom in Düsseldorf führte. Die wesentlichen Punkte daraus lesen Sie ab Seite 102. Und direkt im Anschluss finden Sie ein Beispiel, welche Bemühungen es doch gibt, Jugend an Wissenschaft heranzuführen: Im Bonner Deutschen Museum wurde eine „Experimentierküche für Alltagschemie“ eingeweiht – deren Ideengeber auch Mitherausgeber der CLB ist, Prof. Schwedt. Maßgeblich gefördert wurde die Einrichtung von der Deutschen Telekom Stiftung, die jetzt übrigens auch – neben etlichen anderen Unternehmen und Institutionen – als Sponsor der „Jungen Wissenschaft“ auftritt. Eine Zusammenstellung aktueller Projekte für Jugendarbeit in Naturwissenschaft und Technik liefert ab Seite M21 das CLB-Memory.

Ein AugenZwinkern: Bei aller JugendArbeit wird auch immer auf den Wert der VorbildFunktion hingewiesen. Ob es im Hintergrund der Einführung der neuen Rechtschreibung jedoch sinnvoll ist, Groß- und KleinSchreibung immer mehr durcheinander zu würfeln? In Dateinamen mache ich dies auch gerne, um sie kurz zu halten. Firmen wollen in solchen SchreibWeisen ein Aufmerksamkeits- und UnterscheidungsMerkmal setzen, aber mal ehrlich: Langsam wird's langweilig. Ob das Bonner Deutsche Museum gut beraten ist, diesem Trend zu folgen mit „ExperimentierKüche“ und „AlltagsChemie“ – so die „offizielle“ Schreibweise in seinen Prospekten – mag jeder für sich entscheiden...

Ihr

# INHALT

## Aufsätze

Bernstein – Bernsteinsäure – Dicarbonsäuren Vom Gold Ostpreußens zu den modernen Chemiefasern _____	88
Stabilisotopenanalyse in den Biowissenschaften Der kleine Masseunterschied macht's _____	94

## Rubriken

Editorial _____	81
Impressum _____	83
F & E im Bild _____	83
Unternehmen _____	84
Personalien _____	86
Förderungen / Preise _____	87
Grundlagen _____	98
Messen, Kongress, Ereignisse _____	102
Forschung und Technik _____	106
Umfeld Wissenschaft _____	108
Umschau	
Mutation – Der Schrecken der Genetik? _____	110
Literatur _____	116
Neue Produkte _____	117
Bezugsquellenverzeichnis _____	119

### Zum Titelbild:

Dieser Bernstein von der Samlandküste der Ostsee schloss vor etwa 54 Millionen Jahren eine Fliege ein (siehe dazu den Artikel ab Seite 88; Foto: Kickuth).



## CLB-Memory

Einigung in der Chemieindustrie In der zweiten Runde Tarifabschluss erzielt _____	M17
Funktionale polymere Schichten Bürsten mit Schalter _____	M18
Positionspapier deutscher Chemieorganisationen Energieversorgung – der Beitrag der Chemie _____	M19
Stiftung Warentest prüft Eignungstests Zwei Online-Tests für Jugendliche sind „sehr gut“ _____	M20
Schülerlabor, Schnuppertage, Kinderuni, Juniorstudium Naturwissenschaft für junge Menschen _____	M21
Qualitative Analyse – Trennungsgänge Ammoniumcarbonat-Gruppe _____	M24

## Gläsernes Hirn

„Wenn man ein ganzes Mäusegehirn in eine spezielle ölige Lösung gibt, so wird es ‚gläsern‘ und kann im Ultramikroskop mit einem Laserstrahl von der Seite schichtweise durchleuchtet werden“, erklärt Hans-Ulrich Dodt, Professor für Bioelektronik an der TU Wien. Die ölige Lösung und das Protein des Gehirns haben den gleichen Brechungsindex. So wird erreicht, dass das Gehirn mit dem Laser durchstrahlt und das neuronale Netzwerk sichtbar wird. Aus den einzelnen Laserschichtbildern konnten die WissenschaftlerInnen am Computer eine 3D-Rekonstruktion erstellen. Gefäße oder Nervenzellen wurden mit Hilfe von Fluoreszenzmarkierungen im Gehirn in grüner Farbe zum Leuchten gebracht. Dank 3D-Visualisierung und hoher Auflösung dieser Zellstrukturen ist es möglich am Computer eine Art Flug durch das Gehirn zu simulieren. Der Hippocampus, der in seiner Struktur an ein Seepferdchen erinnert, ist dabei besonders interessant (Abb.: Dodt/Uni Wien).



## Impressum

**CLB**  
Chemie in Labor und Biotechnik

**Verlag:**  
Agentur & Verlag Rubikon  
für technische und wissenschaftliche  
Fachinformation – Rolf Kickuth  
Anschrift:

CLB, Agentur & Verlag Rubikon  
Bammentaler Straße 6–8  
69251 Gaiberg bei Heidelberg  
Deutschland  
E-Mail: redaktion@clb.de

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

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

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

**Ständige Mitarbeiter:**  
Ans de Bruin (Grafik), Heidelberg; Werner  
Günther, Düsseldorf; Prof. Dr. Wolfgang  
Hasenpusch, Hanau;  
Dr. Mechthild Kässer, Diekhöfen; PD Dr.  
Röbbe Wünschiers, Köln.

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

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

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

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

CLB erscheint monatlich.

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

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

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

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

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen  
einzelnen Beiträge und Abbildungen sind  
urheberrechtlich geschützt. Jede Verwer-  
tung außerhalb der engen Grenzen des  
Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustim-  
mung des Verlags unzulässig und straf-  
bar.

Für die Rückgabe unverlangt eingesand-  
ter Buchbesprechungsbeispiele kann  
keinerlei Gewähr übernommen werden.

ISSN 0943-6677



## NACHRICHTEN & NOTIZEN

**QIAGEN N.V.**, hat für seine neue Plattform „Qiacube“ den renommierten „Red Dot Award“ der Design-Industrie bekommen. Die Plattform gewann in der Kategorie Innovation, Funktionalität, formale Qualität und Ergonomie. Im Januar erhielt das Produkt als erste internationale Auszeichnung schon den New Product Award der Association for Laboratory Automation (ALA) in Palm Springs, California.

**Tecan und VWR International** haben eine strategische Allianz für den globalen Vertrieb ihrer Microarray-Geräte und Mikroplatten Reader angekündigt. Die Zusammenarbeit profitiert von dem neuen VWR Biosciences Programm, welches Wissenschaftlern aus allen Bereichen des Drug Discovery und anderer Life Sciences Service und Produkte von hoher Qualität anbietet, einschließlich einem Netzwerk von über 120 Verkäufern weltweit und 15 Bioscience-Managern allein in Europa.

**Die BASF AG** strebt eine Umwandlung der Rechtsform in eine Europäische Gesellschaft (Societas Europaea, SE) mit dem Namen BASF SE an. Sitz des Unternehmens und der Hauptverwaltung soll weiterhin Ludwigshafen sein.

**Der Technologiekonzern The Linde Group und die TÜV SÜD AG** werden in Zukunft noch enger kooperieren. Der neue Vertrag beschreibt unter anderem die grundsätzlichen Voraussetzungen für die Begleitung von Großprojekten und die Zertifizierung von neuen Technologien.

**Die Sartorius AG** stiftet der Technischen Universität Ilmenau für fünf Jahre eine Professur für Präzisionsmesstechnik. Danach übernimmt die TU die weitere Finanzierung der Stelle. Mit Einrichtung der Stiftungsprofessur bauen Sartorius und die TU Ilmenau ihre bereits 15-jährige, erfolgreiche Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Mess- und Wägetechnik weiter aus.

**Leica Microsystems (Wetzlar) und Mauna Kea Technologies (MKT) (Paris)** haben in einem exklusiven Distributionsabkommen vereinbart, dass der deutsche Optikentwickler das von Mauna Kea Technologies entwickelte System Cellvizio vertreiben wird. Leica Microsystems erweitert damit das Produktportfolio um ein endoskopisches Konfokalmikroskop für In-vivo-Forschungsanwendungen. Das Abkommen bezieht sich auf Europa, Nordamerika und Japan. Das System wird in Leicas Produktportfolio aufgenommen und als Leica FCM1000, für Fiber Confocal Microscope, vermarktet.

**Degussa und Rhodia** haben einen Vertrag über die gegenseitige Nutzung von Lizenzen (Cross-Lizenzvertrag) zu Fällungskieselsäuren und Silikaten geschlossen, um ihren Kunden die sinnvolle Nutzung dieses geistigen Eigentums zu ermöglichen. Beide Unternehmen erhalten sich damit die Handlungsfreiheit, die Entwicklungen auf dem Gebiet der Fällungskieselsäuren zu vermarkten und den eigenen Kunden anzubieten.

## BASF und Monsanto kooperieren

# Entwicklung neuer Nutzpflanzen

**BASF Plant Science und Monsanto Company werden bei Forschung und Entwicklung sowie Vermarktung in der Pflanzenbiotechnologie zusammenarbeiten. Der Fokus liegt auf der Entwicklung von ertragreichen, widerstandsfähigen Nutzpflanzen.**

Über die Laufzeit der Kooperation ist ein Gesamtbudget von bis zu 1,2 Mrd. Euro (1,5 Mrd. US-Dollar) für eine gemeinsame Entwicklungspipeline von landwirtschaftlich nutzbaren Pflanzeigenschaften eingeplant. Ziel sind ertragreichere

Arten von Mais, Soja, Baumwolle und Raps und solche Arten, die gegenüber ungünstigen Umwelteinflüssen wie Trockenheit widerstandsfähiger sind. Die Unternehmen wollen die ersten Produkte aus dieser Zusammenarbeit in der ersten Hälfte des nächsten Jahrzehnts am Markt einführen. Monsanto übernimmt die Vermarktung und erhält 60 Prozent der Nettoerträge, während BASF 40 Prozent der Erträge erhält. Zusätzlich wollen die Unternehmen gemeinsam Möglichkeiten erforschen, um Zysten-Nematoden bei Sojabohnen zu bekämpfen.

## SGL Carbon baut Position aus

# Joint Ventures und Investitionen

**Carbonfasern können zu vielversprechenden, energiesparenden und leistungsfähigen Materialien der Zukunft verarbeitet werden. Sie ermöglichen die Herstellung wesentlich leichter und dabei gleichzeitig festerer Werkstoffe mit außergewöhnlichen Eigenschaften.**

Beispiele sind die neue Generation von Flugzeugen wie Airbus A380. Auch die Windkraftindustrie hat mit ihren neuen Flügeln einen hohen Bedarf an Carbonfaser-Materialien. Ebenso werden im Sport, bei Golf-, Hockey- und Tennisschlägern sowie Kajaks und Fahrrädern, Carbonfasern eingesetzt. Auch bei Yachten setzt sich Carbonfaser als Material für hoch beanspruchte Teile durch. Die Autoindustrie setzt ebenfalls zunehmend auf diesen innovativen Werkstoff.

Bereits Ende der 90er Jahre hatte SGL Carbon begonnen, diesem Trend mit dem Entwicklungsbereich SGL Technologies (SGL T) Rechnung zu tragen und investierte in entsprechende F&E-Programme und Pilotanlagen. Daraus ging der Bereich Carbonfiber and Composites (CFC) hervor, der nun durch

Akquisitionen, Joint Ventures und Investitionen in neue Anlagen ausgebaut wird. Die Strategie von CFC zielt auf die Bereitstellung von Carbonfasern und den entsprechenden Halbzeug-Produkten für Kunden in industriellen Anwendungen wie zum Beispiel Wind-, Automobil- und Sportindustrie.

- Joint Venture mit Lenzing AG zur langfristigen Absicherung des Rohstoffbedarfs.
- Erfolgreiche Markteinführung einer mit Mitsubishi Rayon entwickelten neuen Hochleistungs-Carbonfaser.
- Bau, Inbetriebnahme und Planung von drei zusätzlichen Carbonfaser-Produktionslinien.
- Inbetriebnahme einer modernen Carbonfaser-Prepreg-Anlage in Meitingen.
- Mehrheitsbeteiligung an Joint Venture mit F.A. Kumpers GmbH zur Verarbeitung von Carbonfasern. Das Unternehmen plant, damit zum führenden Lieferanten für Carbonfasern und -Verbundwerkstoffen in der Industrie aufzusteigen. In dem global stark konzentrierten Carbonfasermarkt ist SGL Carbon der einzige europäische Hersteller.

## ZEW-Innovationserhebung 2006

## Chemie/Öl/Pharma liegen vorne

**D**ie aktuellsten verfügbaren Zahlen zeigen, dass bei der Innovationstätigkeit der deutschen Unternehmen im Jahr 2005 erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Branchen festzustellen sind. So war der Anteil der mit Innovationen erfolgreichen Unternehmen mit 80 Prozent im Chemie-/Pharma- und Mineralölsektor am höchsten und mit 27 Prozent in der Branche Transportgewerbe/Post sowie im Großhandel am niedrigsten. Bei den Innovationsaufwendungen hatte dagegen der Fahrzeugbau mit 27,5 Milliarden Euro eindeutig die Nase vorne, und auch beim Umsatzanteil mit Produktneuheiten war er mit 56 Prozent die innovativste Branche, während der Bergbau mit nur zwei Prozent das Schlusslicht bildete. Zu diesem Ergebnis kommt die Innovationserhebung 2006 des Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW, Mannheim) im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Sie wurde in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung sowie infas - Institut für angewandte Sozialwissenschaft durchgeführt und am 4. April veröffentlicht.

Beim Anteil der mit Innovationen erfolgreichen Unternehmen an allen Unternehmen einer Branche muss sich im Jahr 2005 die Elektroindustrie (77 Prozent) der Chemieindustrie (80 Prozent) knapp geschlagen geben. Dicht hinter diesen Spitzenreitern folgen der Maschinenbau und die Instrumententechnik (73 Prozent) sowie die EDV- und Telekommunikationsbranche (72 Prozent). Wie bereits in den Vor-

jahren entfällt auf die Chemieindustrie mit 53 Prozent auch der höchste Anteil an Unternehmen, die kontinuierlich Forschung und Entwicklung (FuE) betreiben. Es folgen die Elektroindustrie (50 Prozent), die Instrumententechnik (45 Prozent), der Maschinenbau (43 Prozent) und die EDV/Telekommunikation (41 Prozent).

Von der absoluten Höhe der Innovationsaufwendungen her liegt der Fahrzeugbau seit vielen Jahren an der ersten Stelle. 2005 betragen seine Aufwendungen für Innovationen 27,5 Milliarden Euro. Sie umfassen neben Ausgaben für Forschung und Entwicklung noch Investitionen für Prozessinnovationen sowie Weiterbildungs-, Marketing-, Design- und Konstruktionskosten für neuen Produkte und Verfahren. Die nächstfolgenden Branchen sind die Elektroindustrie (13,1 Milliarden), die Chemieindustrie (11,3 Milliarden), der Maschinenbau (9,5 Milliarden) und die EDV und Telekommunikation (8,5 Milliarden). Aber auch das Kredit- und Versicherungsgewerbe reiht sich mit 7,2 Milliarden mittlerweile unter die Branchen mit einem hohen Ausgabenvolumen für Innovationen ein.

Die Innovationsintensität, also der Anteil der Innovationsaufwendungen am Gesamtumsatz der Branche, liegt in der Instrumententechnik mit 8,8 Prozent am höchsten. Der Fahrzeugbau, die Elektroindustrie sowie die technischen und FuE-Dienstleistungen wenden jeweils 8,3 Prozent ihres Umsatzes für Innovationsprojekte auf. Branchen wie EDV/Telekommunikation, Maschinenbau und Chemie/Pharma/Mineralöl liegen dagegen bei der Innovationsintensität klar zurück. Das Kredit- und Versicherungsgewerbe kommt gar nur auf einen Wert von 0,8 Prozent.

Beim Umsatz, der mit neuen Produkten erzielt wird, liegt der Fahrzeugbau mit 186 Milliarden Euro auch im Jahr 2005 mit weitem Abstand an der Spitze aller deutschen Branchen. Auf ihn entfallen 28 Prozent des gesamten Umsatzes mit Produktinnovationen der deutschen Wirtschaft. In Relation zum Gesamtumsatz des Fahrzeugbaus machen Produktneuheiten 56 Prozent aus, was ebenfalls einen Spitzenwert darstellt. Hohe absolute Innovationsumsätze erzielen außerdem das Kredit- und Versicherungsgewerbe, die Elektroindustrie, der Maschinenbau und die Chemieindustrie, aber auch der Großhandel. Während in der Elektroindustrie mit 43 Prozent und im Maschinenbau mit 32 Prozent ein bedeutender Anteil des Gesamtumsatzes mit Produktneuheiten erzielt wird, machen die hohen absoluten Innovationsumsätze in der Chemieindustrie nur 15 Prozent, bei den Banken und Versicherungen nur 12 Prozent und im Großhandel nur 6 Prozent der gesamten Erlöse in diesen Branchen aus.

Die höchsten Innovationserfolge mit Prozessinnovationen erzielten im Jahr 2005 die Elektroindustrie und die EDV/Telekommunikation in Bezug auf Kosteneinsparungen sowie der Fahrzeugbau und die Instrumententechnik in Bezug auf Umsatzsteigerungen als Folge von Verbesserungen in der Produktqualität. Neben den innovationsintensiven Branchen konnten auch einige andere hohe Rationalisierungserfolge mit Prozessinnovationen realisieren, so die Metallindustrie, der Bergbau, die Gummi- und Kunststoffverarbeitung, die Banken/Versicherungen und die Unternehmensdienste, die jeweils mehr als vier Prozent ihrer Stückkosten mit Hilfe neuer Verfahren einsparen konnten.

**ADUC** Der Gießener Physikochemiker **Prof. Dr. Jürgen Janek** ist auf der alljährlichen Chemiedozententagung in Halle zum neuen Vorsitzenden der deutschen Chemieprofessoren gewählt worden. Er ist damit Nachfolger des bisherigen Vorsitzenden Prof. Dr. Burkhard König (Organische Chemie, Universität Regensburg) und übernimmt das Amt am 1. April 2007 für zwei Jahre. Die ADUC wurde 1897 als Verband der Laboratoriumsvorstände an deutschen Hochschulen gegründet. Seit 1999 ist die ADUC eine Arbeitsgemeinschaft in der Gesellschaft der Deutschen Chemiker (GDCh).



**INM** Professor **Dr. Eduard Arzt**, Geschäftsführender Direktor des Max-Planck-Instituts für Metallforschung in Stuttgart, wird neuer Wissenschaftlicher Direktor am Leibniz Institut für Neue Materialien (INM) und zugleich Professor für Neue Materialien an der Universität des Saarlandes. Professor Arzt ergänzt mit seinen Kompetenzen aus der Metallphysik die Fachgebiete des INM.

**IVAM** **Dr. Lutz Aschke**, Geschäftsführer Technik der LIMO Lissotschenko Mikrooptik GmbH, wurde neu in den Vorstand des internationalen Verbandes für Mikrotechnik, Nanotechnik und Neue Materialien mit rund 250 Mitgliedern gewählt. Er folgt auf Dr. Thomas Fries von der Fries Research & Technology GmbH, der sich nach über zehn Jahren aus dem Vorstand zurückzieht. Der Vorstandsvorsitzende **Dr. Frank Bartels** von der Bartels Mikrotechnik GmbH wurde im Amt bestätigt.

**STERN** Der Biologe **Dr. rer. nat. Klaus Eichenberg** hat seinen Vertrag als Geschäftsführer der BioRegio STERN Management GmbH um weitere fünf Jahre bis 2012 verlängert. Ein besonderes Anliegen ist ihm die stärkere Zusammenarbeit und Vernetzung von Medizintechnik und Biotechnologie.

## EHRUNGEN

Der mit 5000 Euro dotierte **Innovationspreis in Medizinisch-Pharmazeutischer Chemie** der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) geht in diesem Jahr an **Prof. Christoph Sotriffer** von der Uni Würzburg. Er wird damit für seine Arbeiten über die Wechselwirkungen von Proteinen und kleineren Molekülen ausgezeichnet. Seine Forschungen tragen dazu bei, dass sich die biologische Aktivität von Wirkstoffen interpretieren und vorhersagen lässt. Für die genannten Wechselwirkungen hat Sotriffer neue Bewertungsfunktionen entwickelt, die nun in mehreren Pharmafirmen erprobt werden.

**Prof. Dr. Kurt Binder** vom Institut für Physik der Johannes Gutenberg-Universität Mainz und Auswärtiges Wissenschaftliches Mitglied des Max-Planck-Instituts für Polymerforschung, wurde von der Sektion Statistische Physik der International Union of Pure and Applied Physics die **Boltzmann-Medaille 2007** verliehen. Die Boltzmann-Medaille, die alle drei Jahre verliehen wird, ist weltweit die höchste Auszeichnung auf dem Gebiet der Statistischen Physik. Binders Forschungsarbeiten bilden heute die Grundlage für Simulationen in den verschiedensten Wissenschaftszweigen.

Die Chemikerin **Prof. Dr. Ada Yonath** (67) am Lehrstuhl für Strukturbiologie des Weizmann Instituts der Wissenschaften in Rehovot, Israel, und der Biochemiker **Prof. Dr. Harry Noller** (67), Direktor des Zentrums für molekulare Biologie an der Universität von Kalifornien in Santa Cruz, USA, erhalten den mit insgesamt 100 000 Euro dotierten **Paul Ehrlich- und Ludwig Darmstaedter-Preis**

**2007** für ihre Beiträge zur Aufklärung der dreidimensionalen Struktur von Ribosomen.

Mit dem diesjährigen Paul Ehrlich- und Ludwig Darmstaedter-**Nachwuchspreis** wird der Biologe **Dr. Michael Schindler** (28), Institut für Virologie des Universitätsklinikums Ulm, ausgezeichnet. Der mit 60 000 Euro dotierte Preis erhielt Schindler für seine Arbeiten zum Nef-Protein und dessen Bedeutung für die Entstehung von Aids.

**Professor Dr. Hans-Jürgen Quadbeck-Seeger** wird **Ehrenmitglied der Gesellschaft Deutscher Chemiker** (GDCh). Quadbeck-Seeger wird für seine Verdienste um die Chemie und das Ansehen der Chemie in der Öffentlichkeit ausgezeichnet. Der 67jährige Chemiker, Physiker und Anthropologe, gebürtig aus Insterburg (Ostpreußen), war Forschungsvorstand der BASF AG, unterstützte tatkräftig die GDCh und veröffentlichte nach Beendigung seiner beruflichen Laufbahn zahlreiche populärwissenschaftliche Bücher.

Der mit je 750 000 Euro dotierte **Max-Planck-Forschungspreis 2007** geht an den irischen Neurowissenschaftler und Humboldt-Forschungspreisträger **Ray Dolan** (Professor für Neuropsychiatrie am University College London) sowie den deutschen Neurophysiologen **Hans-Christian Pape** (Direktor des Instituts für Physiologie an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster). Sie werden für ihre Forschung auf dem Gebiet Neuromodulation und Verhalten ausgezeichnet.

Die Biologin **Dr. Eva-Kathrin Sinner** (36) vom Max-Planck-Institut für Polymerforschung in Mainz wurde mit dem diesjährigen **Forschungspreis zur Förderung der Biotechnologie und Gentechnik der Peter und Traudl Engelhorn-Stiftung** ausgezeichnet. Der Preis ist mit 10 000 Euro dotiert. Sinner entwickelte ein neues Verfahren, das es erstmals ermöglicht, die natürlichen Funktionen eines Membranproteins in situ zu untersuchen.



Der **Binder Innovationspreis 2007** wurde von der Deutschen Gesellschaft für Zellbiologie e. V. an **Dr. Jan-Michael Peters** vom Forschungsinstitut für Molekulare Pathologie (IMP) in Wien vergeben. Dr. Peters' Untersuchungen haben zur Aufklärung der molekularen Mechanismen der Vererbung beigetragen. Die Binder GmbH, der weltweit führende Spezialanbieter von Simulationsschränken für das wissenschaftliche und industrielle Labor, vergibt den mit 4000 Euro dotierten Preis seit 1998 für besondere Leistungen im biomedizinischen Bereich.

Seit 30 Jahren vergibt die DFG den **Heinz Maier-Leibnitz-Preis**. Die 6 Preisträger für das Jahr 2007 erhalten je 16000 Euro. **Dr. Eric Bell** (31), Astrophysik, MPI für Astronomie, Heidelberg, forschte über die Entstehung der Galaxien nach dem Urknall. Seine neue Standardmethode für Massenschätzung in weit entfernten Galaxien löste ein in der Astronomie bislang offenes Problem. **Dr. Michael Dumbser** (29), Strömungsmechanik, Universität Stuttgart, konstruierte eine in Raum und Zeit hochgenaue numerische Lösungsmethode für die Simulation von Strömungen. **Dr. Veit Hornung** (30), Klinische Pharmakologie, LMU München, befasste sich mit den Erkennungsmechanismen des Immunsystems für virale oder synthetische RNA. Damit lieferte er Erkenntnisse für die Behandlung von Tumor- und Infektionserkrankungen. **Dr. Stefan Linden** (34), Experimentalphysik, Universität Karlsruhe, forschte über optische Metamaterialien. Es gelang ihm erstmals, „linkshändige“ Metamaterialien in extrem kurzen Wellenlängen zu erschließen. **Prof. Dr. Nicole Schweikardt** (33), Informatik, Humboldt-Universität zu Berlin, konnte hinsichtlich der Anfrageoptimierung und der Komplexitätstheorie für die Verarbeitung großer Datenbanken wichtige Erfolge erzielen. **Dr. Christian Wild** (32), Mikrobiologie/Ökologie, LMU München, erforschte wichtige Prozesse in Riffökosystemen.

## Journalistenpreis Informatik 2007

Für das Jahr 2007 stiftet das saarländische Ministerium für Wirtschaft und Arbeit erneut einen Journalistenpreis Informatik. Der Journalistenpreis Informatik ist in den Kategorien Print, Hörfunk und Fernsehen mit jeweils 5000 Euro dotiert. Gemeinsam mit dem Kompetenzzentrum Informatik der Universität des Saarlandes wird das saarländische Ministerium Beiträge honorieren, die in der breiten Öffentlichkeit das Interesse für In-

formatik wecken, die Forschungsergebnisse der Informatik und ihre Anwendungen allgemein verständlich vermitteln, die Jugendliche an das Fach Informatik heranzuführen und die verdeutlichen, wie die Informatik heute viele Lebensbereiche unterstützt und beeinflusst. Einsendeschluss der Bewerbungsunterlagen ist der **1. Dezember 2007**. Die Teilnahmebedingungen sind unter <http://www.informatik-saarland.de> zu entnehmen.

## Kreative Schüler entdecken, präsentieren und gewinnen

Die Klaus Tschira Stiftung vergibt auch 2007 den Jugendsoftwarepreis für pfiffige, von Schülern entwickelte Präsentationen und Simulationen. Der Inhalt soll sich den Fächern Physik, Chemie, Biologie oder Mathematik zuordnen lassen. Wichtig ist, dass die Schüler mit ihren Beiträgen Gleichaltrige für Naturwissenschaften oder Mathematik begeistern. Neu: In diesem Jahr dürfen sich Schüler bis Klasse 10 auch mit nicht-interaktiven Präsentationen bewerben, die

das Thema in nacheinander ablaufenden Folien, Seiten oder Bildern vermitteln. Es winken Preise von bis zu 1000 Euro und die Aufnahme in ein Alumni-Programm. Darüber hinaus unterstützt die Stiftung die Preisträger bei der Verbreitung ihrer Beiträge. Eine Anmeldung zum Wettbewerb ist bis zum **31. Juli** möglich. Der Einsendeschluss für die Bewerbungsunterlagen ist der 17. September. Nähere Informationen unter [www.jugendsoftwarepreis.info](http://www.jugendsoftwarepreis.info).

## Preis für Technikgeschichte

Der VDI Verein Deutscher Ingenieure schreibt zum zweiten Mal den Preis für Technikgeschichte aus. Mit dem Conrad-Matschoß-Preis will der größte Ingenieurverein Europas das Interesse für Technikgeschichte stärken, Beiträge zur besseren Verständlichkeit der Technikgeschichte fördern und die technikhistorische Forschung unterstützen. Conrad Matschoß (1871 bis 1942), Ingenieur und einstiger VDI-Direktor, gelang es, die Technikgeschichte als wissenschaftliche Disziplin zu begründen. Der mit 3000 Euro dotierte Preis soll im Sinne des Namensgebers die historische Analyse und Darstellung der Technik und der Ingenieure im Rahmen von Gesellschaft,

Wissenschaft und Umwelt fördern. Die Jury legt gleichermaßen Wert auf die fachliche Qualität wie auf die gute allgemeine Verständlichkeit für Fachfremde. Prämiert werden deutschsprachige Beiträge in Print- und elektronischen Medien, die ab 2006 entstanden sind oder in 2007 abgeschlossen werden. Bewerbungen sind bis zum **31. Juli 2007** willkommen. Weitere Informationen und Bewerbung: Verein Deutscher Ingenieure e. V., Bereich Technikgeschichte, Michael Kussmann, Postfach 10 11 39, 40002 Düsseldorf, Tel 0211 62 14-2 05/2 73, Fax 0211 62 14-15 0, E-Mail [tub@vdi.de](mailto:tub@vdi.de) oder im Internet unter [www.vdi.de/matschoß-preis](http://www.vdi.de/matschoß-preis).

# Vom Gold Ostpreußens zu den modernen Chemiefasern

Wolfgang Hasenpusch, Universität Siegen

Bernstein, der im Sonnenlicht durchscheinend ist wie frisch geschleuderter goldener Honig, symbolisiert eine Millionen Jahre alte Geschichte, von den harzreichen Stämmen unserer Vorzeit bis in unsere heutigen Tage. Durch seine fossilen Einschlüsse stellt Bernstein eine einmalige Biokonserven dar, die für immer neue Entdeckungen gut ist. Die Faszination des Bernsteins drückt sich in seinen vielen Variationen der Schmuckverarbeitung aus, von einfachen Ketten, Ringen, Reifen und Amuletten über ein Meter große naturgetreue Schiffsnachbildungen bis zu einem ganzen feudalen, legendären Bernsteinzimmer. Bernstein ist aber auch die Wiege der Bernsteinsäure, jenem Vertreter der Dicarbonsäuren, die eine vielfältige Chemie ermöglichen. Schließlich besteht auch eine Reihe von Kunststoffen, wie etwa PET aus diesen Molekülen mit den beiden aktiven Enden.

## Bernstein, das Gold des Nordens

Tatsächlich kommt Bernstein (Abbildung 1) weit verbreitet vor. Man findet oder baut ihn in der Dominikanischen Republik, in Sarawak auf der malaysischen Insel Borneo, in Mexiko, Japan, Nigeria, Österreich bei Golling und in der Ukraine bei Klesow ab. Mitunter sind sogar an der Nordseeküste kleine Bernsteinsplitter zu finden. Nur kurze Zeit dauerte die industrielle Bernstein-Gewinnung im sächsischen Bitterfeld. Der Abbau wurde schon nach gut einem Jahr 1993 aus wirtschaftlichen Gründen wieder eingestellt.

Große Funde liegen vor allem auch im Ostseeraum und in Russland. Das Eis der pleistozänen Kälteperioden hat den Bernstein dorthin verfrachtet. Das Alter der Bernsteine reicht bis zu 230 Millionen Jahre zurück [1].

Bei Palmnicken im ehemaligen Ostpreußen, lässt sich der Bernstein im Tagebau großtechnisch gewinnen: bis zu 500 t im Jahr. Der graugrüne Glaukonit-

Sand (= Tonmineral; Kalium-Eisen-Aluminium-Silikat; „Blaue Erde“) enthält dort etwa 2 kg Bernstein je m<sup>3</sup>. Die Russen nannten Palmnicken nach dem 2. Weltkrieg in Anlehnung an das russische Wort für Bernstein „jantar“ in „Jantarni“ um.

Das Alter dieses Bernsteins schätzt man dort auf 40 Millionen Jahre. In der Zeit zwischen 1876 und 1930 wurden 15 000 t gefördert und zu Schmelzbernstein, Bernsteinöl, Bernsteinkolophonium, Lack und Imprägniermitteln weiterverarbeitet.

Der bekannte Archäologe und Entdecker Trojas Heinrich Schliemann aus Mecklenburg (1822 – 1890) fand bei seinen Ausgrabungen der Königsgräber in der griechischen Stadt Mykenä neben dem Goldschmuck auch größere Mengen an Rohbernstein des Baltikums. Es muss zwischen 1600 und 1500 v. Chr. dort hingebracht worden sein. Kunst- und Schmuckgegenstände aus Bernstein weisen archäologische Funde schon seit der Altsteinzeit nach.

Der Deutsche Ritterorden hatte im 13. Jahrhundert ein Monopol auf Baltischen Bernstein, denn er entwickelte sich als guter Devisenbringer. Im 17. und 18. Jahrhundert bildeten städtische Bernstein-Dreher gar eigene Zünfte.

Zur Abtrennung des relativ leichten Rohbernsteins der Dichte 1,05 bis 1,10 g/cm<sup>3</sup> von der Erde verwendete man besonders aus Braunkohlegruben in Mitteldeutschland eine konzentrierte Magnesiumchlorid-Sole (Dichte = 1,2 -1,3 g/cm<sup>3</sup>). Dabei schwamm der Bernstein auf, während sich die braunkohlehaltige Sandschicht am Boden sammelte (Abbildung 2). Nach der Grobreinigung und dem Handverlesen („Handkläubung“) folgt das Entfernen der Verwitterungsschicht, das Polieren mit Schlämmeerde und das Trocknen.

Zu Schmuckstücken werden nur die größeren Bernsteinstücke verarbeitet. Größe, Farbe und Form fallen recht unterschiedlich aus. Am gefälligsten ist der gelbbraun polierte transparente Bernstein, aus dem Ketten, Broschen, Armreife, ja sogar Schiffe naturgetreu bis zu 1 m Größe gebaut wurden, beispielsweise die „Santa Maria“ von Christopher Columbus oder die Bounty. Eines der Glanzstücke künstlerischer Gestaltung ist sicherlich das Bernsteinzimmer. Friedrich Wilhelm I., König von Preußen, schenkte es 1716 dem russischen Zaren Peter I. Nachdem es in den Nachkriegswirren verschwand und bis heute unentdeckt blieb, beziehungsweise 1945 verbrannte, wie britische Forscher herausfanden, entstand in den Jahren 1979 bis 2003,

### 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.



nach Auffinden der Baupläne ein originalgetreuer Nachbau, den Bundeskanzler Gerhard Schröder dem russischen Präsidenten Wladimir Putin anlässlich des 300-jährigen Stadtjubiläums im Katarinenpalast von St. Petersburg übergab.

Den größten Bernstein fand man auf Borneo. Er hatte ein Gewicht von 23 kg. Kleine Bernsteinstückchen und Gries lassen sich bei erhöhten Temperaturen von 200 bis 250°C und einem Druck bis zu 3000 bar zu „Pressbernstein“ (= Ambroid) zusammenschweißen.

### Eigenschaften des Bernsteins

Bernstein ist ein fossiles Harz, das über erdgeschichtliche Zeiträume von Jahrmillionen altern konnte. Die Bäume der Sumpfpalmenwälder im Tertiär besaßen einen starken Harzfluss, der eine Reihe von Individuen lawinenartig einschloss und konservierte. Biologen entdeckten über 150 Tierarten. Über 90 % von ihnen sind naturgemäß Insekten, Spinnen, Milben, Tausendfüßler. Seltener findet man Würmer und Schnecken sowie Säugetierhaare [2].

Mit Hilfe der Gen-Analyse lassen sich die Arten exakt zuordnen. Auch die phantastische Vorstellung, die vor allem durch Hollywood-Filme wie „Jurassic Park“ weitere Nahrung findet, im Bernstein seien stechende Insekten konserviert, die einst das Blut von Dinosauriern anzapften und jetzt wieder mit Hilfe der Gentechnik auferstehen könnten, bleibt noch im Reich der Illusionen.

Trotz der unterschiedlichen Entstehungsgeschichte und des Alters haben die Bernsteine doch sehr einheitliche physikalische Kenngrößen: Ihre Dichte schwankt in einem engen Bereich zwischen 1,05 und 1,10 g/cm<sup>3</sup> (beim Mostgewicht des Weines wären das 50 bis 100 Oechsle-Grade). Die Härte variiert zwischen 2,0 und 3,0 Grad auf der Skala nach Mohs. UV-Licht erzeugt auf poliertem Bernstein eine intensive blaue Fluoreszenzfarbe.

Die Farben des natürlichen Bernsteins sind durch diverse Beimengungen sehr unterschiedlich: ohne jegliche Verunreinigung ist er goldgelb. Durch winzige Blasen Einschlüsse erblasst Bernstein zum opaken Weiß hin. Schwarzer Pyrit, FeS<sub>2</sub>, verfärbt ins Grünliche, Eisen ins Bräunliche und eine Schwärzung verweist auf organische Einschlüsse, die von Holz oder Rinde stammen können.

Bernstein zersetzt sich ohne zu schmelzen bei 370 bis 380 °C [3]. Andere Angaben reichen von 320 bis 420°C [1], wieder andere legen den Zersetzungspunkt oberhalb von 300°C fest und sehen zwischen 170 und 200 °C den Beginn eines Erweichens ohne wirklichen Schmelzpunkt [4].

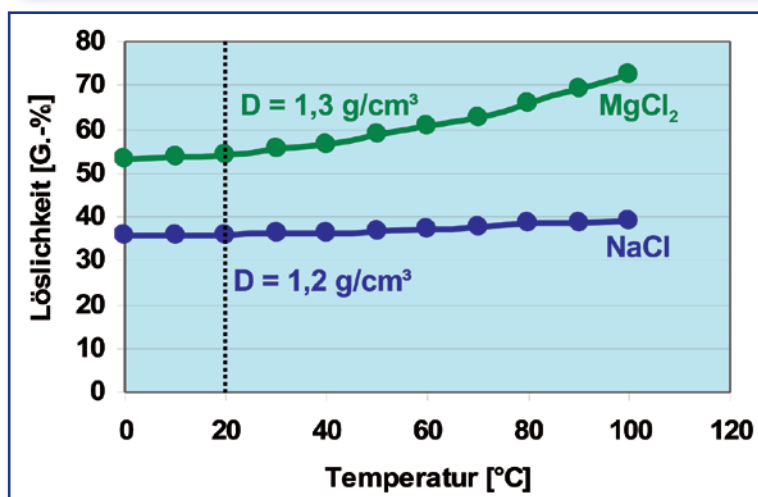


Abbildung 1: Bernstein von den natürlichen Vorkommen zum polierten Schmuckstein.

Abbildung 2: Löslichkeit und Dichte von Natriumchlorid und Magnesiumchlorid zur Separation von Bernstein.

Dicarbonsäuren	Formel	M	D	Smp.	Sdp./ Z.	L [%], 20°C	T(Z) [°C]
Oxalsäure	HOOC-COOH	90,4	1,90	182	157(subl.)	8	166
Malonsäure	HOOC-CH <sub>2</sub> -COOH	104,06	1,62	136	140(d.)	73,5	140
Bernsteinsäure	HOOC-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -COOH	118,09	1,56	188	235(d.)	5,8	290
Glutarsäure	HOOC-C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> -COOH	132,13	1,42	99	304(d.)	63,9	280
Adipinsäure	HOO-C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> -COOH	146,14	1,36	153	265(100 torr)	1,6	300
Pimelinsäure	HOOC-C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> -COOH	160,17	1,33	106	272(100 torr)	5	290
Suberinsäure	HOOC-C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> -COOH	174,2	1,27	144	300(subl.)	0,16	340
Azelainsäure	HOOC-C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> -COOH	188,23	1,23	106,5	360(d.)	0,24	320
Sebacylsäure	HOOC-C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> -COOH	202,25	1,21	134,5	295(100 torr)	0,1	350
C <sub>11</sub> -dicarbonsäure	HOOC-C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> -COOH	216,27	1,18	110		0,01	330
C <sub>12</sub> -dicarbonsäure	HOOC-C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> -COOH	230,3	1,16	131		0	360
Brasilinsäure	HOOC-C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> -COOH	244,33	1,15	114		0	340
C <sub>14</sub> -dicarbonsäure	HOOC-C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> -COOH	258,35	1,14	129		0	370

Tabelle 1: Aliphatische Dicarbonsäuren.

Abbildung 3: Trockene Destillation von Bernstein.

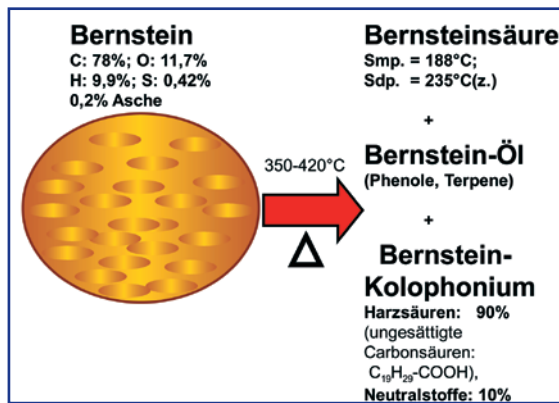


Abbildung 4: Thermische Zersetzung der Bernsteinsäure.

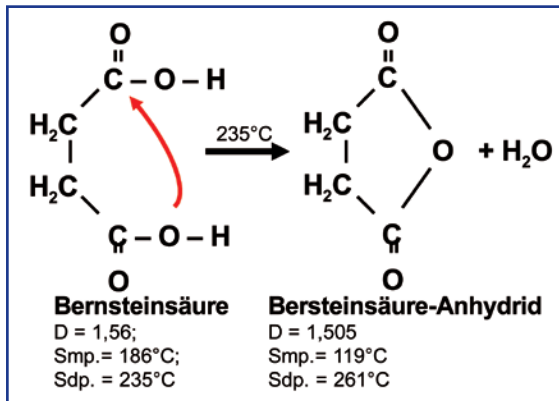
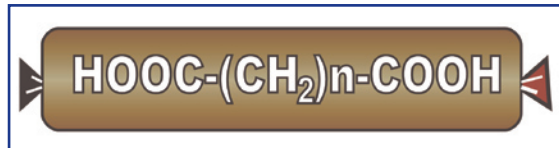


Abbildung 5: Dicarbonsäuren mit zwei aktiven Enden, ... wie eine Wurst.



Er brennt mit heller, nicht rußender Flamme. Über diese Eigenschaft ist über „Brennstein“ und „Börnsteen“ auch der deutsche Name „Bernstein“ entstanden. Die übrigen Europäischen Sprachen bevorzugen die gelborange Farbe des Bernsteins und nennen ihn „amber“ im Englischen, „ambre“ im Französischen, „ambra“ im Italienischen, „ámber“ im Schwedischen und auch im Portugiesischen heißt er „âmbar“.

Tabelle 2: Aromatische Carbonsäuren.

Aromatische Carbonsäuren	M	Smp.	D
Benzoesäure, Benzolcarbonsäure	122,13	122	1,26
Phthalsäure, 1,2-Benzoldicarbonsäure	166,13	208	1,59
Isophthalsäure, 1,3-Benzoldicarbonsäure	166,13	348	
Terephthalsäure, 1,4-Benzoldicarbonsäure	166,13	400	1,51
Hemimellitsäure, 1,2,3-Benzoltricarbonsäure	210,14	197	1,55
Trimellitsäure, 1,2,4-Benzoltricarbonsäure	210,14	220	
Trimesinsäure, 1,3,5-Benzoltricarbonsäure	210,14	380	
Pyromellitsäure, 1,2,4,5-Benzoltetracarbonsäure	254,15	242	1,79
Prehnitsäure, 1,2,3,4-Benzoltetracarbonsäure	254,15	241(z.)	
–, Benzolpentacarbonsäure	298,17	229	
Mellitsäure, Benzolhexacarbonsäure	342,17	287	

Im Griechischen heißt der Bernstein allerdings „elektron“. Da sich durch Reiben die Oberfläche des Bernsteins negativ auflädt, leitete sich von dieser Eigenschaft der Begriff „Elektrizität“ ab. Bernstein selbst ist ein Isolator mit einem spezifischen Widerstand von 1016 Ohm - ein Wert, der höher als beim Porzellan liegt.

Chemisch besteht Bernstein zu 80 % aus Kohlenstoff, 10 % aus Wasserstoff, 10 % aus Sauerstoff und 0,5 % aus Schwefel. Das entspricht in etwa der Summenformel C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>O mit einem Molekulargewicht von 152,24 (10 x 12 + 16 x 1 + 1 x 16 = 152).

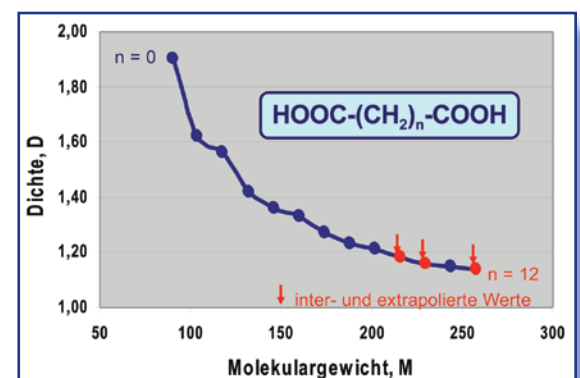
Während der Verfestigung der Harzsubstanz zum Bernstein verknoten sich die fadenförmigen Harz-Moleküle zu einer festen elastischen Struktur. Man kann sich diesen Vorgang wie das Verknäulen eines Woll- oder Spaghetti-Haufens vorstellen. Der chemische Aufbau ist recht kompliziert: er besteht aus einer Vielzahl oxidierter Harzsäuren und Harzalkoholen [3].

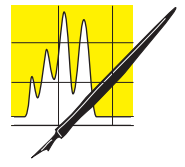
Der größte Teil des Bernsteins fand seinen Einsatz als Rohstoff für die Herstellung von Harzen, Lacken und Imprägniermitteln. Bereits 1546 konnte der Arzt und Mineraloge Georgius Agricola (1494 - 1555) aus Joachimsthal durch trockene Destillation aus dem Bernstein die Bernsteinsäure isolieren.

### Bernsteinsäure

Die Thermische Zersetzung unter Luftausschluss führt zu diversen Produkten: neben dem Bernstein-Kolophonium als Rückstand und dem Bernsteinöl mit diversen Phenolen und Terpenen, entsteht auch ein farbloses kristallines Produkt, die Bernsteinsäure (Abbildung 3). Sie bildet beim Erhitzen rasch das Anhydrid, mit ringförmigem Molekülaufbau (Abbildung 4). Obwohl die Bernsteinsäure bei der Bildung des 5-Ringes Wasser abspaltet, hat das Anhydrid eine geringere Dichte als die Dicarbonsäure. Die zu Allergien neigende stark sauer schmeckende Bernsteinsäure löst sich in siedendem Wasser sehr gut. Gute Löseeigenschaften für diese Dicarbonsäure haben auch Aceton und Alkohole, während unpolare Lösungsmittel, wie Petrolether, Benzol und Tetrachlorkohlenstoff die farblosen Kristalle nicht in Lösung bringen.

Abbildung 6: Dichte der n-Dicarbonsäuren in Relation zum Molekulargewicht (Dichte der Suberinsäure interpoliert).





Bernsteinsäure ist in vielen Lebensmitteln, Früchten und Gemüsearten, Hölzern, Pilzen und Flechten zu finden. Als Stoffwechselprodukt in unserem Körper tritt es im „Zitronensäure-Zyklus“ auf, wo es weiter zu den Salzen der Fumarsäure, den Fumaraten oxidiert wird.

Die technische Synthese der Bernsteinsäure verläuft über verschiedene Wege: Hydrierung von Maleinsäure; Oxidation von 1,4-Butandiol; Oxosynthese von Acetylen oder über die Gärung von Glucose.

Ihre technische Verwendung findet die Bernsteinsäure in der Herstellung von Polyester-Harzen, Weichmachern, Geschmacksstoffen und Lack-Lösungsmitteln. Die Salze der Bernsteinsäure, die Succinate, dienen nach dem Lebensmittelrecht als zugelassene Ersatzstoffe für Kochsalz.

Die Bernsteinsäure mit ihren beiden Carboxyl-Gruppen an den Enden einer Alkankette ist Teil einer homologen Reihe. Sie beginnt mit der Oxalsäure und setzt sich fort in der allgemeinen Formel  $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_n-\text{COOH}$ . Sie alle gehören zur Gruppe der aliphatischen Dicarbonsäuren.

### Aliphatische Dicarbonsäuren

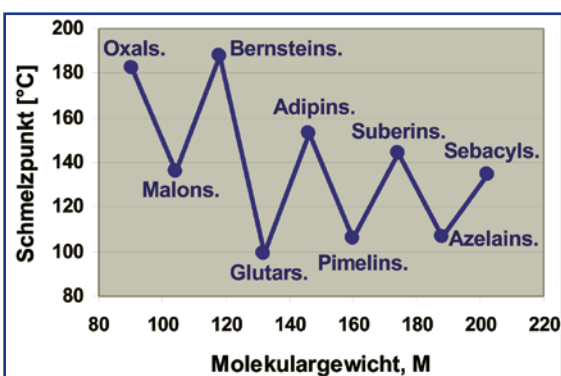
Dicarbonsäuren erinnern an eine Wurst mit zwei aktiven Enden (Abbildung 5). In der oben zitierten allgemeinen Formel mit  $n = 0$  erhält man die Oxalsäure,  $\text{HOOC}-\text{COOH}$ , mit  $n = 1$  die Malonsäure, mit  $n = 2$  die Bernsteinsäure, mit  $n = 3$  die Glutarsäure, usw. Die physikalischen Daten der aliphatischen Dicarbonsäuren bis zu  $n = 12$  sind in Tabelle 1 zusammengestellt, soweit sie im „Handbook of Chemistry and Physics“ und im „RÖMPP“ verfügbar sind.

Im Englischen heißen die Dicarbonsäuren Ethanedioic acid (Oxalsäure), Propanedioic acid (Malonsäure), Butanedioic acid (Bernsteinsäure), usw.

Die graphische Darstellung der Dichten in Relation zum Molekulargewicht führt zu einer einigermaßen harmonischen Kurve, in die man die fehlenden Daten hinein interpolieren kann (Abbildung 6).

Ein eigenartiges Sägezahnbild ergeben die Schmelzpunkte in Relation zum Molekulargewicht (Abbildung 7): die Dicarbonsäuren mit der ungeraden Anzahl von

Abbildung 7: Alternierende Schmelzpunkte der aliphatischen Dicarbonsäuren in Relation zum Molekulargewicht.



Kohlenstoffatomen schmelzen deutlich niedriger als die Vertreter mit gerader Kohlenstoffanzahl. Die Differenzen vermindern sich mit zunehmendem Molekulargewicht, die Zacken der Zähne in der Graphik werden kleiner und die Zackenkurve scheint sich bei hohen Molekulargewichten zu einem Schmelzpunkt um 120°C einzupendeln.

Eine andere Charakteristik zeigt die Reihe der Dicarbonsäuren bei ihrer Löslichkeit in Wasser um 20°C: bis C9 ist die Löslichkeit der Säuren mit ungerader Anzahl der Kohlenstoffatome höher als die der benachbarten Vertreter, zum Beispiel: C8 und C10. Bei höheren Molekulargewichten sinkt die Löslichkeit harmonischer ab. Sie erreicht bei einer Löslichkeit von 10 mg/Liter für hochmolekulare Dicarbonsäuren eine Grenze (Abbildung 8).

Hohe Regelmäßigkeit finden wir bei den Zersetzungstemperaturen der höheren Dicarbonsäuren: die Zersetzungstemperatur  $T_z$  steigt mit wachsendem Molekulargewicht  $M$  alternierend um die Gerade mit der Gleichung  $T_z = 0,567 M +$  nahezu linear an (Abbildung 9).

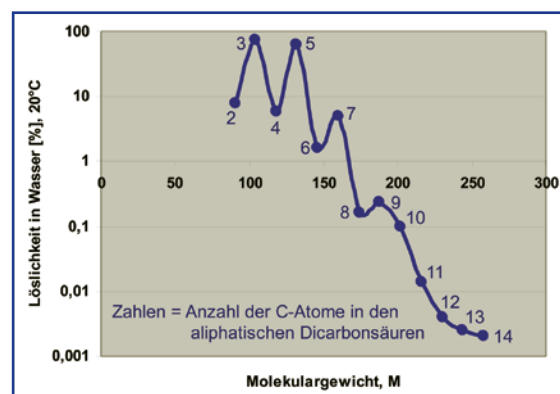


Abbildung 8: Löslichkeit der aliphatischen Dicarbonsäuren in Wasser.

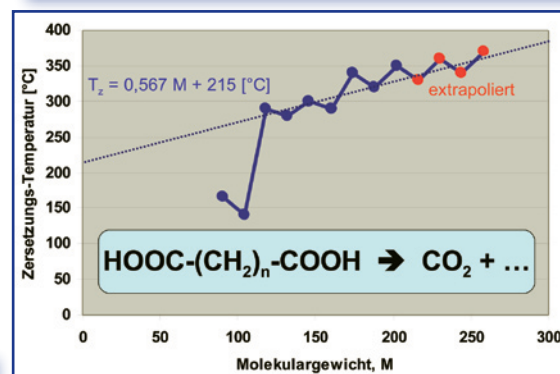
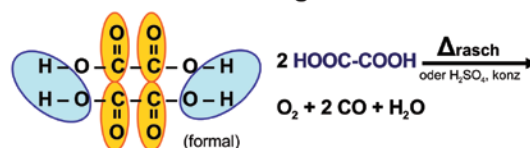


Abbildung 9: Zersetzungstemperaturen.

#### 1. Thermische Zersetzung von Oxalsäure:



#### 2. Thermische Zersetzung von Malonsäure:



Abbildung 10: Produkte der thermische Zersetzung von Oxal- und Malonsäure.

Abbildung 11:  
Thermische  
Zersetzung der  
Glutarsäure.

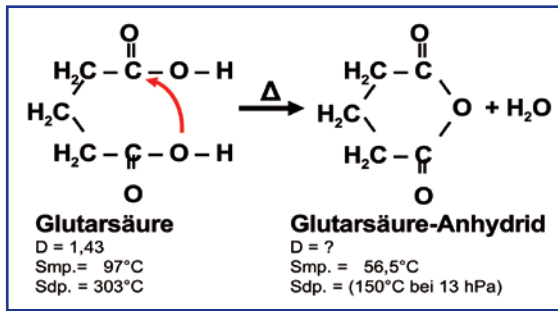


Abbildung 12:  
Dichte und Molekulargewicht der Alkali-Oxalate (Dichten für die K- und Rb-Oxalate interpoliert).

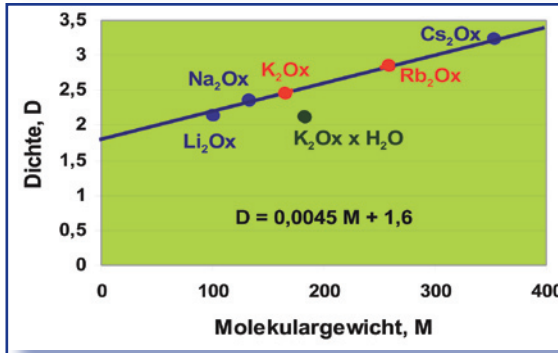


Abbildung 13:  
Dichte und Molekulargewichte der Erdalkali-Oxalate (BeOx, MgOx und SrOx inter- und extrapoliert).

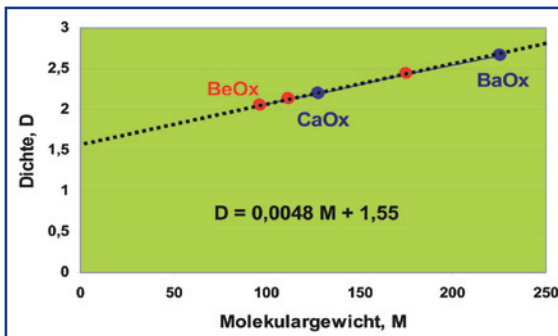


Abbildung 14:  
Photolyse von tris-Oxalato-Metallat-komplexen .

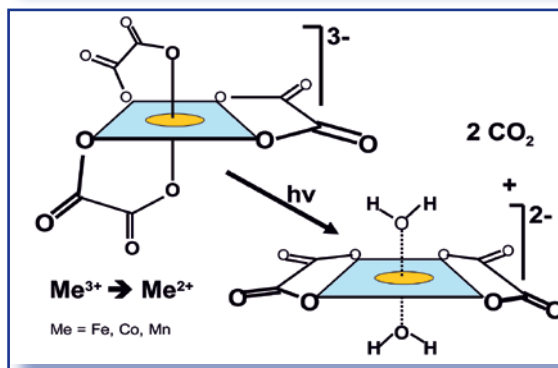


Abbildung 15: Steigende Schmelzpunkte mit zunehmenden Carbonsäure-Gruppen.

Carbonsäure	Formel	M	Smp.	D
Valeriansäure	n-C4H9-COOH	102,13	-34	0,94
Glutarsäure	HOOC-C3H6-COOH	132,13	99	1,43
1,1,1-Ethantricarbonsäure	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{HOOC}-\text{C}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{COOH} \end{array}$	162,10	159(z.)	?
1,1,2-Ethantricarbonsäure	$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{COOH} \\   \\ \text{COOH} \end{array}$	162,10	178(z.)	?

Während die niedrigen Glieder der homologen Reihe bei der thermischen Zersetzung definierte Produkte in hohen Ausbeuten bilden, variieren die Produkte der höheren Homologen deutlich in Abhängigkeit der Aufheizgeschwindigkeit und Höhe der Halttemperaturen.

Die Oxalsäure zerfällt sehr definiert unter Wasserabspaltung in Kohlenmonoxid und Sauerstoff (Abbildung 10). Bei der thermischen Zersetzung der Malonsäure entstehen bei recht moderaten Temperaturen über 100°C Essigsäure und Kohlendioxid (Abbildung 10). Aus der kristallinen Malonsäure, die bei 136 °C sublimiert, entsteht eine Flüssigkeit, die Essigsäure mit einem Siedepunkt von 118°C sowie ein Gas. Damit läuft auch diese Zersetzungsreaktion sehr quantitativ ab.

Die Bernsteinsäure führt beim Erwärmen den Ringchluss unter Wasserabspaltung durch (Abbildung 4). Zu einem 6-Ring führt die thermische Behandlung von Glutarsäure am Schmelzpunkt um 100°C. Das entstehende farblose Glutarsäure-Anhydrid schmilzt bereits bei 56,5 °C (Abbildung 11).

Die homologe Reihe der Dicarbonsäuren beginnt mit der Oxalsäure, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. Sie existiert in der wasserfreien Form oder als Dihydrat. In der Natur findet man sie weit verbreitet, vor allem im Spinat mit 460 bis 3200 mg/100 g und im Rhabarber mit 500 bis 2400 mg/ 100g Trockensubstanz. Friedrich Wöhler synthetisierte sie 1824 durch Hydrolyse von Dicyan, noch vor seiner bekannten Harnstoff-Synthese im Jahre 1828: NC-CN + 4 H<sub>2</sub>O → H<sub>4</sub>NOOC-COONH<sub>4</sub>

Oxalsäure schmilzt bei 190°C. Die Sublimation verläuft bereits bei 125°C rasch und erfolgt bis 157°C ohne Zersetzung. Die Löslichkeit in Wasser steigt mit der Temperatur deutlich an: sie liegt für die wasserfreie Säure mit dem Molekulargewicht von 90,04 bei 3,5 % (0°C) – 9,5 % (20°C) – 22 % (40°C) – 46 % (60°C) – 85 % (80°C) und 120 (90°C) [3].

Sowohl die Dichten der Alkali-Oxalate als auch die der Erdalkali-Oxalate liegen in Relation zu ihren Molekulargewichten auf Geraden (Abbildungen 12 und 13). Fehlende Dichten sind daher mit hinreichender Genauigkeit zu ergänzen.

Bekannt sind die tris-Oxalato-Metallkomplexe als Aktinometer in der Photochemie. Die photolytische Reduktion des Eisen-Komplexes ist gut untersucht: Die Umwandlung im Licht bestimmter Wellenlängen vollzieht sich in linearer Korrelation zu der Menge, der Anzahl der Lichtquanten, des einfallenden Lichtes (Abbildung 14). Auch von der Malonsäure sind entsprechende Koordinationsverbindungen bekannt. Platin-Malonsäure-Derivate zum Beispiel werden als Antitumor-Chemikalien eingesetzt [5].

Interessant ist schließlich, sich beispielsweise an C<sub>5</sub>-Carbonsäuren einmal zu vergegenwärtigen, welchem Trend die physikalischen Daten mit Zunahme der Carboxylgruppen folgen. Abbildung 15 zeigt die ansteigenden Schmelzpunkte mit zunehmenden Sauerstoff-Atomen im Molekül, entsprechend einer zunehmenden Anzahl von Carboxylgruppen.

## Nicht-aliphatische Dicarbonsäuren

Von der Bernsteinsäure leiten sich die beiden isomeren ungesättigten Formen der Maleinsäure in der cis-Position und Fumarsäure in der trans-Position ab. Die Dichten beider Isomere unterscheiden sich nur unwesentlich. Die Schmelzpunkte und die Löslichkeiten in Wasser zeigen jedoch große Unterschiede: die trans-Form schmilzt mehr als 150°C höher als die cis-Form, ist jedoch in Wasser fast unlöslich (Abbildung 16).

Bei den aromatischen Benzol-Dicarbonsäuren haben wir es mit drei Isomeren zu tun. Auch ihre Schmelzpunkte und unterschiedlichen Löslichkeiten ermöglichen eine Charakterisierung und Trennung der Isomeren (Abbildung 17).

Am Benzolring lassen sich alle sechs Wasserstoffe durch Carboxyl-Gruppen ersetzen. Von der einfach substituierten Monocarbonsäure, der Benzoesäure, bis zur aromatischen Hexacarbonsäure, der Mellitsäure, zeigt Tabelle 2 die Molekulargewichte, Schmelzpunkte sowie einige in der Literatur gefundene Dichten.

Die Dicarbonsäuren des Cyclohexans bilden optisch aktive Substanzen. Die in Abbildung 18 angegebenen Schmelzpunkte der vier Isomeren beziehen sich auf die Racemate, das heißt Mischungen links- und rechtsdrehenden Konfigurationen. Ihre Schmelzpunkte unterscheiden sich doch so stark, dass sie als Parameter zur Reinheitsbestimmung und Charakterisierung herangezogen werden können.

All diese Di-, Tri- und Tetracarbonsäuren sind mit Alkoholen, Aminen, Mercaptanen und anderen mehrfach funktionellen Gruppen zu endlosen Ketten, Netzen und Raumgittern über Polykondensationen zu verbinden. Am bekanntesten ist die Polymerisation von der 1,4-Benzodicarbonsäure, der Terephthalsäure mit dem Ethylenglykol zum Polyethylenterephthalat, abgekürzt PET. Getränkeflaschen und Textilfasern bestehen heute schon zum großen Teil aus diesem transparenten farblosen Material

Jedoch lassen sich auch andere Alkohole mit mehreren Alkoholgruppen, wie Pentaerythrit [Tetrakis (hydroxy)methylmethan],  $C(CH_2OH)_4$  oder Glycerin,  $HO-CH_2-CH(OH)-CH_2-OH$  mit den Carbonsäuren zu Polyestern, Polyamiden und anderen Polymeren verknüpfen und vernetzen.

CLB

### Literatur

- [1] Bottke, H., „Bernstein und Gagat als Industrierohstoffe“, Erzmetall 48 (1995) 456 - 462.
- [2] Grimaldi, D. A., „Biokonserven Bernstein“, Spektrum der Wissenschaft, Juni (1996) 80 - 88.
- [3] RÖMPP Lexikon, 10. Auflage, G. Thieme Verlag, Stuttgart (1996).
- [4] <http://de.wikipedia.org/wiki/Bernstein> (Stand: 2006).
- [5] Ferrer International, R.F.Ambros u.a., ES 200.4446 (1989), Korea Institute of Science and Technology, S. Y. Solm u.a., US 5.426.203 (1995).

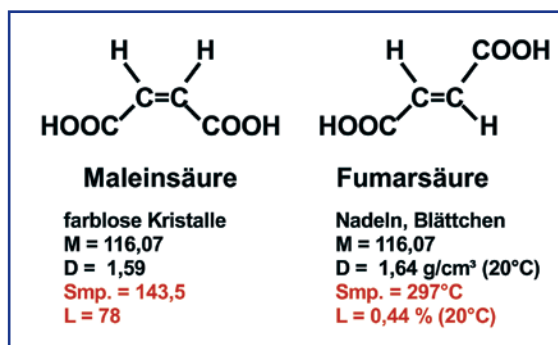


Abbildung 16: Unterschiede der cis- und trans- Isomeren der Butendicarbonsäuren.

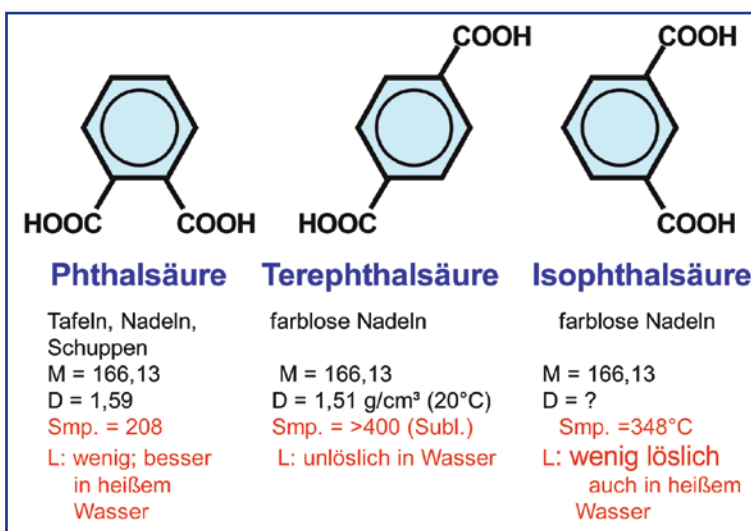
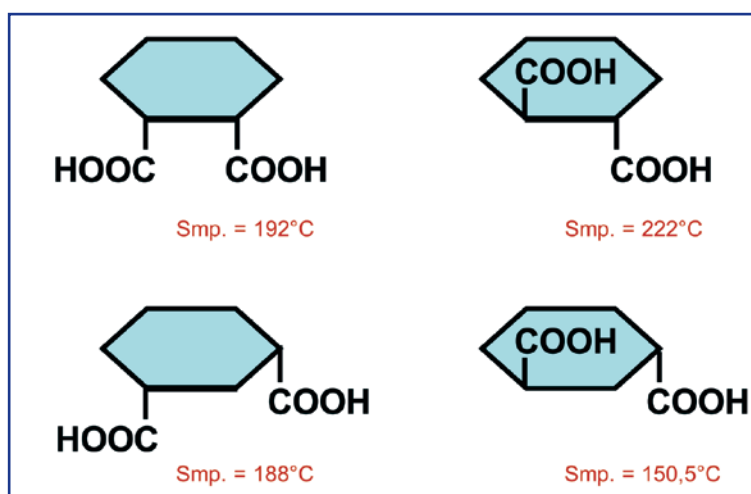


Abbildung 17: Unterschiede der 1,2-, 1,3- und 1,4-Benzol-dicarbonsäuren.

Abbildung 18: Schmelzpunkte der Cyclohexan-dicarbonsäuren-Racemate (M = 172,19).



## Der kleine Masseunterschied macht's

Mechthild Kässer, Diekholzen

Die Analyse stabiler Isotope hat in den letzten Jahren stetig an Bedeutung gewonnen. Die unterschiedlichsten Fachdisziplinen, vor allem die Biowissenschaften, haben die moderne Methode übernommen und erzielen wertvolle Kenntnisse, die so vielseitig sind wie etwa die Herkunft von Lebensmitteln, der Verlauf biologischer Reaktionen, das Dopen von Sportlern oder der Speiseplan des Neandertalers.

Charakteristisch für jedes chemische Element des Periodensystems ist die Anzahl seiner Protonen im Atomkern, die auch gleich seiner Elektronenzahl ist (Ordnungszahl). Dagegen kann der Kern ungleich viele Neutronen enthalten, wie sich in der Massezahl äußert. Die unterschiedlich schweren Formen eines Elements heißen Isotope.

Die meisten Elemente sind ein Gemisch aus mehreren Isotopen. Kohlenstoff zum Beispiel kann 6, 7 oder 8 Neutronen besitzen und wird zur Unterscheidung  $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$  und radioaktiver  $^{14}\text{C}$  bezeichnet. Wegen der Isotope ergibt sich für die Atommasse von C wie für die meisten Elemente ein „krummer“ Wert, denn er muss die drei Massen und ihre mittleren relativen Anteile berücksichtigen. Viele Isotope zerfallen mehr oder weniger schnell. Dabei entsteht ein neuer Atomkern mit kleinerer Masse und radioaktive Strahlung in Form von  $\alpha$ - oder  $\beta$ -Strahlung (Helium-Kerne oder Elektronen), die oft von elektromagnetischer  $\gamma$ -Strahlung begleitet ist. Neben den instabilen sind etwa 500 stabile Isotope bekannt. Interesse finden vor allem die Stabil-Isotope der Bioelemente Kohlenstoff C, Wasserstoff H, Sauerstoff O, Stickstoff N und Schwefel S. Bei ihnen überwiegt der Anteil leichter Isotope bei weitem.

### Stabilisotopenanalyse (IRMS, isotope ratio mass spectrometry)

Das Verhältnis von schweren zu leichten Isotopen ist bei den Elementen relativ konstant. Zu beziehungsweise Abreicherungen der schwereren Varianten kommt es aber immer dann, wenn ihre



#### Die Autorin:

Die promovierte Lebensmittelchemikerin Dr. Mechthild Kässer begeistert sich für Themen der Biologie, Medizin, Biochemie und Gentechnik. Sie ist langjährige Korrespondentin der CLB.

Masse eine Rolle spielt, also besonders bei thermodynamischen oder kinetischen Vorgängen. Allgemein diffundieren und reagieren Moleküle mit schweren Isotopen langsamer und brauchen höhere Temperaturen zum Schmelzen und Verdampfen. Daher wird die Verteilung gasförmiger Isotope wie molekularer Stickstoff und Sauerstoff, Kohlendioxid und Wasserdampf der Luft vom Klima stark beeinflusst. Nach der Boltzmann-Statistik, nimmt in einem Gas die Anzahl der Gasmoleküle  $n$  mit dem Abstand von der Erdoberfläche exponentiell ab.

$$n(h) = n(0) \cdot e^{-mgh/kT}$$

In der Höhenformel sind  $g$  die Erdbeschleunigung und  $k$  die Boltzmannkonstante. Die wesentliche Größe für die Abnahme ist das Verhältnis von Molekülmasse  $m$  zu Temperatur  $T$ . In einer bestimmten Höhe  $h$  ist daher die Zusammensetzung eines Gases bezüglich seiner unterschiedlich schweren Moleküle unterschiedlich. Damit die Boltzmann-Gleichung angewandt werden kann, muss ein Gleichgewichtszustand herrschen. Dies ist in der Regel nicht der Fall, deshalb kann man daraus nur das prinzipielle Verhalten ableiten, für die praktische Anwendung werden Messergebnisse herangezogen. Ist die Masse klein oder die Temperatur groß, nimmt die Konzentration eines Moleküls mit der Höhe langsam ab, bei großer Masse oder tiefer Temperatur erfolgt die Abnahme schneller.

Neben klimatischen Geschehen verändern auch Stoffwechsel von Pflanzen und Tieren die Isotopenverteilung. Diffusionen und die spezielle Reaktionskinetik der Enzyme sind die Hauptursachen.

Die Änderungen der Isotopenhäufigkeit sind sehr gering. Um sie zu beschreiben und vergleichen zu können, wurden Bezugs- und Standardmaterialien festgelegt und der  $\delta$ -Wert als Maß für die relative Abweichung der Probe vom Standard eingeführt. Für Sauerstoff etwa ist er definiert als

$$\delta^{18}\text{O} [\text{‰}] = 1000 \cdot (R - R_s) / R_s$$

wobei  $R$  das Isotopenverhältnis der Probe, hier  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  und  $R_s$  das Isotopenverhältnis des internationalen Standards ist.

Die Stabilisotopenanalyse befasst sich überwiegend mit den stabilen Isotopen der biologisch interessanten Elemente Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Schwefel. Ermittelt werden die Verhältnisse  $^2\text{H}/^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ,  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  und  $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$  und daraus die  $\delta$ -Werte errechnet. Zusammen, eventuell auch erst ergänzt durch die Isotopenverteilung von schweren Strontium-, Blei-, Uran- oder Neodym-Isotopen, ergeben sie aussagekräftige und auch quanti-



tativ gut interpretierbare Muster, die „isotopischen Fingerabdrücke“.

Gemessen werden die Isotopenverhältnisse eines Stoffes in speziellen Massenspektrometern, die inzwischen so angepasst wurden, dass sie sich für die Reihenanalytik oder auch für Messungen im Freien eignen. Daneben gibt es vollautomatische Systeme für die gleichzeitige Multielement-Isotopenanalyse für C, N und S. Vor der eigentlichen Messung wird die Probe so aufgearbeitet, dass die Isotope in Gasen ( $H_2$ ,  $N_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $SO_2$ ) vorliegen. Das  $^2H/^1H$ -Verhältnis wird mittels Deuterium-( $^2H$ )-Kernresonanzspektroskopie (NMR) bestimmt.

### Isotopenverteilung im Wasser gibt Hinweise auf die Herkunft.

Da Wasserstoff in zwei und Sauerstoff in drei Isotopen vorkommt, besteht Wasser aus einem Gemisch von neun isotopomeren Molekülen, deren Masse zwischen  $M=18$  und  $M=22$  liegen kann. Welche Zusammensetzung ein Wasser besitzt, hängt stark von seinem geographischen Vorkommen ab. Denn Wasser aus schwereren Isotopen verdunstet geringfügig schwerer und regnet leichter aus Wolken ab. Das bedeutet für die Nordhalbkugel, die im Süden eine höhere mittlere Jahrestemperatur aufweist, ein Süd-Nord-Gefälle für die schweren Isotope. Dieses wird überlagert von einem Gefälle in der Hauptwindrichtung, in Europa von West nach Ost. Je weiter sich die Regenwolken nach Osten bewegen, desto geringer wird der Anteil schwerer Wassermoleküle (Abbildung 1). Auch Landschaftsform, Art der Vegetation und Höhenlage beeinflussen das Isotopenmuster von Niederschlags- und Grundwasser. Hierfür stehen inzwischen Daten aus aller Welt zur Verfügung. Verbindet man Orte gleicher  $\delta$ -Werte, so erhält man Isolinien wie in Abbildung 2 für Wasserstoff in Europa. Bei Wasser werden sie auf den Vienna Standard Mean Ocean Water (V-SMOW) bezogen. Die Referenzmaterialien werden von der Internationalen Atomenergie Agentur IAEA in Wien bereitgestellt.

Die Ermittlung des  $\delta^{18}O$  in Wasser ist eine relativ einfache Methode mit einem breiten Anwendungsbereich in Geologie und Umweltforschung. In der Lebensmittelüberwachung ist sie offiziell anerkannt und zugelassen zur Beurteilung von Wein und Fruchtsäften [2]. Sie gibt Antwort auf Fragen wie: Ist der als französisch ausgewiesene Wein tatsächlich ein Franzose? Enthält das Getränk Fremdwasser? Wurde der Saft aus Konzentrat hergestellt oder ist er als Direktsaft einzustufen? Die entsprechenden Isotopen-Vergleichswerte werden in einer gemäß EU-VO eingerichteten Weindatenbank gesammelt. Für Säfte gelten entsprechend die Richtwerte des AIJN Code of Practice (AIJN = Association of the Industry of Juices and Nectars). Über den  $\delta^{18}O$ -Wert des Wassers ist auch feststellbar, ob Kirschen aus der Türkei oder

Spanien stammen, oder Spargel wirklich aus teuren einheimischen Anbaugebieten kommt. Ebenso konnte man vor einigen Jahren einen Subventionsbetrug aufdecken und nachweisen, dass eine Butterlieferung aus Estland eigentlich Reimportware aus einem EU-Land war. Um in einem Rechtsstreit bestehen zu können, zieht man zusätzlich den in Fetten oder Eiweißen gebundenen Sauerstoff oder die Isotopenverteilung von C, N oder S hinzu.

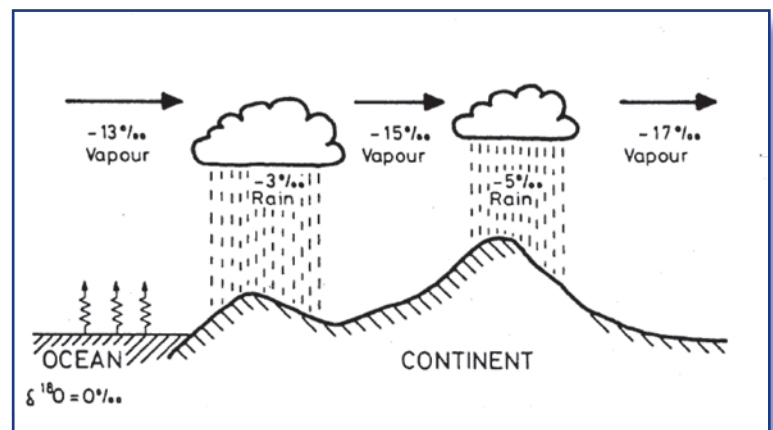
### Stabilisotope des Kohlenstoffs werden von der Photosynthese und der Nahrungskette bestimmt.

Ähnlich wie der Wasserkreislauf wirbelt auch der Kreislauf des Kohlenstoffs die Isotopenverteilung durcheinander. In  $CO_2$  gebunden, ist Kohlenstoff wie Wasserdampf atmosphärischen Einflüssen unterworfen. Von da gelangt es gelöst in die Meere oder wird auf unterschiedliche Weise durch die Photosynthese in organische Verbindungen eingebaut und vielfach umgewandelt, um wieder veratmet oder in Humus, Carbonaten oder fossilen Brennstoffen gespeichert zu werden. Bei der Bestimmung der  $\delta^{13}C$ -Werte wird auf ein genau definiertes Kalkgestein als Standard (V-PDB von Vienna PeeDee-Belemnite) bezogen.

Pflanzen nehmen bei der Photosynthese  $CO_2$  der Luft auf und stellen damit Glucose und später komplexere organische Stoffe her. Dabei verschiebt sich die Isotopenverteilung im Produkt im Vergleich zum Ausgangsstoff  $CO_2$  zugunsten des leichteren Isotops. Die Änderung hängt im Einzelnen davon ab, welchen der drei bekannten Photosynthese-Wege,  $C_3$ -,  $C_4$ - und CAM-Photosyntheseweg, die Pflanze einschlägt. Für  $C_3$ -Pflanzen, die meist in gemäßigten Klimazonen wachsen, sind  $\delta^{13}C$ -Werte um die  $-28\text{‰}$  typisch.  $C_4$ - beziehungsweise CAM-Pflanzen (Mais, Hirse, Zuckerrohr und Ananas) haben sich an Wasserknappheit und hohe Lichteinstrahlung angepasst und die  $CO_2$ -Fixierung in örtlich oder zeitlich getrennte Schritte aufge-



Abbildung 1: Abreicherung von  $^{18}O$  in Wasserdampf und Niederschlägen mit der Entfernung vom Meer [8]



teilt. Bei  $C_4$ -Pflanzen findet man  $\delta^{13}C$ -Werte von rund  $-14\%$ . Über Isotopenanalyse lässt sich daher Rohrzucker von Rübenzucker unterscheiden, oder in Fleisch sogar, ob das Tier mit Gras oder Mais gefüttert wurde. CAM-Pflanzen (CAM = Crassulaceae Acid Metabolism, Crassulaceen sind Dickblattgewächse) öffnen bei Trockenheit ihre Spaltöffnungen nur nachts, um  $CO_2$  aufzunehmen und in organischen Säuren zwischenzulagern, am Tag schließen sie die Öffnungen, um nicht zu viel Wasser zu verdunsten, und bauen Glucose mit Hilfe des Lichts auf. Ohne Trockenheit folgen sie dem Photosyntheseweg der  $C_3$ -Pflanzen.

### Isotope des Stickstoffs spiegeln die landwirtschaftlichen und ökologischen Verhältnisse wieder

Im Stickstoffkreislauf wechseln die N-Isotope zwischen Verbindungen unterschiedlicher Oxidationsstufe, von  $NH_3$  über  $N_2$  bis zum Nitrat. Als Standard für die  $\delta^{15}N$ -Werte dient Luftstickstoff ( $AIR-N_2$ ). Besonders Ökologen interessieren sich für die Abweichungen in der N-Isotopenverteilung in Böden und Gewässern. Bei der Verdampfung von Ammoniak aus Gülle auf den Feldern, bei der Denitrifikation (Reduktion von Nitrat zu molekularem Stickstoff) und der Aufnahme von N durch die Pflanzen reichert sich das schwere Isotop  $^{15}N$  im Boden und in Grund- und Oberflächenwassern an. Die Art der landwirtschaftlichen Nutzung und der Düngung beeinflusst den  $\delta^{15}N$ -Wert eines Bodens ebenfalls: Konventioneller Anbau mit mineralischem Dünger, Mist und Gülle senkt die Werte im Vergleich zum ökologischen Anbau, der auf Kompost, Gründünger, Hornmehl setzt. Das N-Isotopenmuster eines Bodens prägt wiederum das der dort lebenden Pflanzen und der dort weidenden Tiere. Es

ist jedoch schwierig, über die Isotopenanalyse landwirtschaftliche Erzeugnisse eindeutig als konventionell erzeugt oder als Bioprodukte einzuordnen [3].

### Das Isotopenverhältnis des Schwefels hängt von den geologischen Gegebenheiten ab.

Anders als bei H, C, O und N verändern pflanzliche Stoffwechselvorgänge den  $\delta^{34}S$ -Wert kaum, er wird hauptsächlich von der Zusammensetzung des Bodens bestimmt. Daneben machen sich Einflüsse durch den Menschen, vor allem Industrie und Gewerbe, bemerkbar.

### Weitere Anwendungen

Die Analyse stabiler Isotope ist eine relativ neue Methode mit vielfältigen Anwendungen:

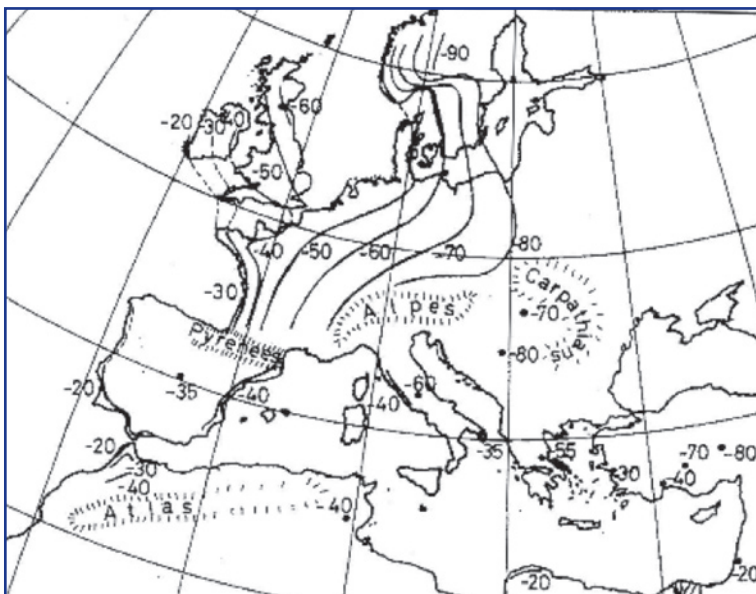
Sie eignet sich zur Beobachtung oder Überprüfung biochemischer Reaktionen. Zum Beispiel lassen sich bei der alkoholischen Gärung aus dem Isotopenmuster des Alkohols Rückschlüsse auf die vergorenen Ausgangsstoffe ziehen oder in einem Sekt überprüfen, ob die Kohlensäure aus Trauben entstanden ist oder aus der Gasflasche zudosiert wurde.

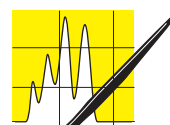
Ebenso lassen sich Stoffkreisläufe in der Natur beobachten oder Verbleib und Schicksal von Substanzen in der Umwelt aufspüren. Wie wird  $SO_2$  der Luft von Waldgebieten aufgenommen, oder welche Wege nimmt der auf die Felder aufgebraachte Düngestickstoff? Das neue Helmholtz-Forschungsprogramm „Umweltbedingte Störungen der Gesundheit“ etwa setzt auf die Isotopenanalyse, um den Abbau von Grundwasser-Verunreinigungen zu verfolgen und zu charakterisieren. Das Verfahren sei einzigartig geeignet, um im Grundwasser biologische Abbauvorgänge nachzuweisen und sogar zu quantifizieren [4].

Die IRMS ist immer das Mittel der Wahl, wenn es darum geht, Verbindungen, die chemisch gleich, aber verschiedener Herkunft sind, zu unterscheiden. In der Lebensmittelchemie offenbart die Isotopenverteilung, ob zum Beispiel ein Vanille- oder Kirscharoma als „natürliches“ Aroma, da von einer Pflanze gebildet, zu bewerten ist oder als „naturidentischer“ Ersatz, der aus Erdölprodukten synthetisiert wurde. Sogar das Dopen der Sportler mit Testosteron lässt sich zuverlässig nachweisen. Auch wenn das eingenommene künstliche Steroid und das körpereigene chemisch identisch sind, die Isotopenverteilung ist es nicht: Der menschliche Körper baut mehr  $^{13}C$  in das Hormon ein als Pflanzen, von denen die Ausgangsstoffe für die Synthese stammen.

Die meisten Anwendungen stützen sich auf die Isotopenanalyse von zwei oder mehreren Elementen. Zu Herkunftsbestimmungen von landwirtschaftlichen Erzeugnissen werden manchmal die  $\delta$ -Werte von allen fünf Bioelementen herangezogen. Archäologen und Anthropologen gewinnen mittels IRMS verblüffende

Abbildung 2: Isolinien von  $^2H$  im Niederschlag über Europa [8]





Element	Stabilisotop	Mittl. natürliche Häufigkeit [Atom-%]	Standard		Messgas
			int. Bezeichnung	Isotopenverhältnis R	
Wasserstoff	<sup>1</sup> H	99,985	V-SMOW	0,00015576	H <sub>2</sub>
	<sup>2</sup> H	0,015			
Kohlenstoff	<sup>12</sup> C	98,9	V-PDB	0,0111802	CO <sub>2</sub>
	<sup>13</sup> C	1,1			
Stickstoff	<sup>14</sup> N	99,634	AIR-N <sub>2</sub>	0,0036782	N <sub>2</sub>
	<sup>15</sup> N	0,366			
Sauerstoff	<sup>16</sup> O	99,762	V-SMOW	0,0003799	CO <sub>2</sub> , CO
	<sup>17</sup> O	0,038			
	<sup>18</sup> O	0,2039			
Schwefel	<sup>32</sup> S	95,02	V-CDT	0,0441509	SO <sub>2</sub> , SF <sub>6</sub>
	<sup>33</sup> S	0,75			
	<sup>34</sup> S	4,21			
	<sup>36</sup> S	0,02			

Tabelle: Natürliche Häufigkeit, Vergleichsstandards und Messgas(e) der einzelnen Stabilisotope [1]

Erkenntnisse aus den Informationen, die in uralten Knochen gespeichert sind. Dort haben die verzehrten Pflanzen und Tiere ihre Isotopen Fingerabdrücke zurückgelassen. Der Speiseplan der letzten 5-10 Jahre ist ablesbar. Für den Neandertaler konnte über die Isotopenverteilung von C und N errechnet werden, dass er sich überwiegend von großen Tieren wie Mammut, Wollnashorn und Bison ernährt haben musste [5].

In ähnlicher Weise archivieren Haare und Federn Daten über Nahrung und Aufenthaltsort ihrer Besitzer. Vogelkundler nutzen das, um an den Federn der heimkehrenden Jungvögel abzulesen, wo sie den Winter verbracht haben. Die Schwanzhaare von Kühen offenbaren Ökologen über  $\delta^{13}\text{C}$ - und  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte chronologisch alles über Art der Nahrung, über Schwankungen des Boden-Wasserhaushalts oder den Humusabbau der Weidefläche [6].

Wie Knochen sind auch Jahresringe von Bäumen oder Sedimente oder das ewige Eis der Erdpole natürliche Datenbanken für Erd- und Klimageschichte. Das Archiv von Eisbohrkernen der Antarktis reicht sogar fast 1 Million Jahre zurück. Über Analysen geben Bohrkerne vielerlei Informationen preis, zum Beispiel auch über die Temperaturen der erdgeschichtlichen Vergangenheit. Diese glauben Forscher [7] mittels IRMS abschätzen zu können. Sie beschreiben, dass sich <sup>18</sup>O im Wasserdampf auf seinem Weg vom Meer zum Eisschild stark anreichert und der Anreicherungsgrad in den Niederschlägen abhängig ist von der mittleren Temperatur am Ort der Probenahme. Über die Bestimmung des  $\delta^{18}\text{O}$  im Eis, korrigiert über die  $\delta^{15}\text{N}$  des im Eis eingeschlossenen Luftstickstoffs, konnten sie schließlich die Temperaturschwankungen über mehrere tausend Jahre darstellen.

Besonders geschätzt ist die IRMS als eine Methode, die Vorgänge und Wechselwirkungen in vielschichtigen biologischen und ökologischen Systemen aufklären kann, besonders wenn diese schwer durchschaubar miteinander verflochten sind. **CLB**

**Literatur**

[1] Auf Spurensuche in der Natur: Stabile Isotope in der ökologischen Forschung. Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Band 30, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München, (2005) ISBN 3-89937-060-0

[2] Lebensmittelchemie 58 (2004) 44

[3] Lebensmittelchemie, 59 (2005) S. 50-52

[4] <http://www.gsf.de/neu/Aktuelles/Presse/2006/elsner.php>

[5] Hervé Bocherens <http://www.eva.mpg.de/evolution/conf2006/files/abstracts.htm#abs01>

[6] K. Auerwald in 1. S. 93-103

[7] M. Leuenberger in 1. S. 29-43

[8] „Physikalische Grundlagen der Klimaarchive Eis und Grundwasser“ W. Aeschbach-Hertig, Inst. für Umweltphysik der Universität Heidelberg [http://www.iup.uni-heidelberg.de/institut/institut/studium/studium/lehre/Archive/Archive\\_V02.pdf](http://www.iup.uni-heidelberg.de/institut/institut/studium/studium/lehre/Archive/Archive_V02.pdf)

## Namensgeber von SI-Einheiten (Teil 16)

# James Watt (1736–1819)

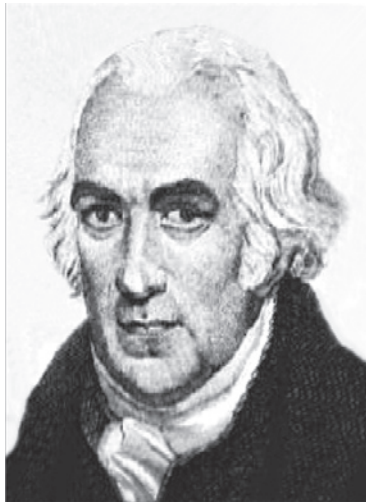


Abbildung 1: James Watt (1736–1819)

James Watt (Abbildung 1) wurde am 19. Januar 1736 in der schottischen Stadt Greenock am Clyde als Sohn eines Zimmermanns geboren. In der Schule interessierten ihn Physik und Mathematik, in den übrigen Fächern hatte er keine großen Erfolge. Er sehnte sich nach Hochschulbildung, aber die Familie konnte sich das nicht leisten.

Nach langen Überlegungen entschloss er sich, Feinmechaniker zu werden, ein Beruf, der ihn angesichts seiner Gebrechlichkeit körperlich nicht überbeanspruchen sollte. Im Jahre 1754 begann er in Glasgow die Optiker- und Mechanikerlehre.

Nach einem Lehrjahr ging er zu Morgan, einem Hersteller von mathematischen Geräten, nach

London, wo er vieles lernte; bald bestach er in allen ihm anvertrauten Arbeiten durch Präzision und Gründlichkeit.

Im Jahre 1757 wurde ihm die Stelle eines Universitätsmechanikers in Glasgow zugesprochen. Er fand hier ein gut ausgestattetes Physikkabinett vor, und neben guten Arbeitsbedingungen ergab sich auch die Möglichkeit für weitere Studien, sowie für physikalische und chemische Versuche.

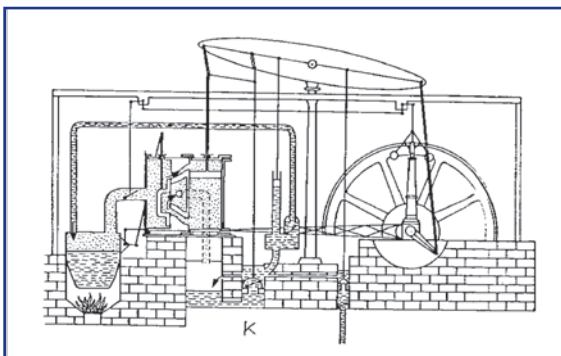
Mit dem Gedanken an eine Dampfmaschine befasste sich Watt nach einem zweijährigen Aufenthalt an der Universität, vorerst jedoch ergebnislos. Als man ihm dann die Reparatur eines Modells der Newcomenschen<sup>1</sup> Dampfmaschine anvertraute, reparierte er sie nicht nur, sondern versuchte, sie zu vervollkommen. Er entdeckte, dass der Kessel der Maschine nur

für einige Kolbenhübe Dampf lieferte, danach musste die Maschine warten, bis sich im Kessel neuer Dampf gebildet hatte. Einige Monate lang überlegte er intensiv und fand zu Beginn des Jahres 1765 eine Lösung des Problems: Man darf den Dampf nicht direkt im Dampfzylinder kondensieren, sondern muss dazu ein anderes, mit dem Zylinder verbundenes Gefäß benutzen. Damit erfand Watt den Kondensator (K in Abbildung 2) und unmittelbar darauf, als er den Zylinder beiderseits durch Deckel verschloss, die doppeltwirkende Dampfmaschine.

Allerdings ahnte Watt nicht, welche gewaltigen Schwierigkeiten zu überwinden waren, bevor sich seine Gedanken verwirklichen ließen. Zu der damaligen Zeit war es sehr schwer, einen Mechaniker zu finden, der genau nach Zeichnung die relativ komplizierte Maschine bearbeiten konnte, und auch die Werkzeugmaschinen waren nicht präzise genug. Der Bau des ersten Modells der Wattschen Dampfma-

<sup>1</sup> Thomas Newcomen (1663–1729) baute ab 1712 atmosphärische Dampfmaschinen, die im 18. Jh. besonders zur Wasserförderung in Bergwerken dienten.

Abbildung 2: Doppeltwirkende Dampfmaschine des James Watt.



### Watt

Watt (W) ist die abgeleitete SI-Einheit des Energiestromes oder der mechanischen und elektrischen Leistung.

#### Definition des Watt (W)

Will man angeben, in welcher Zeit ein bestimmter Energiebetrag ausgetauscht, das heißt eine bestimmte Arbeit verrichtet wird, so bedient man sich der Begriffe Energiestrom oder Leistung – Formelbuchstabe P.

Es gilt die Definition:

$$\text{Energiestrom} = \frac{\text{Leistung}}{\text{Arbeit}} = \frac{\text{Leistung}}{\text{dafür benötigte Zeit}}$$

Damit ergibt sich für die Einheit Watt:

1 Watt (W) ist die Leistung eines gleichmäßig ablaufenden Vorganges, bei dem in 1 Sekunde (s) die Arbeit 1 Joule (J) verrichtet wird.

$$1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1 \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^3} = 1 \text{ VA.}$$

schine endete mit einem Misserfolg.

Watt hatte bald kein Geld mehr und nahm in dieser Situation die finanzielle Hilfe des Arztes und Industriellen Dr. Roebucks an, der sich den Patentschutz der Erfindung und zwei Drittel des Gewinns sicherte.

Im Jahre 1769 wurde Watt endlich das Patent über „die neue Methode zur Verringerung des Dampf- und Brennstoffverbrauchs in Verbrennungsmaschinen“ erteilt, jedoch war die nach dem Patent gebaute Maschine erneut ein Misserfolg. Ursache dafür war nicht nur die ungenügende Dichtung der wichtigsten Maschinenteile, sondern auch die ungenügende Eignung des verwendeten Materials.

Unmittelbar darauf trennte sich Watt von seinem Partner, der seinen Anteil dem Fabrikanten Boulton verkaufte. In dessen Person fand Watt erneut volle Unterstützung bei seinen Versuchen und Erfindungen, und später wurde er sein Partner in der neuen Dampf-

maschinenfabrik „Boulton & Watt“ in Soho bei Birmingham.

Unermüdlich arbeitete Watt an der Vervollkommnung seiner Erfindung, die ihm schon so viele Enttäuschungen bereitet hatte. Im Jahre 1775 gelang es ihm, das wichtigste Element, den Dampfzylinder, so zu fertigen, dass er tatsächlich funktionierte. Die Fabrik baute nun die erste Dampfmaschine und ein Jahr darauf bereits zwei weitere. Die Maschinen arbeiteten gut und fanden ein breites Echo. Kurze Zeit später bereitete sich die Fabrik auf die Massenfertigung vor.

Der große Erfolg beeinflusste das Leben des bescheidenen Menschen Watt nicht. Er widmete sich weiterhin seinen Erfindungen. So erfand er im Jahre 1780 eine Kopierpresse, zwei Jahre darauf fügte er der Dampfmaschine ein Schwungrad an und nach weiteren zwei Jahren einen Fliehkraftregler.

1785 konstruierte Watts Mitarbeiter Murdock eine Verschiebungseinrichtung für die Dampfverteilung im Zylinder, wodurch die Entwicklung der ersten

einsatzfähigen Dampfmaschine ihren Abschluss fand.

Während seines produktiven Lebens schuf James Watt viele weitere Erfindungen und gab auch Anregungen zur Einführung eines einheitlichen Systems der Maße und Gewichte.

Für seine Verdienste wurden ihm an seinem Lebensabend viele Ehrungen zuteil. Davon sind die bedeutendsten die Mitgliedschaften in der Französischen Akademie der Wissenschaften und in der Royal Society in London, die Ehrendoktorwürde der Glasgower Universität und viele andere.

Watt war zweimal verheiratet. Aus erster Ehe gingen fünf Kinder hervor, aus zweiter zwei, die jedoch früh starben. Kurz vor seinem Tode bot man ihm die Erhebung in den Adelsstand an; Watt lehnte sie jedoch ab. Er blieb seiner einfachen Herkunft und schöpferischen Arbeit treu, die er über alles liebte. Er starb am 19. August 1819 in Heathfield bei Birmingham und wurde in der Londoner Westminster-Abtei beigesetzt.

## Namensgeber von SI-Einheiten (Teil 17)

### Wilhelm Eduard Weber (1804–1891)

Wilhelm Eduard Weber (Abbildung 1) wurde am 24. Oktober 1804 in Wittenberg als fünftes Kind eines Theologieprofessors geboren. Er studierte Naturwissenschaften in Halle, wurde am gleichen Ort Privatdozent und im Jahre 1828 außerordentlicher Professor für Physik. Schon 1825 hatte er zusammen mit seinem Bruder Ernst Heinrich, einem Physiologieprofessor in Leipzig, eine wissenschaftliche Arbeit auf dem Gebiet der Akustik<sup>1</sup> verfasst, die ihm unter den Physikern einen guten Ruf einbrachte. Im Jahre 1831 berief man ihn als ordentlichen Professor der Physik an die Universität Göttingen. Hier

<sup>1</sup> Wellenlehre auf Experimente gegründet

begann auch die enge Freundschaft mit Gauß und ihre wissenschaftliche Zusammenarbeit bei der Erforschung des Magnetismus. Ergebnis dieser Zusammenarbeit war unter anderem auch die Erfindung des elektromagnetischen Telegrafen, den sie im Jahre 1833 gemeinsam erprobten. In diese Zeit fällt auch ein Ereignis, das großen Einfluss auf Webers weiteres Lebensschicksal hatte: Zusammen mit sechs anderen Professoren wurde er im Jahre 1837 von der Universität entlassen. Weber gehörte zu den berühmten „Göttinger Sieben“, die sich schriftlich gegen die willkürliche Aufhebung der Verfassung durch König Ernst August von Hannover äußerten; sie erklärten sich mit dieser Verfassungsaufhebung

nicht einverstanden. Auch während der anschließenden fünfjährigen Stellungslosigkeit, in der er von Gauß Unterstützung erfuhr



Abbildung 1: Wilhelm Eduard Weber (1804–1891)

und vom Erlös einer Sammlung in ganz Deutschland in sehr bescheidenen Verhältnissen lebte, unterbrach er die Arbeiten über den Magnetismus nicht. Davon zeugt ein sechsbändiges Werk, das er gemeinsam mit Gauß herausgab und das die Ergebnisse der Beobachtungen aus den Jahren 1836 bis 1841 enthielt.

Im Jahre 1843 trat Weber das Amt eines Professors an der Universität in Leipzig an. Hier entstand sein Elektrodynamometer, das auf der Ampèreschen Entdeckung über die wechselseitige Wirkung zweier elektrischer Ströme aufeinander basierte und mit dessen Hilfe man diese Wirkungen sehr präzise untersuchen und nutzen konnte.

Sechs Jahre später wurde Weber erneut nach Göttingen berufen, wo er dann auch den Rest seines Lebens verbrachte. Hier begann er Untersuchungen, die zur Ein-

führung der absoluten Einheit der elektrischen Spannung oder elektromotorischen Kraft führten; dabei stützte sich Weber auf das Faradaysche Gesetz der Induktion und benutzte, ausgehend von den Gaußschen Messungen des Magnetfeldes der Erde, das Phänomen der Erdinduktion.

Sein Erdinduktor, mit dessen Hilfe er umfangreiche quantitative Untersuchungen durchführte, wurde später eines der wichtigsten Hilfsmittel bei elektromagnetischen Messungen.

Webers größtes Verdienst ist es jedoch, dass er das System der absoluten elektrischen Maßeinheiten begründete, das eine universelle Gültigkeit erlangte und zu dem er sich durch eine sehr gründliche und präzise quantitative Erforschung der Entdeckungen von Ørsted bis hin zu Faraday unter Anwendung der Gaußschen Ergebnisse bei der

Untersuchung der magnetischen Größen vorarbeitete.

Für seine Untersuchungen entwickelte Weber mehrere neue, präzisere und feinere Hilfsmittel und führte unermüdlich Messungen durch mit einer Genauigkeit, die keiner vor ihm je erreicht hatte.

Dabei stieß er auch auf eine Gesetzmäßigkeit, die darauf hinweist, dass bei der Verknüpfung der Coulombschen Gesetze für die magnetischen und für die elektrischen Kräfte eine bestimmte Geschwindigkeit eine große Rolle spielt. Durch komplizierte Messungen ermittelte er, dass diese Geschwindigkeit gleich der Lichtgeschwindigkeit ist. Hier wurde erstmalig die Lichtgeschwindigkeit als ausschlaggebend auch auf dem Gebiet des Elektromagnetismus entdeckt.

Weber versuchte ebenfalls als erster, die Vorstellungen über die elektrischen Elementarquanten zu verallgemeinern, wobei er diesen kleinsten Partikeln neben einer bestimmten Ladung auch eine bestimmte Masse (Trägheit) zuschrieb.

Weber war bescheiden, von kindlicher Fröhlichkeit, zeichnete sich jedoch durch eine unbeugsame Art zu denken aus, war ehrlich und äußerst charakterfest. Er war nicht verheiratet, den Haushalt führte ihm die Nichte. Er starb am 23. Juni 1891 in Göttingen.

## Weber

Weber (Wb) ist die abgeleitete SI-Einheit des magnetischen Flusses.

### Definition des Weber (Wb)

Der magnetische Fluss  $\Phi$  ist das Produkt aus der in einem homogenen Magnetfeld eine Fläche  $A$  senkrecht durchsetzenden magnetischen Induktion  $B$  und dieser Fläche. Es gilt  $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A}$ .

In einem inhomogenen Magnetfeld gilt entsprechend: ( $d\vec{A}$  hat in diesem Falle überall die Richtung der jeweiligen Flächennormalen).

$$\Phi = \int_A \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

Da  $\vec{B}$  in Tesla (T) gemessen wird, ergibt sich für die Einheit Weber (Wb):

$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot 1 \text{ m}^2 = 1 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} \cdot \text{m}^2 = 1 \text{ Vs.}$$

Das häufigste Messverfahren nutzt das Faradaysche Induktionsgesetz aus, wonach ein zeitlich sich ändernder magnetischer Fluss, der eine Leiterschleife durchsetzt, in dieser eine elektrische Spannung induziert.<sup>2</sup>

### Somit ergibt sich die Definition:

1 Weber (Wb) ist der magnetische Fluss, der in einer ihn umschlingenden Leiterschleife die elektrische Spannung 1 Volt (V) induziert, wenn er während der Zeit 1 Sekunde (s) gleichmäßig auf Null abnimmt.

$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ s} = 1 \text{ Vs} = 1 \frac{\text{kg m}^2}{\text{A s}^2}$$

<sup>2</sup> Heutzutage gibt es für den magnetischen Fluss ein außerordentlich empfindliches Messgerät, den sog. SQUID. Dieser Name bedeutet: „Supraleitender Quanten-Interferometrischer Detektor“; dieser beruht auch auf einem der „Josephson-Effekte“. SQUIDs sind so empfindlich, dass man mit ihnen Magnetfelder messen kann, die nicht stärker sind als ein Hundertmillionstel des Magnetfeldes der Erde.

# CLB – Memory

Die CLB-Beilage für Ausbildung in Chemie, Labortechnik,

Chemietechnik, Biologie und Biotechnik

März 2007

## Einigung in der Chemieindustrie

### In der zweiten Runde Tarifabschluss erzielt

**Die Entgelte in der chemischen Industrie steigen um 3,6 Prozent. Zudem erhalten die 550 000 Beschäftigten eine Einmalzahlung und eine Pauschalzahlung. Weiter haben sich die Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie IG BCE und der des Bundesarbeitgeberverbandes Chemie BAVC darauf verständigt, die Ausbildungs-offensive fortzusetzen. Dieses Tarifpaket wurde in der zweiten bundesweiten Verhandlungsrunde geschnürt.**

Der neue Tarifvertrag läuft über 14 Monate. Für den ersten Monat wird ein Pauschalbetrag von einheitlich 70 Euro (Auszubildende 20 Euro) gezahlt. Anschließend werden die Entgelte und Ausbildungsvergütungen für 13 Monate um 3,6 Prozent angehoben. Außerdem erhalten die Beschäftigten eine Einmalzahlung in Höhe von 0,7 Prozent eines Monatsentgelts multipliziert mit 13.

Die Vertragslaufzeit beginnt regional unterschiedlich: In den Tarifbezirken Rheinland-Pfalz, Nordrhein und Hessen rückwirkend zum 1. Januar, es folgen Westfalen, Bayern, Baden-Württemberg, Niedersachsen/Bremen, Schleswig-Holstein/Hamburg und Berlin zum 1. Februar, sowie Nordost und das Saarland zum 1. März.

Die Einmalzahlung von 0,7 Prozent wird spätestens zum 30. Juni 2007 wirksam. Es gilt eine Öff-

nungsklausel. Unternehmen in einer wirtschaftlichen schwierigen Lage können den Betrag senken oder ganz aussetzen. Voraussetzung ist die Zustimmung der Betriebsräte.

#### „Zukunft durch Ausbildung“

IG BCE und BAVC setzen ihre gemeinsamen Anstrengungen in der Ausbildungsfrage fort. Der 2003 geschlossene Tarifvertrag „Zukunft durch Ausbildung“ wird bis 2010 fortgeschrieben. Damit werden 2007 und 2008 für das erste Ausbildungsjahr insgesamt 16 800 Ausbildungsplätze angeboten. Die weitere Entwicklung soll im Rahmen der nächsten Tarifrunden geregelt werden.

Im Jahr 2007 wird die demografische Spitze der Schulabgängerzahlen erreicht. Nach einer kurzen Verweilzeit auf diesem Plateau wird sich die Situation auf dem Ausbildungsmarkt umdrehen. Wegen schrumpfender Schulabgängerzahlen wird dann die Zahl der Ausbildungsplatzbewerber von Jahr zu Jahr abnehmen.

Die seit Jahren bestehende Chemie-Regelung über abgesenkte Einstiegstarife für Langzeitarbeitslose und Berufsanfänger wird verlängert. Dadurch soll weiterhin die Einstellung dieser Arbeitnehmergruppen erleichtert werden. Langzeitarbeitslose erhalten im 1. Jahr ihrer Einstellung 90 %, Berufsanfänger 95 % des sonst üblichen Tarifentgelts.

Eggert Voscherau, Präsident des BAVC sagte: „Nach einer für die Chemie ungewohnten Zuspitzung der Tarifaueinandersetzung in den letzten Tagen und Wochen konnten wir doch einen Abschluss in freien Verhandlungen erzielen. Dieser Tarifabschluss kennt weder Sieger noch Besiegte. Gesiegt hat auf beiden Seiten der Tarifrealismus. Auch die Chemiesozialpartnerschaft geht aus dieser Tarifaueinandersetzung unbeschädigt hervor. Mit der Verlängerung der bewährten Tarifinitiative „Zukunft durch Ausbildung“ wird die Chemie-Industrie ihrer gesellschaftspolitischen Verantwortung gerecht und bietet auf einem anhaltend hohen Niveau Ausbildungsmöglichkeiten für junge Menschen an.“

Der Verhandlungsführer der IG BCE Werner Bischoff sagte: „Prozentzahl und Einmalzahlung ergeben ein Einkommensplus von 4,3 Prozent. Das Ergebnis entspricht der Branchenlage, auch die Belange der weniger gut verdienenden Unternehmen sind berücksichtigt. Es ist gut, dass wir die gemeinsamen Anstrengungen in der Ausbildungsfrage auf einem sehr hohen Niveau fortsetzen. 2007 und 2008 werden für das erste Ausbildungsjahr insgesamt 16 800 Ausbildungsplätze angeboten. BAVC und IG BCE werden damit ihrer gesellschaftlichen Verantwortung gerecht.“

## Funktionale polymere Schichten

### Bürsten mit Schalter

**Z**ähne putzen können diese Bürsten nicht, Geschirr spülen auch nicht. Dafür jedoch Regen abweisen, Rohre vor Verstopfung schützen oder das Abstoßen von Implantaten verhindern – jetzt noch nicht, aber irgendwann in der Zukunft, das prophezeien Wissenschaftler wie Manfred Stamm vom Dresdner Leibniz-Institut für Polymerforschung. Der Professor für Physikalische Chemie untersucht Polymerbürsten: Lassen sich bestimmte Eigenschaften an- und abschalten?

Polymerbürsten bestehen aus Molekülketten, die so dicht auf eine Oberfläche gepropft sind, dass sie sich strecken müssen und abstehen wie Borsten. Die im Projekt verwendeten Polymere basieren zum Beispiel auf Styrol oder Acrylsäure. Je nach Art des Polymers können sie Wasser, Kalk oder andere Stoffe anziehen oder abstoßen.

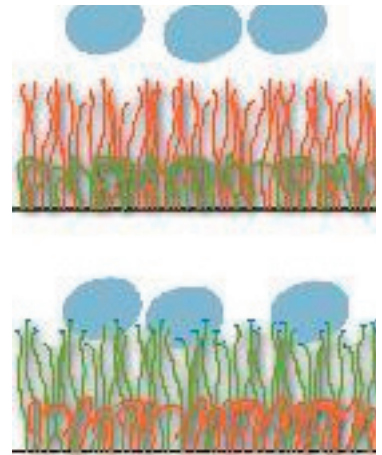
Gleich beides kann eine Bürste aus zwei Polymerarten mit entgegengesetzten Eigenschaften. Solche binären Polymerbürsten brauchen zusätzlich einen Schalter, damit sie wissen, wann sie was tun sollen. Nicht Knöpfe oder Hebel erfüllen diese Aufgabe, sondern die Umgebungsbedingungen. „Wir schalten sie durch Veränderung

der Temperatur oder des pH-Werts“, erklärt Stamm. „Nur die jeweils ‚angeschaltete‘ Polymerart wirkt, denn nur sie kann ihre ‚Borsten‘ ausstrecken.“ Mit einer Beschichtung aus binären Polymerbürsten könnte beispielsweise ein Surfanzug Wasser bei 5 Grad Celsius abweisen und bei 25 Grad als angenehme Erfrischung durchlassen.

Doch von funktionaler Bekleidung oder anderen Anwendungen ist das Bürstenmit-Schalter-Projekt noch weit entfernt, erst mal geht es um Grundlagenforschung. Welche Polymere eignen sich am besten? Und welche Schalter? Und tun die Bürsten tatsächlich das, was sie sollen? Mit bloßem Auge ist das nicht zu sehen, dafür sind die borstigen Gebilde zu klein.

Karsten Hinrichs vom Institute for Analytical Sciences (ISAS) untersucht sie darum mit einem Ellipsometer. „Damit können wir die Polymerbürsten in Aktion beobachten, jedoch ohne sie dabei zu stören“, erläutert der Berliner Physiker. Und Petra Uhlmann aus der Arbeitsgruppe von Stamm ergänzt: „Erst wenn wir genau wissen, wie die Bürsten funktionieren, können wir sie auch optimieren.“

Ob sich die Polymerbürsten wie gewünscht schalten lassen,

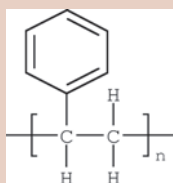


Oben: Nur die „Borsten“ der abstoßenden Polymerart sind ausgestreckt, die Partikel bleiben auf Abstand.  
Unten: Die veränderte Umgebungsbedingung lässt die Molekülketten der anziehenden Art sich strecken. Die Partikel können an ihr haften (Grafik: Uta Deinet, ISAS).

#### Polystyrol

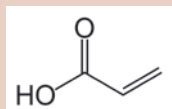
Styrol (auch Vinylbenzol, Styren, nach der IUPAC-Nomenklatur Phenylethen) ist eine farblose, leichtflüchtige, süßlich riechende Flüssigkeit. Sie dient vor allem zur Herstellung von Kunststoffen. Styrol gehört zu den Arenen, den aromatischen Kohlenwasserstoffen. Es ist entzündlich und gesundheitsschädlich.

Polystyrol (PS) ist ein amorpher, transparenter oder teilkristalliner Thermoplast. Es wird entweder als thermoplastisch verarbeitbarer Werkstoff oder als Schaumstoff eingesetzt.



#### Acrylsäure

Acrylsäure oder Propensäure (IUPAC: 2-Propensäure) gehört zu den ungesättigten Carbonsäuren. Sie ist eine farblose, mit Wasser mischbare bei Raumtemperatur flüssige chemische Verbindung mit stechendem, essigähnlichem Geruch. Acrylsäure wirkt stark korrodierend und ist entzündlich. Die großindustrielle Herstellung erfolgt durch eine zweistufige Oxidation von Propen: In der ersten Stufe wird Propen mit Luft zu Propenal (Acrolein) umgesetzt, das in der zweiten Stufe zu Acrylsäure oxidiert. Ihre Hauptverwendung ist die Polymerisation zu Superabsorbent, Acrylatestern (die wiederum zur Herstellung von Polymeren verwendet werden) und als Comonomer bei der Herstellung von Polymerdispersionen.





Uhlmann. „Mit den schaltbaren Polymerbürsten wäre es einfacher: eine simple Änderung der Temperatur oder einer anderen Umgebungsbedingung – und das gezüchtete Hautgewebe oder Blutgefäß löst sich von allein und lässt sich problemlos ernten.“

Die Polymerbürsten sind ein noch recht junges Forschungsgebiet, die binären sind es erst recht. Eine industrielle Herstellung oder Vermarktung gibt es noch nicht.

Das Projekt „Design of new responsive materials based on functional polymer brushes for smart tuning and sensing of proteins and particles adsorption“ ist Teil des internationalen Forschungsvorhabens Materials World Network und wird gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der National Science Foundation.

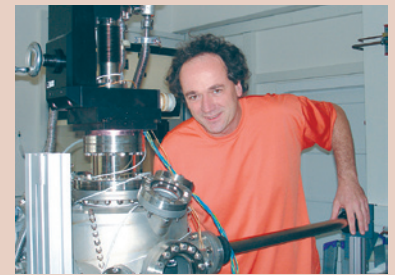
## Ellipsometrie

Die Ellipsometrie dient zur Charakterisierung sehr dünner Schichten, beispielsweise bei Metallen, Polymeren oder Flüssigkristallen. Der Methode beruht auf der Wechselwirkung von Licht und Probe. Während die Photometrie die Intensität des reflektierten oder transmittierten Lichts misst, bestimmt die Ellipsometrie den Polarisationszustand.

Zur Messung fällt linear polarisiertes Licht auf die Probe. Dort wird es reflektiert und ändert dabei seinen Polarisationszustand. Es ist dann im Allgemeinen elliptisch polarisiert, was der Methode ihren Namen gab. Aus der Änderung des Polarisationszustands ist die dielektrische Funktion zu bestimmen, welche die Wechselwirkung von Licht mit Materie beschreibt. Im einfachsten Fall dient das komplexe Verhältnis zwischen einfallender und reflektierter Amplitude zur Bestimmung der Änderung des Polarisationszustands. Die Ellipsometrie misst dazu die Fresnel-Reflexionskoeffizienten  $R_s$  für Licht, das senkrecht zur Einfallsebene polarisiert ist, und  $R_p$  für Licht, das parallel zur Einfallsebene polarisiert ist. Da keine absoluten Größen sondern Verhältnisse gemessen werden, ist das Verfahren sehr genau.

Außerdem wird, im Gegensatz zur Reflexionsspektroskopie, keine Referenzprobe benötigt. Wie bei optischen Verfahren üblich, handelt es sich um eine zerstörungsfreie Messung. Trotzdem kann die Ellipsometrie Reflexions- und Transmissionsmessungen nicht ersetzen. Besonders bei teilweise absorbierenden Filmen, wie dünnen Metall- oder Phasenwechselschichten, enthält gerade die Transmissionsmessung die notwendigen zusätzlichen Informationen.

Karsten Hinrichs mit dem Ellipsometer (Foto: Deinet, ISAS).



## Positionspapier deutscher Chemieorganisationen

# Energieversorgung – der Beitrag der Chemie

**In dem Positionspapier „Energieversorgung der Zukunft – der Beitrag der Chemie“ zeigen deutsche Chemieorganisationen die Schlüsselposition der Chemie bei der Versorgung unserer Gesellschaft mit Energie auf. Die Organisationen beurteilen Entwicklungspotenziale sowie den Bedarf in der Energieforschung für die nächsten Jahrzehnte.**

Deutliche Fortschritte bei der verbesserten Nutzung konventioneller Energieformen und der Erschließung einzelner Potenziale erfordern intensive Forschungsanstrengungen und eine abgestimmte Strategie. Dies zeigen einige Beispiele für Forschungsfelder in der Chemie:

Noch zu entwickelnde therm stabile Polymermembranen für Brennstoffzellen würden den

großtechnischen Einsatz solcher Systeme erheblich erleichtern.

Zukünftige Generationen von Solarzellen erfordern effizienter und kostengünstiger hergestellte molekulare Systeme.

Fortschritte in der Batterietechnik hängen entscheidend von Verbesserungen in der Chemie der Elektroden und der Elektrolyte ab.

Neue Thermoelektrika könnten eine Revolution in der Erzeugung elektrischer Energie durch direkte Nutzung von Wärmeenergie einleiten.

Alle Techniken zur Abscheidung von  $\text{CO}_2$  aus Abgasen von Kraftwerken oder anderen Industrieprozessen werden auf chemischen Verfahren beruhen.

Ein Großteil energiesparender Leichtbaukomponenten im Flugzeug- und Automobilbau wird spezielle Copolymere benötigen.

Zur Effizienzsteigerung chemischer Produktionsprozesse werden Konzepte wie Katalyse, Mikroreaktionstechnik, neue Reaktionsmedien etc. beitragen.

Das Positionspapier hat 39 Seiten und steht zum Download bereit ([www.dechema.de](http://www.dechema.de), [www.gdch.de](http://www.gdch.de)).

Erarbeitet hat es der Koordinierungskreis Chemische Energieforschung, bestehend aus Dechema – Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., GDCh – Gesellschaft Deutscher Chemiker, DBG – Deutsche Bunsen-Gesellschaft für physikalische Chemie e.V., DGMK – Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle e.V., VDI-GVC – Gesellschaft für Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen und VCI – Verband der Chemischen Industrie e.V.

## Stiftung Warentest prüft Eignungstests

# Zwei Online-Tests für Jugendliche sind „sehr gut“

**T**ests zur Selbsteinschätzung im Internet können jungen Leuten helfen, einen passenden Beruf zu finden. Das ist das Ergebnis einer Untersuchung von Finanztest. Auch für Erwachsene gibt es gute Eignungstests, die Angebote für Existenzgründer schnitten dagegen schwach ab.

Finanztest hat neun Onlinetests für Jugendliche untersucht. Nur zwei Eignungsprüfungen erreichten das Qualitätsurteil „sehr gut“: „Mein Berufsweg“, ein kostenloses Angebot der Ruhr-Universität Bochum RUB, und der „Eignungstest Berufswahl“ vom Geva-Institut für 38 Euro.

Nutzer müssen in diesen Tests Fragen zu ihren Interessen beantworten und Aufgaben lösen, zum Beispiel in Mathematik, Sprachverständnis und Logik. Den so ermittelten Fähigkeiten werden passende Berufsbilder zugeordnet.

Die Jugendlichen brauchen allerdings Geduld, bis ihre Stärken und Schwächen geprüft sind. Bei den Testsiegern dauert es bis zu drei Stunden, sich durch die vielen Fragen zu klicken.

### Fundierte Basis für weitere Entscheidungen

„Der Test ermittelt die Interessen und Fähigkeiten des Nutzers und gleicht sie mit Studienfächern und Berufsbildern ab. Mit dem Ergebnisbericht erhält der Nutzer eine fundierte Basis, um weitere berufliche Entscheidungen treffen zu können“, so die Stiftung Warentest über das Tool „Mein Berufsweg“, das Teil von Borakel ist (siehe auch CLB 04/2006, M26).

Mehr als 20 000 Personen haben diesen Bochumer Onlinetest für Studium und Beruf inzwischen absolviert. Basierend auf einem umfangreichen Selbsttest und ausführlichen Gutachten gibt Borakel maßgeschneiderte Empfehlungen

für den Berufsweg. Den Onlinetest haben Psychologen der RUB um Heinrich Wottawa und die eligo GmbH entwickelt.

In drei Stufen – mein Berufsweg, mein Studiengang, meine Uni – hilft das Tool, die Fragen zu beantworten: Was will ich werden? Mit welchem Studienfach kann ich meine Ziele erreichen? Und was kann ich konkret an der Uni Bochum studieren, um diesen Weg einzuschlagen?

### Tests für Erwachsene

Fünf der zehn Onlinetests für Erwachsene erreichten immerhin das Urteil „gut“. Kostenlos davon sind die Angebote der Allianz Beratungs- und Vertriebs-AG, des Diplom-Psychologen Stefan Pitz und des Unicum Verlags. Beim Unicum Verlag muss sich der Nutzer allerdings auf der Homepage registrieren, sonst sind 20 Euro fällig.

Kostenpflichtig sind die „guten“ Tests des Geva-Instituts (38 Euro) und von Alpha-Test (49 Euro).

Von vier getesteten Angeboten für Existenzgründer war das beste

von Innovate Testcenter gerade mal „befriedigend“.

### Test-Know-how aus Bochum

Der Testsieger ist nicht der einzige Eignungstest aus Bochum, den die Stiftung Warentest geprüft und verglichen hat.

Wottawa und sein Team haben auch den Perspektiven-Test für Schüler der Allianz AG entwickelt, er schneidet hier mit der Gesamtnote „gut“ (1,8) auf Rang vier ab. Auch die beiden Testsieger im Segment „Selbsteinschätzung für Erwachsene“ sind unter maßgeblicher Beteiligung der RUB-Arbeitsgruppe entstanden – der Berufseignungstest für Hochschulabsolventen des Unicum Verlags sowie der Perspektiven-Test für junge Berufstätige der Allianz AG. Beide bekamen die Gesamtnote „gut“ (Unicum 1,9, Allianz 2,0) und führen das Feld in diesem Vergleichstest vor den zwölf Mitkonkurrenten an - die Gesamtnote „sehr gut“ wurde hier nicht vergeben.

### Wegweiser durch den Fernstudienschungel

Die Veröffentlichung will Studierenden helfen, den Fernstudienalltag besser zu meistern und Interessenten ermutigen, sich für ein Fernstudium zu entscheiden.

Neben Informationen zu Zugangsvoraussetzungen und den möglichen Studienabschlüssen werden nützliche Hinweise zur persönlichen Organisation eines Fernstudiums gegeben. Ausführliche Hintergründe und Tipps zu den Themen Selbstmanagement, Prüfungsvorbereitung und wissenschaftliches Arbeiten runden das Werk ab.

Der Wegweiser enthält zusätzlich alle aktuellen länderspezifischen Regelungen zu den Möglichkeiten des Studierens ohne Abitur und zur Bildungsfreistellung.

Der „Wegweiser Fernstudium“ der Service-Agentur des Hochschulverbundes Distance Learning (HDL) steht ab sofort als kostenloser PDF-Download oder gedruckt als Studienbrief gegen eine Schutzgebühr von 5 Euro zur Verfügung. Er ist zu beziehen bei der Service-Agentur des HDL, c/o AWW e. V., Magdeburger Straße 50, 14770 Brandenburg. Das Herunterladen ist möglich unter „www.aww-brandenburg.de“.

## Schülerlabor, Schnuppertage, Kinderuni und Juniorstudium

# Naturwissenschaft für junge Menschen

**Mit dem Frühling beginnen viele naturwissenschaftliche Aktionen für Kinder und Jugendliche. Informieren können sie sich während einzelner Projektstage, in Schnupperwochen und als eingeschriebene Studenten.**

### Gemeinschaftliches Schülerlabor

Die Technische Universität Darmstadt und Merck investieren in ein gemeinschaftliches Schülerlabor, um noch mehr Begeisterung und Verständnis für Naturwissenschaften zu wecken, den Nachwuchs gezielt und praxisnah zu fördern und um ein Angebot zur Fortbildung von Lehrkräften zu unterbreiten. Es wird bundesweit das erste Schülerlabor sein, das eine Universität und ein Industrieunternehmen gemeinsam betreiben.

Das „Merck-TUD-Juniorlabor“ entsteht im Jahr 2008 auf 150 Quadratmetern im Fachbereich Chemie der TU Darmstadt. Als Organisationsformen sind Experimentiertage für Schulklassen, Fortbildungs-, Lehr-, und Demonstrationsveranstaltungen, Schnupper- und Projektstage, Blockseminare, Ferienkurse und Schulungen geplant. In Ergänzung zum Unterricht, parallel zum Lehrplan, werden den Schülern Experimente angeboten, die sie selbstständig durchführen sollen.

Merck und die TU Darmstadt sehen in dem „Schülerlabor“ eine gute Ergänzung ihrer bereits etablierten Schulförderprogramme und Schüleraktivitäten. Mit Sachmitteln, unterrichtsbegleitenden Maßnahmen, wie Exkursionen sowie diversen Fortbildungsveranstaltungen unterstützt Merck seit einigen Jahren die Schulen der Region.

Die Wissenschaftler im Fachbereich Chemie der TU Darmstadt haben lange Erfahrung, Schülergruppen jeden Alters zu begeistern und zu motivieren: etwa mit

Praktika in den Sommerferien, mit regelmäßiger Vorbereitung von Teilnehmern der Schüler-Chemie-Olympiade oder der Ausbildung von Lehramtsstudierenden. Schülerinnen der Jahrgangsstufen 11 bis 13 nutzen die „Schnuppertage“, Chemie-Leistungskurse sind genauso oft zu Projektwochen Gast an der Uni wie Grundschüler, die sich mit „Schau- und Mitmachvorlesungen“ von Studierenden oder zu „Experimentalvormittagen“ in die Welt des Rosts oder der Duftstoffe entführen lassen.

### Genau

Unter dem Motto „Gemeinsam für naturwissenschaftlich-technischen Unterricht“ (Genau) haben sich mittlerweile elf Schülerlabore von Forschungseinrichtungen und Universitäten in Berlin und Brandenburg zusammengeschlossen. Jährlich experimentieren über 20 000 Schüler in den Laboren des Netzwerkes. Etwa 1000 Lehrer besuchen die Fortbildungen und ca. 200 Studierende werden an den Schülerlaboren zu Lehrern ausgebildet.

Kurz nach seinem offiziellen Start nimmt Genau drei weitere Schülerlabore als Mitglieder auf: Das Braulab am Fachgebiet Brauwesen der Technischen Universität Berlin, das Geolab am Geoforschungszentrum Potsdam und das Microlab, ein Kooperationsprojekt des Ferdinand-Braun-Instituts für Höchstfrequenztechnik und der Lise-Meitner-Schule Berlin.

Welch komplexer technologischer Vorgang das Bierbrauen ist, erfahren Schüler im Braulab. Oberstufenkurse Biologie und Chemie können hier unter der Anleitung von Wissenschaftlern einen Brauprozess selbst durchführen.

Das System Erde erforschen Schüler im Geolab. Auf dem Telegrafenberg in Potsdam können Physik-, Erdkunde oder Mathematik-Kurse in eigenen Versuchen das

Magnetfeld der Erde untersuchen und kleine Erdbeben erzeugen.

Wie Mikrochips entstehen, erfahren Schüler im Microlab. Physik-, Chemie- und Informatikkurse führen typische Arbeitsschritte zur Strukturierung von Halbleiter-Bauelementen durch.

Nirgendwo in Deutschland gibt es so viele und so unterschiedliche Schülerlabore in einer Region wie in Berlin und Brandenburg ([www.genau-bb.de](http://www.genau-bb.de)).

### „Blaumachen“ einmal anders

„Blaumachen“ einmal anders können Schülerinnen mit drei neuen Chemieprojekten im Alfred Krupp-Schülerlabor der RUB: Eines informiert rund um den blauen Farbstoff Indigo, eins über Mineralien und eines zu Vanillin. Die „Forschungsreise in den Mikrokosmos“ und die mobilen Fischertechnik-Roboter ergänzen die Mädchen-Projektstage, die im April stattfinden ([www.rub.de/schuelerlabor](http://www.rub.de/schuelerlabor)).

Im Projekt „Blaumachen im Schülerlabor“ extrahieren die Teilnehmerinnen Indigo, färben damit Baumwolle und untersuchen Lebensmittel auf den blauen Farbstoff. Im Projekt „Wenn dem Stein ein Licht aufgeht“ bestimmen die Schülerinnen Gesteine und Mineralien und lernen dabei Untersuchungsmethoden aus Chemie und Physik kennen. Im dritten neuen Projekt geht es um die „Königin

Schüler sollen an der TU Darmstadt experimentieren.



der Gewürze“: Sowohl natürliche Vanille als auch das synthetische Aroma Vanillin bereichern unzählige Genussmittel; Ziel des Projekts ist unter anderem, Vanillin in Lebensmitteln nachzuweisen.

### Studium schnupperale

Die Universität Hohenheim öffnet erstmals ihre Türen für ein betreutes Frühstudium: Im Rahmen des Studium schnupperale können junge Menschen bereits während der Schulzeit die Universität besuchen. Damit sie in der neuen Situation nicht alleine sind, bekommen sie einen studentischen Mentor zur Seite. Mit dem Frühstudium erweitert die Universität Hohenheim ihr Angebot zum Studium schnupperale, das neben der Kinder-Uni auch die Schüler-Uni bietet.

Das vorgezogene Studieren ist eine gute Möglichkeit, Wunsch-Studienfächer auszuprobieren und zu testen, ob diese als Ausbildungs- und Berufsweg in Frage kommen. Noch gilt für alle Teilnehmer: Schule geht vor. Bei Schulleistungen muss der Frühstudierende anwesend sein. Und er muss darauf achten, dass seine schulischen Noten nicht unter der Mehrbelastung leiden. Deshalb ist die schriftliche Zustimmung von Erziehungsberechtigten, Fachlehrer und Schulleitung unbedingt notwendig.

Die rechtliche Grundlage des Frühstudiums ist durch das neue Landeshochschulrecht gegeben. Demnach können alle besonders begabten Schülerinnen und Schüler an Lehrveranstaltungen von Hochschulen teilnehmen und Studien- und Prüfungsleistungen absolvieren. Das Landeshochschulrecht sieht vor, dass die erworbenen Leistungen für ein späteres Studium angerechnet werden können. ([www.uni-hohenheim.de/fruehstudium](http://www.uni-hohenheim.de/fruehstudium)).

### Studentin auf Probe

Unter dem Motto „Studentin auf Probe“ bietet die Technische Fachhochschule Berlin in den Osterferien ein Schnupperstudium an. Schülerinnen (ab 9. Klasse der Berliner und Brandenburger Oberstufe), die Interesse an einem technischen oder ingenieurwissenschaftlichen Studium haben, können im April auf einer zweitägigen Erkundungstour Fachhochschulstudiengänge praxisnah erleben.

Die Teilnehmerinnen erhalten Einblick ins Studium und können unter Anleitung von Hochschullehrern in den Laboren Experimente machen und zukünftige Berufsfelder kennen lernen. Das Schnupperstudium bietet einen breiten Überblick über die Studiengänge Theater- und Veranstaltungstechnik/-management, Elektrotechnik,

Verfahrens- und Umwelttechnik, Medizinisch Physikalische Technik/Medical Engineering, Kommunikationstechnik/Elektronik, Medieninformatik und Audiovisuelle Medien (Kamera).

Die TFH Berlin macht sich für Studentinnen stark: Heute studieren hier 30% Frauen - im nationalen Vergleich eine hohe Zahl. Mit Stolz kann die TFH Berlin auf viele sehr gute Absolventinnen verweisen, deren Abschlussarbeiten mit Preisen ausgezeichnet wurden ([www.tfh-berlin.de/studium/schnupper/index.htm](http://www.tfh-berlin.de/studium/schnupper/index.htm)).

### Juniorstudium in Hannover

Schülerinnen und Schüler der Oberstufe, Grundwehrdienst- und Zivildienstleistende sowie Auszubildende mit Abitur können im Sommersemester wieder an ausgesuchten Vorlesungen der Leibniz Universität Hannover teilnehmen. Als bundesweit erste Hochschule hat die Leibniz Universität das Juniorstudium durch eine entsprechende Ordnung geregelt ([www.juniorstudium.net](http://www.juniorstudium.net)).

Die Jugendlichen nehmen am regulären Studienbetrieb teil. Das Besondere daran ist, dass sie die Möglichkeit erhalten, an Prüfungen teilzunehmen und dass die erworbenen Leistungsnachweise in einem späteren Studium angerechnet werden können. So besteht die Möglichkeit, die Studienzeit zu verkürzen, die eigene Leistung zu kontrollieren und die späteren Anforderungen besser einzuschätzen.

Das Juniorstudium bietet 40 Vorlesungen aus den neun Fakultäten der Leibniz Universität an. Neben Grundvorlesungen enthält das Programm auch unterschiedliche Fachvorlesungen. Die Juniorstudierenden können so nicht nur ihr Schulwissen vertiefen, sondern auch in Spezialgebiete, wie etwa die Nahbereichsphotogrammetrie, einsteigen.

### TU Ilmenau macht Kinder schlau

Für die Kinderuni im Juni haben die Professoren der Technischen Universität Ilmenau wieder viele

### Beim Frauenlohnspiegel gewinnen

Der durchschnittliche Bruttomonatsverdienst von Frauen liegt rund 22 Prozent unter dem der Männer. Zu diesem Ergebnis kommt eine Onlineumfrage der Internetseite [www.frauenlohnspiegel.de](http://www.frauenlohnspiegel.de), an der sich rund 68 000 Beschäftigte in Deutschland beteiligt haben. Der Einkommensunterschied zwischen Frauen und Männern fällt je nach Beruf und Tätigkeit unterschiedlich aus.

Einige Beispiele: Eine Großhandelskauffrau verdient monatlich im Durchschnitt rund 2188 Euro brutto und liegt damit rund 504 Euro unter dem Verdienst ihrer männlichen Kollegen. Auch bei den Chemielaboranten liegen die Frauenverdienste mit 2617 Euro deutlich unter denen der Männer mit 3157 Euro.

Bei Maschinenbauingenieuren betragen die Monatsverdienste der Männer 4329, die der Frauen hingegen nur 3557 Euro.

Die Daten des WSI-Frauenlohnspiegels sollen dazu beitragen, mehr Transparenz bei Löhnen und Gehältern zu schaffen und speziell die Gehaltsunterschiede zwischen Frauen und Männern zu beleuchten.

An der Onlinebefragung zu den Einkommens- und Arbeitsbedingungen können sich alle Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer beteiligen. Die Onlineumfrage wird fortgeführt. Wer sich daran beteiligt, kann eine Reise für zwei Personen in Südafrika gewinnen. Der Preis wird im Januar 2008 ausgelost ([www.frauenlohnspiegel.de](http://www.frauenlohnspiegel.de)).

spannende Themen für die Schnupperstudenten aufbereitet. In kindgerechten Vorlesungen für Schüler im Alter von acht bis zwölf Jahren erklären sie zum Beispiel, wie die Nachrichten in den Fernseher kommen, wie ein Taschenrechner rechnet, was eine Suchmaschine im Internet macht oder warum Wasser für das Leben so wichtig ist. Aufregende Experimente gibt es obendrein zu bestaunen.

Nicht nur die Vorlesungen machen einen Tag an der Kinderuni Ilmenau zum Erlebnis. Um einen Einblick in das Studentenleben mit allen Gepflogenheiten zu erhalten, werden die Kinder zu Beginn immatrikuliert und erhalten eigene Studentenausweise. Obligatorischer Zwischenstopp ist außerdem ein Besuch in der Mensa, wo sich die Schüler für die nächste Vorlesung stärken können ([www.kinder.uni-ilmenau.de](http://www.kinder.uni-ilmenau.de)).

### Materialwissenschaften

Im April bietet der Fachbereich Angewandte Naturwissenschaften der Fachhochschule (FH) Bonn-Rhein-Sieg in den Osterferien ein Schnupperstudium im Studiengang „Chemie mit Materialwissenschaften“ an. Angesprochen sind naturwissenschaftlich Interessierte ab 16 Jahren.

Die Teilnehmer besuchen an zwei Tagen Vorlesungen und führen selbstständig Laborversuche durch. Das Programm reicht vom Nitrat im Gemüsesaft über Photometrie bis zur Atomabsorptionsspektroskopie. Außerdem lernen sie den Campus Rheinbach und die Labore des Fachbereichs kennen und können Studierende oder Mitarbeiter über den Studiengang ausfragen (<http://fb05.fh-brs.de/schnupperstudium.htm>).

### Nachwuchskemiker in Dresden

Im Februar begann die erste von acht Veranstaltungen im Kinderlabor am Institut für Lebensmittelchemie der TUD. Ausgerüstet mit weißen Kitteln und Schutzbrillen lernen junge Studenten der Kinderuniversität Dresden in spannenden Experimenten dabei die

faszinierende Seite der Chemie kennen. Alle Plätze für das Kinderlabor wurden im Januar vergeben.

In insgesamt sechs Experimenten können die Kinder Chemie erleben. So soll ein Vanillepudding zum Leuchten gebracht werden, ein Zitronenwunder und ein Rotkohltreppenbogen in Reagenzgläsern entstehen. Die Kinder können dabei spielerisch und systematisch die Chemie kennen lernen. Betreut von Praktikumsleiterin Heike Radatz werden jeweils zwölf Kinder die Experimente durchführen und Protokolle ausfüllen. Ein kindgerechtes Handbuch gibt Erklärungen, Anweisungen und Hilfestellungen zur Durchführung der Experimente ([www.ku-dresden.de](http://www.ku-dresden.de)).

### Jugendliche im Nanocamp

Jugendliche aus Deutschland, Österreich und der Schweiz werden im Juni ihre Zelte auf dem Campus der Ruhr-Universität Bochum aufschlagen: Eine Woche lang werden sie Forschung aus nächster Nähe erleben.

Schwerpunktthema ist „Wie stark ist das Bedürfnis nach Religion?“ Um diese Frage zu ergründen, werden die Schüler Fragebögen entwickeln und mit Bürgern des Ruhrgebiets Interviews führen. Außerdem stehen weitere Forschungsprojekte u. a. aus den Naturwissenschaften auf dem Programm.

In der Biologie werden die Jugendlichen lernen, wie man anhand einer Blutuntersuchung herausfinden kann, ob jemand zu jenen zwei Dritteln der Menschheit gehört, die bittere Geschmäcker wahrnehmen können. Außerdem werden sie einen Blick auf die Gehirnentwicklung werfen können, die RUB-Neurowissenschaftler unter anderem an Tauben untersuchen. Die Verwandlung von Whiskey in Pulver und wieder zurück können sie bei den Maschinenbauern studieren.

Das Projekt, das von der Ruhr-Universität und 3SAT organisiert wird, wird unterstützt von Wissenschaft im Dialog und Bild der Wissenschaft ([www.3sat.de/nano](http://www.3sat.de/nano)).

## Aus der Bildungslandschaft

- Das Centrum für Hochschulentwicklung (CHE) fordert verbesserte Rahmenbedingungen für das **Auslandsstudium**. Im Jahr 2005 haben fast viermal so viele Deutsche im Ausland studiert wie noch 25 Jahre zuvor. Allein zwischen 2000 und 2004 ist die Zahl der Auslandsstudenten um ein Drittel auf fast 70 000 gestiegen. „Um diesen Trend fortzusetzen, müssen zusätzliche Finanzpakete geschnürt und Hochschulkooperationen ausgebaut werden“, sagt Christian Berthold vom CHE. Das bestehende Auslands-Bafög reiche nicht aus. Die CHE-Studie entwickelt auf Basis europäischer Trends zwei ergänzende Modellvorschläge ([www.che.de](http://www.che.de)).
- Mit der Auskopplung verschiedener umweltschutzrelevanter Schwerpunkte wie Schutz und Nutzung natürlicher Ressourcen, Ökologische Waldbewirtschaftung oder Grundlagen der Abfall- und Deponiewirtschaft aus dem Master-Fernstudiengang Umweltschutz bietet die Universität Rostock **Weiterbildung**. Die Kombination von Selbstlernphasen und Präsenzveranstaltungen dieser Angebote fördert ein berufs begleitendes Lernen unabhängig von Zeit und Ort. Ebenfalls im April und Mai starten Fortbildungen mit technisch integrativen Bezügen zum Umweltschutz ([www.weiterbildung-rostock.de](http://www.weiterbildung-rostock.de)).
- Die Technische Universität München geht eine Partnerschaft mit dem in Garmisch-Partenkirchen angesiedelten Teilinstitut für Atmosphärische Umweltforschung des Instituts für Meteorologie und Klimaforschung des Forschungszentrums Karlsruhe ein. Die Wissenschaftler wollen sich insbesondere auf die Erforschung der Atmosphäre und der Wechselwirkung Atmosphäre/Biosphäre konzentrieren. Als Leiter des Garmischer Instituts **Atmosphärische Umweltforschung** wurde Hans Peter E. Schmid berufen, der für diese Position aus den USA zurück gewonnen werden konnte. Die Professur für **Ökoklimatologie** wurde mit Annette Menzel besetzt.
- Ca. 3000 Schulen aus Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen können zukünftig ihre **Chemielehrer zur Fortbildung** nach Leipzig oder Jena schicken. Chemiedidaktische und methodische Konzepte, experimentelle Fortbildungen, Workshops mit Referenten aus der Industrie, neue Medien, Schülervorlesungen, neue Lehrplanthemen – das steht auf dem Programm des Chemielehrerfortbildungszentrums Leipzig-Jena.
- Von Biologie- oder **Chemielaboranten** über Verwaltungs- oder Rechtsanwaltschaftangestellte bis hin zu Feinwerkmechanikern oder Gärtnern – zurzeit erlernen rund 135 Auszubildende 15 verschiedene Ausbildungsberufe an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. Die Hochschule zählt damit zu den größten Ausbildungsbetrieben in Rheinland-Pfalz. „Diese Leistung bleibt häufig nahezu unbemerkt“, erklärt der Kanzler der Johannes Gutenberg-Universität, Götz Scholz.

# Qualitative Analyse – Trennungsgänge

## Ammoniumcarbonat-Gruppe

**1** Welche Metalle bilden an dieser Stelle im Trennungsgang schwerlösliche Carbonate?

- A Al
- B Ba
- C Ca
- D Dy
- E Er

**2** Zu welcher Gruppe im Trennungsgang gehört Be?

- A Salzsäure-Gruppe
- B Schwefelwasserstoff-Gruppe
- C Ammoniumsulfid-Gruppe
- D Ammoniumcarbonat-Gruppe
- E Lösliche Gruppe

**3** Zu welcher Gruppe im Trennungsgang gehört Mg?

- A Salzsäure-Gruppe
- B Schwefelwasserstoff-Gruppe
- C Urotropin-Gruppe
- D Ammoniumcarbonat-Gruppe
- E Lösliche Gruppe

**4** Welche dieser Erdalkaliverbindungen hat die geringste Löslichkeit in Wasser bei Zimmertemperatur?

- A  $Mg(OH)_2$
- B  $CaSO_4$
- C  $SrF_2$
- D  $BaCrO_4$
- E  $MgC_2O_4$

**5** Welche Salze der Erdkalielemente sind als leicht löslich zu bezeichnen?

- A Chloride
- B Fluoride
- C Sulfate
- D Nitrate
- E Phosphate

**6** Nach der Trennung von der löslichen Gruppe durch Fällung mit Ammoniumcarbonat löst man den Niederschlag in

- A Oxalsäure
- B Salzsäure
- C Essigsäure
- D Flusssäure
- E Ameisensäure

**7** Anschließend trennt man Ba ab durch Fällung mit

- A Schwefelsäure
- B Natronlauge
- C Aluminiumchloridlösung
- D Kaliumdichromatlösung
- E Thiocyanatlösung

**8** Was weist in obiger Fällung darauf hin, dass es sich um eine Bariumverbindung handelt?

- A Es bildet sich ein stark flockiger, voluminöser Niederschlag.
- B Es zeigt sich eine fahlgrüne Flammenfärbung.
- C Es bildet sich ein gelber Niederschlag.
- D Die Flammenfärbung ist intensiv rot.
- E Mit Diacetyldioximlösung bildet sich ein roter Komplex.

**9** Welche Ba-Verbindung ist leichter löslich als die von Ca ?

- A Hydroxid
- B Fluorid
- C Carbonat
- D Phosphat
- E Sulfat

**10** Zur Trennung von Calcium und Strontium empfiehlt der Trennungsgang folgendes Vorgehen: Die Lösung aus der Barium gefällt wurde ...

- A ... mit Ammoniak und Ammoniumcarbonat versetzen und aufkochen. Den Niederschlag, bestehend aus Carbonaten, in Salzsäure lösen und mit Ammoniumsulfatlösung versetzen.
- B ... zur Flammenfärbung bringen.
- C ... mit Schwefelsäure ansäuern. Den Niederschlag, bestehend aus Sulfaten, partiell mit Ammoniak lösen.
- D ... mit Natronlauge versetzen. Den Niederschlag, bestehend aus Hydroxiden, mit Essigsäure digerieren.
- E ... mit Ammoniumchlorid neutralisieren und anschließend ausettern.

**11** Der im Trennungsgang

erzeugte Niederschlag von Strontiumsulfat ...

- A ... ist leichter löslich als Calciumsulfat.
- B ... ist leichter löslich als Bariumsulfat.
- C ... färbt die Flamme intensiv rot.
- D ... lässt sich mit Salzsäure und Zinn aufschließen.
- E ... zeigt unter dem Mikroskop feine, zu Büscheln vereinigte Nadeln.

**12** Als letztes nachzuweisendes Element der Ammoniumcarbonat-Gruppe bleibt Calcium in Lösung. Welche Reaktion ist zum Nachweis geeignet?

- A Rote Flammenfärbung.
- B Niederschlagsbildung mit verdünnter  $NH_4OH$ -Lösung.
- C Niederschlagsbildung mit  $(NH_4OH)_2CO_3$ -Lösung.
- D Niederschlagsbildung mit  $(NH_4OH)_2C_2O_4$ -Lösung bei einem pH-Wert von etwa 6,5.
- E Niederschlagsbildung mit konzentrierter  $(NH_4OH)_2SO_4$ -Lösung.

**13** Was sind wichtige Calciumminerale?

- A Marmor
- B Coelestin
- C Gips
- D Schwerspat
- E Apatit

### Lösungen zu Seite M16 (CLB 02/2007):

1 A, B, C, D, E; 2 A, B, D; 3 B, C, D; 4 B, E; 5 B, C, D; 6 A, C, E; 7 A, B, C, D, E; 8 A, B, E; 9 A, C, E; 10 C; 11 A; 12 C, E; 13 D; 14 D; 15 A; 16 B, D.

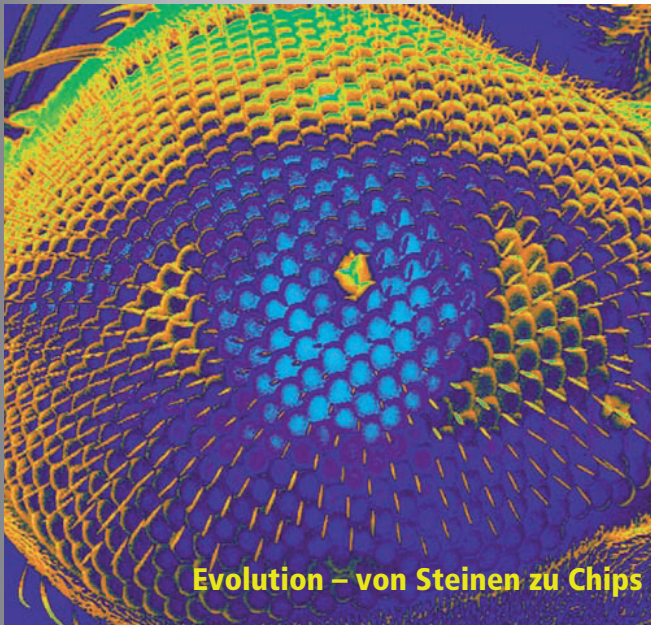
(Alle Lösungen zu Seite M24 finden Sie in CLB 04/2007 sowie auf [www.clb.de](http://www.clb.de))

# Junge Wissenschaft

D 2046 E  
Ausgabe 76  
22. Jahrgang • 01 / 2007

Young Researcher  
The Journal of Science and Technology

Jugend forscht in Natur und Technik



## Evolution – von Steinen zu Chips

### Im Wissenschaftsteil: Sieben Beiträge junger Forscher

- Wie man einen Bücherscanner baut
- Pseudoprimezahlen sorgen für Sicherheit
- Ein Holzvergaser hilft beim Rasen mähen
- Ob der Aralsee austrocknet
- Entwicklung eines Refraktometers
- Ein Büchereiprogramm für Schulen
- Seifenblasen – mathematisch schön

**FAX-Hotline:  
06223-9707-41**

Für 30 Euro pro Jahr (incl. 7 % MWSt., zzgl. Versandkosten) erhalten Sie als persönlicher Abonnent vierteljährlich die „Junge Wissenschaft“.

**Dazu als Abogeschenk das CLB-Buch Alles Repetio...**



... das Buch gibt es natürlich auch bei einem Abo der CLB ;-)

## Abo-Bestellcoupon

- JA, ich möchte die „Junge Wissenschaft“ abonnieren. Ich erhalte als persönlicher Abonnent die Zeitschrift zunächst für ein Jahr (=4 Ausgaben) zum Preis von 30,00 Euro zzgl. Versandkosten (Inland: 4,80 Euro, Ausland: 8,20 Euro). Das Abonnement verlängert sich automatisch um ein weiteres Jahr, wenn es nicht bis acht Wochen vor Ende des Bezugsjahres gekündigt wird.

Datum / 1. Unterschrift

Name / Vorname

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

Straße / Postfach

Land / PLZ / Ort

Datum / 2. Unterschrift

Telefon oder e-Mail

## Abo-Bestellcoupon

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

Datum / 1. Unterschrift

Name / Vorname

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

Straße / Postfach

Land / PLZ / Ort

Datum / 2. Unterschrift

Telefon oder e-Mail

## InCom mit LifeCom 2007

# Lob für Programm – weniger Besucher als erwartet

**V**om 12. bis zum 14. März fand an der Heinrich-Heine-Universität die InCom mit LifeCom 2007 statt – leider nicht vor „ausverkauftem Haus“. Sowohl die Anzahl der industriellen Aussteller wie auch die der Besucher war geringer als erwartet. Das Programm, das erstmals als tragende Säule Vortragsreihen mit eingeladenen Vortragenden hatte, schätzten die meisten als qualitativ sehr hochwertig ein.

Insgesamt kamen zur InCom mit LifeCom nur knapp 2000 Besucher,

obwohl allein 23 der 52 industriellen Aussteller über 4000 Ausstellerkarten an ihre spezifischen Kundenadressen versandt hatten – zusätzlich zur Bekanntmachung der InCom/LifeCom in Printmedien, auf Webseiten und per e-Mail. Damit zeigt sich – wie auch bei vielen großen Messen – leider ebenso für die Veranstaltung in Düsseldorf, dass sich das Kaufverhalten für Investitionsgüter ändert. Man informiert sich im Internet, besucht eventuell Hausmessen der Hersteller, oder bittet diese, ein Gerät in der eigenen Firma mit eigenen

Proben testen zu können. Dennoch gibt die geographische Lage der Veranstaltung in dem wohl größten europäischen Ballungsraum wissenschaftlich-technischer Aktivitäten auf den Gebieten Analytik und Lebenswissenschaften zusammen mit einem qualitativ hochwertigen Programm berechtigte Hoffnung auf eine Zukunft der InCom/LifeCom. Es zeichnet sich jedoch sowohl aus Gründen der Innovationsgeschwindigkeit wie aus solchen konkurrierender Veranstaltungen ein Zwei-Jahres-Rhythmus ab. *RK*

## Podiumsdiskussion: Zukunft der naturwissenschaftlich-technischen Berufe

# Mit Klasse gegen Masse – vom Kiga zur Uni

**A**ufrüttelnde Zahlen nannte Moderator Rolf Kickuth zu Beginn der Podiumsdiskussion über die Zukunft der naturwissenschaftlich-technischen Berufe. In Deutschland absolvieren jährlich etwa 20 000 junge Menschen ihren Abschluss in den Studienfächern Chemie, Biologie und Physik. Das ist die Wachstumsrate in China, dort werden ca. 400 000 Absolventen pro Jahr in diesen Fächern ausgebildet. Und auch Indien ist in ähnlicher Größenordnung einzuschätzen.

Auf der zweiten Abendveranstaltung der InCom mit LifeCom am 13. März an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf diskutierten über Konsequenzen, die man daraus in Deutschland eingehen sollte, Ministerialdirigent Karl-Uwe Bütof, Abteilungsleiter des Wirtschaftsministeriums Nordrhein-Westfalen (Branchen- und Industriepolitik, Außenwirtschaft), Prof. Wolfram Koch, Geschäftsführer der Gesellschaft Deutscher Chemiker, Sigrid Pfiz, neue Vorsitzende des Verbandes

Deutscher Chemotechniker und Chemisch-technischer Assistenten, Prof. Detlev Riesner, Institut für Physikalische Biologie der Universität Düsseldorf, und Peer Schatz, Vorstandsvorsitzender von Qiagen.

### Bachelor und Master helfen

Unterstützen oder schwächen bei dieser ausländischen Konkurrenz die Einführung der Bachelor- und Master-Studiengänge? Prof. Koch sieht dies positiv: Bachelor und Master bildeten eine sehr große Chance, mögliche Nachteile unseres Bildungssystems – lange Studienzeiten – zu vermeiden. Auch die Promotionquote von 90 Prozent könne zurückgehen. Nicht jeder Absolvent benötige einen Doktorgrad, um produktiv in der Industrie als Chemiker zu arbeiten.

Prof. Detlev Riesner meint, die Universität müsse sich darauf einrichten, was die Wirtschaft in fünf Jahren benötige. Bachelor und Master seien internationale Einrichtungen. „Da konnten wir uns nicht verschließen. Lan-

ge Studienzeiten sind bei allen Vorteilen hervorragender Ausbildung zu teuer.“

Und Qiagens CEO Peer Schatz mahnt: „Die Zahlen aus Asien sind die Spitze des Eisbergs. Es gibt in vielen Wissenschaften in Indien Kompetenzen, die ohne weiteres an das herankommen, was wir in Europa haben. Das ist in den Lebenswissenschaften noch nicht ganz so. Da sind wir in Europa und in den USA noch deutlich voraus. Aber allein aufgrund der Masse darf man die Herausforderung aus Indien und China nicht unterschätzen.“ Als Unternehmer müsse man – wie die Universitäten – vorausschauend handeln. Es reiche nicht, wenn man den Status Quo anschau. „Mit größter Wahrscheinlichkeit wird man auch in den Lebenswissenschaften in Asien Qualifikationsprofile finden wie hier – nicht im Prozentsatz der Ausgebildeten, aber die Masse macht’s“, fährt Schatz fort. Qiagen habe daher schon Forschungszentren in Asien aufgebaut, mit sehr guten Resultaten. Chancen für die jun-



gen deutschen Wissenschaftler bestünden auch darin, Erfahrungen in diesen asiatischen Zentren zu sammeln. Da erfahre man die ungeheure Aktivität in jenen Ländern. „Um acht Uhr abends trifft man häufig noch Ansprechpartner in den Büros an“ untermauert der Manager seine Erfahrung. Auch unternehmerisch bewege sich viel. „Wir beobachten, dass etwa 20 Prozent der von uns als besonders interessant eingestuften jungen Unternehmen in China oder Indien gegründet wurden.“

### Problem Schulausbildung

Dass auch schon vor der Ausbildung in Universitäten etwas für die Stärkung unserer wichtigsten Ressource Wissen etwas getan werden könnte betonte die VDC-Vorsitzende Sigrid Pfiz: „Ich denke, wir müssen das Interesse für die Naturwissenschaften schon in der Grundschule wecken. Mein Eindruck ist: Der naturwissenschaftliche Unterricht wird eher theoretisch gehalten. Er vernachlässigt die Alltagsaspekte, die Chemie um uns herum“. Zudem gelte es, gut ausgebildete Frauen mit einem sozialen Umfeld zu umgeben, das Kinder und Beruf gemeinsam zulasse.



Machte in seinem Grußwort auf die Notwendigkeit aufmerksam, Hochschule und Industrie besser zu verzahnen – wie es durch InCom und LifeCom schon seit Jahren geschehe: Prof. Dr. Ulf Pallme König, Kanzler der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf. Zur Neuorganisation der Universität stünden seit Jahresbeginn weitere Möglichkeiten zur Verfügung. Sie sei jetzt rechtlich selbstständig, könne im Rahmen ihres Auftrags von Forschung und Lehre unternehmerisch handeln.

Und Ministerialdirigent Karl-Uwe Bütof weist auf eine andere zu fördernde Gruppe in unserer Gesellschaft: „Wir müssen ebenso mehr älteren Menschen Tätigkeiten in naturwissenschaftlich-technischen Berufen ermöglichen“. Insbesondere aber gelte es zu vermitteln, dass die Kultur Deutschlands in Zukunft mehr durch Naturwissenschaft und Technik als durch schöne



„Wir müssen uns spezialisieren“, so Prof. Dr. Dr. Alfons Labisch, Rektor der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, in seinem Grußwort. Dies sei nötig, um in der Konkurrenz unter den Universitäten – auch jenen im Ausland – zu bestehen. Ein Mittel dazu seien verstärkte Kooperationen, etwa solchen, wie sie die Uni Düsseldorf sehr erfolgreich – neben der RWTH Aachen – mit dem Forschungszentrum Jülich betreibt. Am FZ Jülich befänden sich sieben C4/B3- und fünf C3/B2-Lehrstühle der Uni Düsseldorf.

Künste profitieren werde. Das Bewusstsein dafür müsse geweckt werden. Zudem müssten Wissenschaft und Wirtschaft an einem Strang ziehen. Die Zusammenarbeit sei noch unzureichend. Insbesondere um Marl herum bilde sich jetzt aber ein Cluster Chemie. Sowohl die Wirtschaft als auch das Land investierten hier Geld.

„Die Spitze des Eisbergs“ sieht Peer Schatz (2.v.r.), Vorstandsvorsitzender von Qiagen, eins der größten Biotech-Unternehmen Europas, hinsichtlich der jetzigen jährlich ausgebildeten Physiker, Chemiker und Biologen in asiatischen Ländern wie Indien und China. Maßnahmen zur weiteren Stärkung Deutschlands in diesen Bereichen diskutierten (v.l.) Prof. Detlev Riesner als Vertreter von Lehre und Forschung der Universität Düsseldorf, Sigrid Pfiz, die neue Bundesvorsitzende des Verbandes Deutscher Chemotechniker und Chemisch-technischer Assistenten (VDC), Ministerialdirigent Karl-Uwe Bütof, Abteilungsleiter des Wirtschaftsministeriums NRW (Branchenpolitik, Außenwirtschaft), Moderator Rolf Kickuth und Prof. Wolfram Koch (rechts), Geschäftsführer der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh).



### „Sträfliche Vernachlässigung“

Eine sträfliche Vernachlässigung der naturwissenschaftlichen Erziehung in den Schulen beklagte Prof. Wolfram Koch. Es gebe Untersuchungen, dass Kinder gerade im Grundschulbereich besonders offen seien, sich in Naturwissenschaft und Technik zu engagieren. „Hier passiert hinsichtlich einer Förderung aber so gut wie gar nichts, weil zum Teil die Lehrer überfordert sind, Lehrpläne dies nicht vorsehen oder aber im Sachkundeunterricht Beispiele aus der belebten Natur ausgewählt werden, so wie die Lehrer es früher selbst gelernt haben. An andere Themen trauen sie sich nicht heran; dazu gibt es Untersuchungen. Hier besteht ein großer Handlungsbedarf“, stellte der GDCh-Geschäftsführer fest. Dann sehe man in dieser größten europäischen Wissenschaftsorganisation mit etwa 28 000 Mitgliedern mit Schrecken, dass es im Zuge der Einführung des achtjährigen Gymnasiums gerade die naturwissenschaftlichen Fächer seien, die unter Kürzungen zu leiden hätten. „Wir benötigen aber naturwissenschaftliche Kenntnisse nicht nur für unsere wirtschaftlichen Leistungen, sondern auch, um sinnvoll am

gesellschaftlichen Diskurs teilnehmen zu können; man denke nur an Fragen der Energieerzeugung, der Klimaproblematik. Wenn wir unseren Bürgern nicht die Voraussetzungen vermitteln, mit diesen Dingen umzugehen, werden wir Problemen haben, notwendige Maßnahmen politisch umzusetzen“, zeigte Koch die gesellschaftliche Dimension der naturwissenschaftlich-technischen Bildung auf.

### Interdisziplinarität bedeutsam

Als besonders bedeutsam in diesem Zusammenhang stellte Peer Schatz auch die Interdisziplinarität heutiger Projekte und Programme mit der dazugehörigen Ausbildung, Forschung und Entwicklung heraus. „Das Thema Kommunikation hat innerhalb eines Unternehmens gewaltig an Bedeutung gewonnen. Wir müssen interdisziplinär arbeiten. Interesse für Kommunikation miteinander sollte auch bereits im Studium vermittelt werden“, so Schatz. Dazu gehöre auch, dass der Forschungsauftrag der Universitäten seine Bedeutung behalte, man sich nicht nur auf den Ausbildungsauftrag konzentriere.

Damit gab Schatz ein Stichwort an Prof. Riesner. „Die Biologie ist dadurch gekennzeichnet, dass sie sich in den letzten 30 Jahren eine Industrie geschaffen hat, was die Chemie schon vor 100 Jahren geleistet hat. Erfreulicherweise arbeiten in der Biologie zu 50 Prozent Frauen; vielleicht kann dies auch ein Vorbild sein“, so der erfolgreiche Uni-Lehrer und Unternehmens-Mitbegründer. „Die Innovationstreiber sind oft kleine und mittlere Unternehmen, die KMUs. Sie stellen eine Brücke zwischen Akademie und Industrie dar, weil sie noch dicht an der Universitätsforschung dran sind. Man kann die Politik nicht oft genug darauf hinweisen, dass sie die Randbedingungen zu deren Gründung stärkt. In der Schweiz beispielsweise kann man sehr viel flexib-

ler auf die Belange der KMUs eingehen“, mahnte Riesner. Interdisziplinarität sei hier in Düssel-dorf gut ausgebildet. Man habe beispielsweise gerade das Fach Medizinische Physik eingerichtet; Biotechnologie werde wohl nicht mehr lange auf sich warten lassen.

Ministerialdirigent Bütof ergänzte: Sicherlich fehle es in Deutschland an – finanzieller – Flexibilität bei der Einrichtung kleiner Unternehmen. Ein wichtiger Grund dafür sei das Risiko-orientierte Denken in Deutschland. „Zwingend bei unserer demografischen Entwicklung muss auch die Frage gelöst werden, wie wir Fachkräfte aus dem Ausland einwerben und integrieren“, stellte Bütof einen weiteren Punkt mit gesellschaftlichem Streitwert in die Diskussion.

### Sichere Assistenzberufe

Erfreulicherweise konnte Sigrid Pfiz ein Berufsfeld mit Bestand – auch in Zeiten von Automatisierung und Internationalisierung – präsentieren: Die Assistenzberufe. Sie seien schon in den letzten zehn Jahren eine wichtige Säule der wissenschaftlich-technischen Entwicklung gewesen. Auch in Zukunft benötige man Fachkräfte, die immer kompliziertere Apparate bedienen könnten. Zum Glück seien die entsprechenden Ausbildungen kurz, in der Regel zwei Jahre. Von daher seien es Ausbildungen, die flexibel sind. Und Pfiz stellte klar: „Keine Assistenzausbildung endet in der Sackgasse. Die Assistenten können sich nach zwei, drei Jahren im Beruf auch zu einem Fernstudium oder sogar einem Universitätsstudium entscheiden. Die Ausbildung wird an den meisten Universitäten angerechnet.“ Es gebe Studien, dass der Bedarf an Assistenten im naturwissenschaftlich-technischen Bereich zunehmen werde. Von daher könne man hier von einem sicheren Berufsbild ausgehen. RK



## Telekom-Stiftung fördert Experimentierküche am Deutschen Museum in Bonn Lebendige Vermittlung von Wissen und Kreativität

**E**in fiktiver Raub mit Klärung der Indizienlage durch einfache chemische Analytik veranschaulichte den Zuschauern am 29. März in Bonn, wie man Naturwissenschaft unterhaltsam vermitteln kann. Anlass der Aufführung: Die Eröffnung der Experimentierküche am Deutschen Museum in Bonn. Hauptsponsor: die Deutsche Telekom Stiftung. Wissenschaftlicher Ideengeber und Hauptakteur: CLB-Mitherausgeber Prof. Georg Schwedt.

Schluss mit trockener Theorie: In der neuen Experimentierküche wird erhitzt und gekühlt, gemischt und getestet. In spannenden Versuchen mit Produkten aus dem Supermarkt entdecken Schülerinnen und Schüler, wieviel Chemie im Alltag steckt. Sie stellen Gummibärchen her, erhalten Ernährungstipps oder lernen, Haarwasmittel von Flüssigseife zu unterscheiden. Diese Erfahrungen sollen dazu beitragen, Begeisterung für die Wissenschaft zu stärken und Berührungängste abzubauen.

Das Programm der Experimentierküche richtet sich an weiterführende Schulen, aber auch Grundschulklassen können ein altersgerechtes Angebot buchen. Das Schülerlabor ist eine Kooperation der Deutsche Telekom Stiftung und des Deutschen Museums Bonn. Die Partner arbeiten bei Konzeption, Aufbau und Weiterentwicklung der Experimentierküche zusammen. Ideengeber ist Georg Schwedt, der mit Experimentalvorträgen unter anderem zur Chemie von Supermarktprodukten bundesweit bekannt wurde. Weiterer Förderer der Einrichtung ist der Fonds der Chemischen Industrie. Projektpartner sind außerdem die Bezirksregierung Köln, die Chemieverbände Nordrhein-Westfalen, das Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften der Universität Bonn (IEL) und das

Schulamts für die Stadt Bonn. Ebenso unterstützen die Alte Apotheke, die Anne-Frank-Schule sowie das Beethoven-Gymnasium aus Bonn und die Deutsche Metrohm GmbH & Co. KG aus Filderstadt die Einrichtung.

„Schülerlabore sind aus der deutschen Bildungslandschaft nicht mehr wegzudenken, stehen aber in der bildungspolitischen Diskussion noch zu sehr im Hintergrund“, erklärte Dr. Ekkehard Winter, Geschäftsführer der Deutsche Telekom Stiftung zur Eröffnung. „Mit unserem Engagement wollen wir dazu beitragen, dass dieses Thema mehr Aufmerksamkeit erhält. Die Experimentierküche wird sich dabei hoffentlich zu einem Paradebeispiel für einen gelungenen und modernen außerschulischen Lernort entwickeln.“ Die Stiftung finanziert die Experimentierküche über drei Jahre mit insgesamt 165 000 Euro. Wie der Stiftungsvorsitzende Dr. Klaus Kinkel erläuterte, soll die naturwissenschaftlich-technische Förderung Jugendlicher einen besonderen Platz in der Stiftung einnehmen.

Museumsleiterin Dr. Andrea Niehaus betonte: „Das Deutsche Museum Bonn stellt die wichtig-



Strahlende Freude über die neue Einrichtung bei der Museumsdirektorin Dr. Andrea Niehaus (li.) und der Leiterin der Experimentierküche, Dr. Kirsten Bohnen (Fotos: Kickuth).

ten naturwissenschaftlich-technischen Entwicklungen neuerer Zeit in lebendiger Form dar und setzt sie in Zusammenhänge. Zudem vermittelt es Kreativität und Innovationskraft.“

Die Programme der Experimentierküche dauern etwa 90 Minuten und werden von Studierenden der Universität Bonn geleitet. Das Angebot richtet sich in erster Linie an Schulklassen der Jahrgangsstufen drei bis zehn, steht aber auch anderen Gruppen und Einzelpersonen offen. RK

Wie er vom Verdacht des fiktiven Diebstahls entlastet wurde betrachtete kritisch der Vorsitzende der Deutschen Telekom Stiftung, Dr. Klaus Kinkel (rechts), bekannt als Außenminister; etwa ein Jahr lang war er auch Justizminister. Prof. Georg Schwedt war nicht nur Analytiker, sondern auch Ideengeber der Experimentierküche. Ihm assistierten zwei Schüler. Eine Schauspieler-Kommissarin hatte das Experiment angestoßen.



## Weitere Schritte hin zum Quantencomputer

# Skalierbare Qubit-Falle mit Speicher und Prozessor

**D**as Institut für Quanteninformationsverarbeitung der Universität Ulm hat nach eigenen Angaben die erste Mikrochipfalle in Europa realisiert, die für Experimente auf dem Weg zum skalierbaren Quantencomputer genutzt wird. Mitte Februar hatte die kanadische Firma D-Wave Systems aus Vancouver zur Demonstration des ersten Kommerz-nahen Quantenrechners eingeladen.

In Ulm entwickelten Stephan Schulz und Prof. Dr. Ferdinand Schmidt-Kaler den Prototypen der dreidimensionalen linearen Mikrochipfalle, die einzelne  $\text{Ca}^+$ -Ionen speichert, angeordnet wie Perlen auf einer Kette. Jedes einzelne Ion stellt ein Quantenbit dar, analog zu

den Bits eines alltäglichen Computers. Der zukünftige Quantencomputer wird durch die Nutzung der Quantenbits bisher unlösbare Probleme aus Informatik und Naturwissenschaft mit außergewöhnlichen Rechenleistungen lösen.

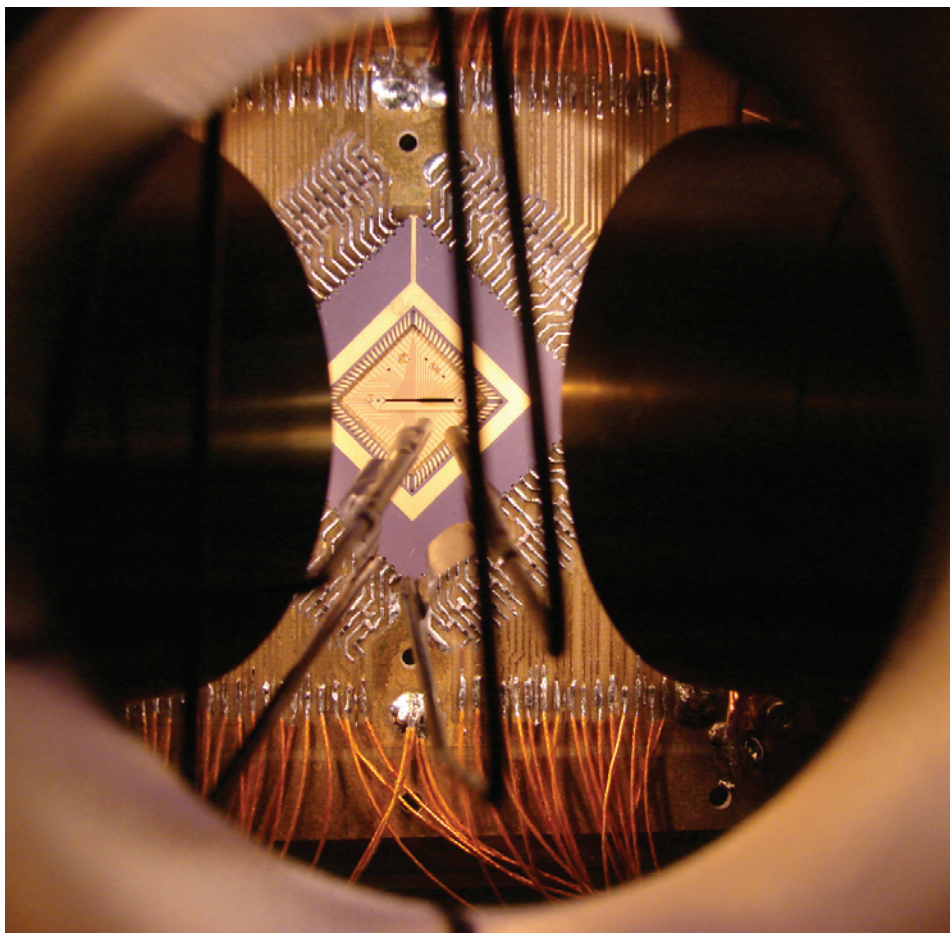
In der neuartigen Mikrochipfalle werden die  $\text{Ca}^+$ -Ionen durch elektrische Felder gespeichert. Eine Vielzahl von einzelnen Kontrollsegmenten erlaubt erstmals parallel die Aufteilung der Ionenketten in separierte Einzelionen, die kontrolliert durch elektrische Spannungen verschoben werden. Für die Operationen des Quantencomputers werden einzelne Ionen mit Laserpulsen manipuliert und das Rechenergebnis optisch ausgelesen.

Die neue Mikrochipfalle ist aufgrund der Anzahl ihrer Kontrollsegmente weltweit einzigartig. Damit verfügt sie erstmals über einen getrennten Speicher- und Prozessorbereich, um die Skalierbarkeit eines Quantencomputers mit einzelnen Ionen zu demonstrieren. Ziel ist die Speicherung und Verarbeitung von etwa 100 Quantenbits – entsprechend einer Leistungsfähigkeit, die jeden herkömmlichen Computer weit übertrifft.

Das an der Universität Ulm entwickelte Quanten-Device ist das Referenzdesign für die von der EU geförderte Entwicklung von skalierbaren Ionen-Quantencomputern.

Der kanadische „Orion“ genannte Quantenprozessor ist ein fingernagelgroßer Chip mit 16 kreisförmigen Stromschleifen aus dem Metall Niob. Von Dämpfen flüssigen Heliums auf fünf tausendstel Grad über den absoluten Nullpunkt gekühlt verlieren die Leiterschleifen ihren elektrischen Widerstand und werden supraleitend. Dabei treten Quantenphänomene auf. Die Leiterschleifen auf dem Chip sind schachbrettartig angeordnet und bilden ein System aus 16 gekoppelten Qubits, die sich über ihre Magnetfelder gegenseitig beeinflussen. Bereits im kommenden Jahr will D-Wave Systems einen Quantenchip mit 1000 gekoppelten Qubits darstellen. Das wäre eine Größenordnung, die als kommerzieller Quantencomputer eingestuft werden könnte. Der Quantenchip aus Kanada ist zum Beispiel dafür geeignet, um das Verhalten quantenmechanischer Systeme zu simulieren. Mit klassischen Computern lassen sich die Energiezustände komplexer Moleküle nur näherungsweise berechnen. Experten äußerten sich jedoch skeptisch darüber, ob die kanadische Firma wirklich 2008 den Quantenprozessor mit 1000 gekoppelten Qubits vorstellen kann..

Der Mikrochip einer Größe von 11 mm x 11 mm besteht aus 64 einzeln ansteuerbaren Elektroden und wird mit einer Frequenz von 24 MHz im Ultrahochvakuum betrieben (Abb.: Universität Ulm).



## Chancen für die Panspermia-Hypothese

# 400 000 Atmosphären überlebt

**E**ntwickelten sich die ersten Lebensformen nicht auf der Erde, sondern wurden mit einem Gesteinsbrocken aus dem All auf den Planeten geschleudert? Untersuchungen zeigen, dass Mikroben eine solche Reise überleben können.

Transportmittel für solche Mikroben könnten Gesteinsbrocken gewesen sein, die bei einem Meteoriteneinschlag aus einem Planeten geschlagen wurden. Die Idee nennt sich Panspermia-Hypothese. Die Kleinstlebewesen hätten bei solchen Reisen hohe Drücke aushalten. Sie entstehen, wenn ein Meteorit auf den Planeten donnert und dann wieder Steine ins All schleudert. Immerhin können Drücke bis zum 500 000-fachen des Atmosphärendrucks dabei auftreten.

Forscher des Fraunhofer-Instituts für Kurzzeiddynamik (Ernst Mach Institut, EMI) simulierten die Druckwelle, die auf dem Mars beim Einschlag eines Meteoriten entsteht. Dazu brachten sie einen Sprengstoffzylinder zur Detonation, der eine Metallplatte beschleunigte. Diese Metallplatte wiederum traf auf einen Probenbehälter aus Stahl, in dem zwei dünne Gesteinsplättchen eingebaut waren, zwi-

schen denen sich eine Schicht aus Mikroben befand. Traf die Metallplatte auf den Probenbehälter, entstand eine Druckwelle, die durch die Gesteinsplättchen und die Mikrobenschicht hindurch lief. Das Erstaunliche: Selbst bei 400 000-fachem Atmosphärendruck überlebten etwa ein Zehntausendstel der Mikroben den Aufprall der Metallplatte. Der Hauptgrund dafür: Der unwirtliche Druck dauerte nur einige Sekundenbruchteile an – ähnlich wie beim Einschlag eines Meteoriten.

Da das Gestein, das durch den Meteoriten herausgeschlagen wird, meist kleine Spalten und Risse aufweist, haben die Experten zudem porösen Stein als „Ufo“ untersucht. Das Ergebnis: Auch hier überleben die Mikroorganismen. Die Poren in den Meteoriten bieten den kleinen Lebewesen noch einen anderen Vorteil: Je mehr und je tiefere Löcher das Gestein aufweist, desto besser können sie sich auf ihrer Reise durch das All vor UV-Strahlung, dem Sonnenwind und der Eiskälte schützen – und desto größer sind die Überlebenschancen. Das haben die Projektpartner vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt DLR herausgefunden.



Nach dem Sprengversuch ist der Stahlklotz durch die starken Druckwellen zerstört. Der Probenbehälter im Zentrum, in dem sich zwischen zwei Gesteinsplatten die Mikroorganismen befinden, ist noch intakt (Abb.: Fraunhofer EMI).

### Krebs: Mechanismen und Möglichkeiten

- **Prostatakarzinome** zählen zu den Tumoren, die sich im Körper bewegen und damit ihre Lage verändern. Mit Hilfe von Röntgendiagnostik und Computertomographie kann die Tages-Organlage des Patienten vor der Bestrahlung festgestellt werden. So können Mediziner des Dresdner Zentrums „OncoRay“ Tumoren präziser bestrahlen, weniger gesundes Gewebe wird geschädigt und die Nebenwirkungen gehen zurück. Das neue Verfahren erlaubt sogar eine Erhöhung der Strahlendosis, was die Heilungschancen von Prostatakrebs in Zukunft erheblich verbessert.

- **Chronisch entzündliche Darmerkrankungen** wie Morbus Crohn oder Colitis ulcerosa werden durch Darmbakterien ausgelöst, die durch Lücken in der Epithelschicht in die Darmwand eindringen. Dort erzeugen sie eine starke Entzündungsreaktion. Wissenschaftler der Universitäten Köln und Mainz haben das zelluläre Überlebenssignal NF-Kappa-B in Epithelzellen entdeckt, das für die Unversehrtheit des Epithels verantwortlich ist. Die Erkenntnis, dass eine gestörte Aktivierung des NF-Kappa-B Signalweges im Darmepithel zur Entstehung einer Darmentzündung führen kann, eröffnet neue Therapiestrategien.

- **Darmkrebs-Patienten** haben nach der Entfernung des Tumors noch viele Jahre lang ein erhöhtes Risiko, dass der Tumor lokal wieder auftritt oder dass sich Metastasen bilden. Wissenschaftler aus dem DKFZ suchten nach Faktoren, die frühzeitig Hochrisikopatienten identifizieren. Es zeigte sich, dass große Mengen des Enzyms uPA und seines Rezeptors uPAR einen ungünstigen Verlauf erwarten lassen. Die Bindung von Transkriptionsfaktoren an den uPAR-Promoter ist ein neuer und früher Prognosefaktor für Darmkrebs.

- **Tabakrauch** ist ein Gemisch aus über 4800 Stoffen, von denen mehr als 70 Substanzen Krebs erzeugen und das Erbgut schädigen können. Das DKFZ erklärt, dass für Kanzerogene des Tabakrauchs keine Grenzwerte angegeben werden können. Tabakrauch enthält Feuchtigkeit, benetzt dadurch Oberflächen und entlässt mit der Zeit seine zahlreichen krebs erzeugenden Komponenten. Folglich verbleiben selbst bei sehr guter Entlüftung immer noch genügend Substanzen im Raum, von denen ein Krebsrisiko ausgeht.

- **Tabak** löst oxidative Schäden der DNA aus und ist dadurch der bedeutendste Risikofaktor für Mundhöhlenkrebs. Die Vitamine A, C und E sowie Karotinoide wirken antioxidativ. Forscher des DKFZ stellten fest, dass in Nahrungsmitteln enthaltenes, nicht aber nahrungsergänzendes Vitamin C in 50 Prozent der Fälle der Mundhöhlenkrebs-Entwicklung entgegenwirkten. Alpha-Karotin und Beta-Cryptoxanthin wirkten sowohl in Form von Nahrungsmitteln, als auch in Nahrungsergänzungsmitteln vorbeugend gegen Mundhöhlenkrebs. Vitamin E und Beta-Karotinoide hingegen verstärkten das Vorkommen von Mundhöhlenkrebs, besonders in Form von Nahrungsergänzungsmitteln.

## Proteine, Gene und Hormone

**Parodontitis** ist eine Infektion in der Mundhöhle, die zur Zerstörung des Zahnhalteapparates führt. Bisher können regenerative parodontal-chirurgische Eingriffe nur Teile des zerstörten Zahnbettes wieder herstellen. Wissenschaftler der Universität Witten/Herdecke erforschen die Chancen, mittels zuvor entnommener körpereigener Stammzellen verloren gegangenes Parodont neu wachsen zu lassen.

**Bei neurodegenerativen Erkrankungen** wie die Parkinson- oder die Alzheimer-Krankheit sterben Nervenzellen im Gehirn unkontrolliert ab. Wie lange Neuronen leben, hängt unter anderem von Nervenwachstumsfaktoren ab. Wissenschaftler vom Max-Planck-Institut für Neurobiologie in Martinsried konnten zeigen, dass sowohl GDNF (glial cell line-derived neurotrophic factor) als auch sein Rezeptor namens Ret notwendig sind, um Nervenzellen ein langes Überleben zu ermöglichen.

**Die Pest** kommt in Entwicklungsländern in Form begrenzter Ausbrüche immer wieder vor. Zur schnellen Eindämmung ist eine frühzeitige und exakte Diagnose vor Ort wichtig. Wissenschaftler am Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung in Braunschweig haben einen Test entwickelt, mit dem *Yersinia pestis* auch außerhalb von Laboren zuverlässig identifiziert und quantifiziert werden kann. Dabei nutzen sie Antikörper, die an das bakterielle Protein YPF1 binden.

**Allergien** plagen in Deutschland mittlerweile bis zu 40% der Bevölkerung. Wissenschaftler des Homburger Instituts für Pharmakologie haben einen bisher unbekannt Mechanismus identifiziert, der bei der Auslösung von Allergien und allergischen Reaktionen eine entscheidende Rolle spielt. Die Wissenschaftler konnten zeigen, dass der Ionenkanal TRPM4 die Bereitschaft des Körpers erhöhen kann, auf Allergene zu reagieren. Die Experimente eröffnen die Möglichkeit, Aktivator des Ionenkanals als neue Arzneimittel zur Behandlung allergischer Erkrankungen zu entwickeln.

**Kohlenstoffnanoröhrchen** können bei der Aufnahme in Zellen andere Moleküle miteinschleusen. Forscher der Stanford University knüpften Phospholipide an Polyethylenglycol-Ketten. Die Phospholipide kleben an die Außenwand der Nanoröhrchen, die Polyethylenglycol-Ketten ragen in die umgebende Lösung. An deren Enden wurden RNA-Moleküle (interferierende RNA) befestigt, die die Herstellung des HIV-Rezeptors CD4 blockierten. Eine HIV-Infektion kann auf diese Weise deutlich verlangsamt werden.

**Das Adeno-Assoziierte Virus (AAV)** ist für Menschen ungefährlich und integriert seine genetische Information nicht in das Genom infizierter Zellen. Es wird daher als Transport-Vehikel in Gentherapien verwendet. Wissenschaftlern der Universitätsmedizin Göttingen ist es erstmals gelungen, in einer Maus die erblich bedingte tödliche Stoffwechselerkrankung Molybdän-Cofaktor Defizienz mittels Gentherapie zu heilen.

## Weltstärkster Neutronenexperiment-Magnet 17,8 Millionen Euro für 30 Tesla

**2,5 Tesla bis zirka 30 Tesla wird der neue Hochfeldmagnet erzeugen, der bis 2011 am Hahn-Meitner-Institut Berlin (HMI) entsteht. Dazu wurde jetzt ein Kooperationsvertrag zwischen dem HMI und dem National High Magnetic Field Laboratory (NHMFL) Tallahassee (Florida State University) unterschrieben.**

Das mit dem Magneten zu erzeugende Feld ist etwa eine Million mal so stark wie das Erdmagnetfeld. Das Tallahassee-Institut wird ihn für etwa 8,7 Millionen Dollar bauen, weitere zehn Millionen Euro kostet die notwendige Infrastruktur, zu der Anlagen für Kühlung und Stromzufuhr gehören. Das insgesamt 17,8 Millionen Euro umfassende Projekt wird zu 90 Prozent vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) finanziert, den Rest trägt die Senatsverwaltung für Bildung, Wissenschaft und Forschung des Landes Berlin.

In den Magneten können Proben eingebracht und mit Neutronen beschossen werden – eine Kombination, die es erlaubt, tief in die Struktur komplexer Materie zu schauen und Vorgänge zu untersuchen, die nur in extrem starken Magnetfeldern sichtbar werden. Der Magnet und die zugehörigen Neutroneninstrumente sind Vielzweckgeräte. Sie erlauben Experimente zu vielen verschiedenen aktuellen Fragestellungen aus der Physik, Chemie, Biochemie und den Materialwissenschaften. Die Suche nach einem grundsätzlichen Verständnis der Hochtemperatursupraleitung wird eines der zentralen Themen sein. Geplant sind auch Arbeiten zu magnetischen Eigenschaften komplexer Materie und zu ungewöhnlichen, durch die Gesetze der Quantenphysik bestimmten Prozessen.

Das Kernstück des Hochfeldmagneten, das Spulensystem, besteht aus einem liegenden metallischen

Zylinder mit einem Durchmesser von etwa einem Meter. Markant sind die trichterförmigen Öffnungen auf beiden Seiten. Die Trichter machen den Magneten zu einem Spezialgerät für Neutronenexperimente: Sie ermöglichen, dass die Neutronen im Öffnungswinkel der Trichter ungestört zur untersuchten Probe und von dort zu den Detektoren gelangen können, wo sie nachgewiesen werden. Dabei befindet sich die Probe genau in der Mitte des Magneten an der engsten Stelle, an der die beiden Trichter aufeinander treffen.

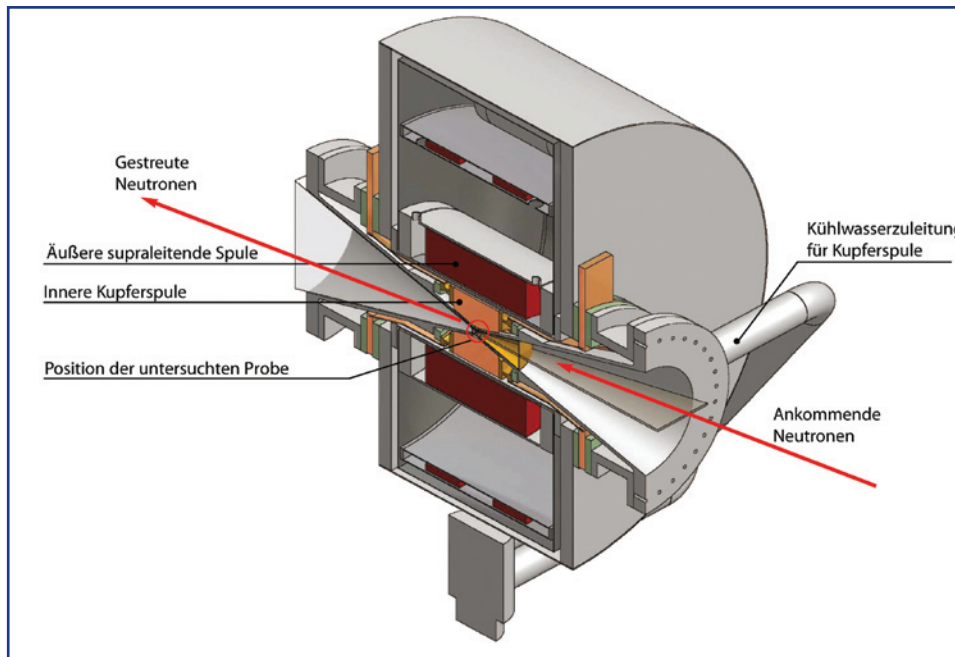
Die beiden Zugänge für die Neutronen machen den Aufbau des Magneten aber auch besonders schwierig, denn üblicherweise baut man starke Magnete als zylinderförmige Spulen mit möglichst geringem Innendurchmesser. Dabei ist die Konstruktion eines Hochfeldmagneten wegen der extremen Kräfte, denen die Bauteile ausgesetzt sind, grundsätzlich eine große technische Herausforderung. Das Funktionsprinzip des Magnetsystems gleicht dem anderer Elektromagnete: Zwei stromleitende Spulen um den Doppeltrichter herum erzeugen gemeinsam das Magnetfeld. Weniger gewöhnlich sind die Details: Die äußere Spule besteht aus dem supraleitenden Material Niob-Zinn (Nb<sub>3</sub>Sn), das bei der Betriebstemperatur des Magneten (minus 269 Grad Celsius) seinen elektrischen Widerstand verliert. Bündel des supraleitenden Materials sind in Edelstahlrohren fixiert und werden durch flüssiges Helium gekühlt, das durch die Rohre fließt. Dieser „Cable-in-Conduit-Leiter“ (CIC) ermöglicht die hohen Ströme von 20 000 Ampere.

Wegen des hohen Feldes können im Zentrum des Spulensystems nur konventionelle Normalleiter wie Kupfer verwendet werden, da das Magnetfeld dieses Material nicht negativ verändert. Supraleiter hingegen würden die Eigenschaft der

Supraleitung verlieren. Die innere Spule ist daher aus stabilen Kupferplatten aufgebaut. Diese sind so aneinander montiert, dass sich die Form einer Spirale ergibt. Die supraleitende und die Kupferspule sind elektrisch in Reihe geschaltet, so dass der Strom von 20 000 Ampere zunächst durch die supraleitende und dann durch die Kupferspule fließt. Die Kupferspulen müssen im Betrieb mit Wasser gekühlt werden, um die freiwerdende Energie abzuführen. Aufgrund des elektrischen Widerstandes sind das bis zu acht Megawatt.

Dank dieser Kombination zweier verschiedener Spulen – der Hybridbauweise – kann ein Magnet mit optimalen Eigenschaften gebaut werden: Der Einsatz der supraleitenden äußeren Spule hilft, den Stromverbrauch deutlich zu verringern – auf ein Drittel des Wertes einer reinen Kupferspule. Die innere Kupferspule macht es möglich, Felder zu erreichen, die ein Supraleiter prinzipiell nicht erzeugen kann, da er bei so hohen Feldern die Eigenschaft der Supraleitung verlieren würde. Eine dritte – die äußerste – Spule erzeugt ein Gegenfeld und schirmt so die Umgebung gegen den Hochfeldmagneten ab. Schon in 15 Meter Entfernung ist nur noch das Erdmagnetfeld vorhanden. Bei Maximalfeld ist im Magnetsystem eine Energie bis zu 50 Megajoule gespeichert, was dem Energieinhalt von mehreren Litern Benzin entspricht. Mit dieser Energiemenge könnte ein Kleinwagen bis zu 100 Kilometer weit fahren.

Die beiden Neutronenzugänge des Magneten werden Öffnungswinkel von 30 Grad haben. Dieser Öffnungswinkel, der für die Magnettechnik die Grenzen des Machbaren darstellt, sind für die Experimentatoren zunächst zu klein. Neutronen, deren Geschwindigkeit oder Energie außerhalb eines bestimmten Korridors liegt, würden abgelenkt und für das Experiment verloren gehen. ExED – ein genau an den Hochfeldmagneten angepasstes Neutroneninstrument – musste deshalb entwickelt und gebaut werden. Damit kann



man Neutronen unterschiedlicher Geschwindigkeit verwenden und dennoch die vollständige Information über die untersuchten Substanzen erhalten. Möglich macht dies das Flugzeitprinzip – ein Verfahren, bei dem in einem Experiment Pulse von Neutronen mit verschiedenen Geschwindigkeiten eingesetzt werden können. Solche Pulse werden in dem Gerät von sechs „Choppern“ erzeugt. Die Chopper sind runde Scheiben mit einem „Fenster“ am Rand. Sie werden in den Strom der einkommenden Neutronen eingebaut. Im Betrieb drehen sie sich mit Geschwindigkeiten von bis zu 15 000 Umdrehungen pro Minute. Die meiste Zeit blockieren sie die Neutronen, lassen aber immer welche durch, wenn das „Fenster“ in den Teilchenstrom tritt. Eine Besonderheit des Gerätes ExED ist, dass hier Neutronen unterschiedlichster Geschwindigkeit verwendet werden können. An anderen Anlagen des Hahn-Meitner-Instituts werden entweder schnelle (thermische) Neutronen hoher Energie genutzt, also Neutronen, die direkt aus dem Reaktor kommen, oder abgebremste (kalte) Neutronen niedriger Energie. Eine spezielle Technik, die hier erstmals zum Einsatz kommt, macht es möglich, beide Arten von Neutronen in einem Gerät zusammenzuführen.

Querschnitt durch den neuen Hochfeldmagneten des HMI. Das Institut betreibt seine Anlagen im Berliner Zentrum für Neutronenstreuung (BENS) als Dienstleistung für Wissenschaftler von Universitäten, anderen Forschungseinrichtungen und aus der Industrie (Abb.: HMI).

### Trendbarometer Förderungen

- Mit der Entwicklung und Charakterisierung von **metallischen Werkstoffen** für Anwendungen bei extrem hohen Temperaturen, wie sie bei Kraftwerksturbinen, Flugzeugtriebwerken oder auch in automobilen Verbrennungsmaschinen auftreten können, befassen sich in den nächsten drei Jahren Wissenschaftler von fünf deutschen Universitäten (Bayreuth, Magdeburg, Braunschweig, Bochum und Siegen). Die geplante Gesamtlaufzeit beträgt sechs Jahre. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) fördert diese Forschergruppe mit rund 1,6 Millionen Euro.
- Das Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin (MDC) Berlin-Buch, die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) Berlin und die Firma Siemens haben im MDC einen Vertrag über einen **7-Tesla-Ganzkörper-Magnetresonanztomographen** für die medizinische Forschung unterzeichnet. Er hat ein Finanzvolumen von fast 8 Millionen Euro.
- Ein neues Großgerät im Wert von 1,1 Millionen Euro ging jetzt an der Justus-Liebig-Universität Gießen in Betrieb. Das **Flugzeit-Massenspektrometer** „TOF. SIMS 5“ der deutschen Firma ION-TOF aus dem westfälischen Münster ergänzt die Grundausstattung der Materialwissenschaften im Hinblick auf nanotechnologische und bioanalytische Fragestellungen..

## Mutation

# Der Schrecken der Genetik?

**Z**itat: „Mutation ist ein Spiel mit dem Zufall, eines, das wir alle spielen müssen und bei dem wir alle verlieren. Aber einige von uns verlieren dabei mehr als andere.“[1]

Liest man diese Aussage, die Armand Leroi, ein Dozent für evolutionäre Entwicklungsbiologie, in seinem Buch „Tanz der Gene“ macht, bekommt man den Eindruck, dass Mutation etwas sehr Negatives ist, und tatsächlich hat der Begriff „Mutation“ und noch mehr das Wort „Mutant“ im Sprachgebrauch meist einen sehr negativen Beigeschmack. Schließlich werden alle möglichen Erbkrankheiten und Missbildungen durch Mutationen ausgelöst. So sind auch die verschiedenen Formen von Krebserkrankungen, die zu einem hohen Prozentsatz die Todesursache der Bevölkerung ausmachen, auf Mutationen in einzelnen Zellen zurückzuführen. In Anbetracht dessen liegt es nahe, die Mutation als Schrecken der Genetik anzusehen. Doch bevor man ein solches Urteil fällt, sollte man sich genauer mit Mutationen beschäftigen.

Zunächst muss erwähnt werden, dass es bei einer Mutation oft entscheidend ist, in welchem Stadium der Entwicklung sie auftritt. Grundsätzlich kann man sagen: Je früher es zu einer Mutation kommt, desto größer sind auch die Folgen für den betroffenen Organismus.

Tritt in einer somatischen, also einer Körper-Zelle, eine Mutation auf, ist die Auswirkung vergleichsweise gering, besonders wenn der Organismus bereits ausgewachsen ist. Dann trägt nur diese eine Zelle die Mutation, alle anderen Zellen dieses Organismus sind „normal“. Handelt es sich dabei um eine Mutation, die zum Absterben der Zelle führt (oftmals werden mutierte somatische Zellen zum „Selbstmord“ gezwungen), gibt es im Organismus

einfach eine Zelle weniger, die sofort wieder ersetzt werden kann.

Findet die Mutation jedoch in einer Keimzelle statt, so wird der daraus entstehende Embryo die Mutation in jeder Zelle haben.

Wenn im Folgenden von Erbkrankheiten und den dafür verantwortlichen Mutationen die Rede ist, handelt es sich immer um Mutationen, die bereits in Keimbahnen aufgetreten sind und die sich somit in allen Zellen des Organismus befinden.

Doch zunächst möchte ich mich mit der Frage auseinandersetzen, was Mutationen überhaupt sind.

### Chromosomen-Mutation

Betrachtet man ein Gewebe unter dem Lichtmikroskop, so kann man bei entsprechender Färbung Zellen beobachten, die in ihrem Zellkern Ansammlungen von länglich geformten Strukturen zeigen. Bei diesen Strukturen handelt es sich um Chromosomen, die allerdings nur während der Zellteilung, der Mitose, sichtbar sind. Je nachdem von welcher Art die Zellen stammen, variiert die Anzahl der Chromosomen.

Zur besseren Übersichtlichkeit fotografiert man diese Zellen, schneidet die Chromosomen aus und ordnet sie der Größe nach an, erstellt also ein Karyogramm. Hierbei fällt auf, dass fast immer zwei Chromosomen äußerlich identisch sind, so dass sich beim Menschen 22 Chromosomenpaare bilden lassen. Zu diesen Paaren kommen noch die beiden Geschlechtschromosomen, bei der Frau also zwei äußerlich gleiche X-Chromosomen und beim Mann ein X- und ein Y-Chromosom, deren Größe sich allerdings stark unterscheidet. Man spricht also von einem diploiden Chromosomensatz, den jede Körperzelle eines Menschen enthält. Alle Körperzellen eines Organismus gehen durch Zellteilung, der Mito-

se, aus einer einzigen befruchteten Eizelle, einer so genannten Zygote, hervor. Diese wird durch die Verschmelzung von zwei Keimzellen gebildet. Damit die Zygote wieder einen diploiden Chromosomensatz haben kann, müssen die beiden Keimzellen, aus denen sie hervorgeht, jeweils einen haploiden, also einzelnen, Chromosomensatz besitzen.

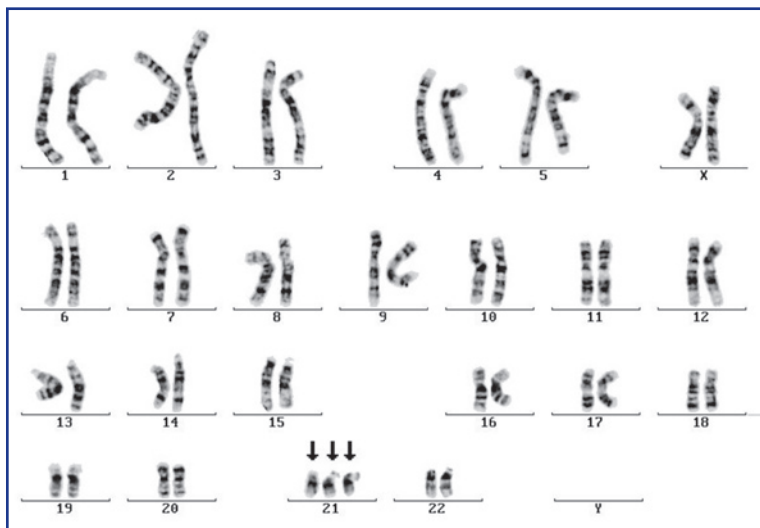
Gebildet werden die Keimzellen in den Keimdrüsen, hier findet der Prozess der Meiose statt, dessen wichtigster Schritt die Reduktion des doppelten Chromosomensatzes auf einen einfachen ist. In dem Vorgang der Meiose liegt allerdings eine Gefahr: Wird der doppelte Chromosomensatz nicht exakt getrennt, kann es passieren, dass es zu einer ungleichmäßigen Verteilung der Chromosomen kommt. Während in manchen Keimzellen Chromosomen fehlen, liegen sie in anderen doppelt vor. Bei der Befruchtung kann es somit zu Monosomien kommen, das heißt, ein Chromosom liegt nur einfach vor, oder zu Trisomien, das heißt, ein Chromosom liegt dreifach vor.

Eine solche Veränderung der Chromosomen-Zahl wird als Genommutation bezeichnet. Die meisten dieser Mutationen enden tödlich, es gibt jedoch einige Ausnahmen, bei denen der Embryo überlebt.

Das vermutlich bekannteste Beispiel für eine lebensfähige Trisomie ist das Down-Syndrom, auch als „Mongolismus“ bekannt oder wissenschaftlich exakter als Trisomie 21, da hier das Chromosom 21 dreifach vorliegt. Menschen mit diesem Syndrom überleben zwar, haben jedoch verkürzte Lebenserwartungen und sind sowohl körperlich als auch geistig behindert.

Die einzige Monosomie, die nicht zum frühzeitigen Absterben des Embryos führt, ist das Turner-Syndrom, bei dem statt zwei Ge-





Karyogramm einer Frau mit Trisomie 21.  
Quelle: <http://www.uni-ulm.de/klinik/antgen/medgenet/docs/homezytogenet.html>.

schlechtschromosomen nur ein einzelnes X-Chromosom vorhanden ist. Bei den „Turner-Frauen“ sind die Eierstöcke stark verkümmert, sodass sie unfruchtbar sind und Geschlechtshormone in unzureichender Menge produzieren. Die Folgen sind, dass sie weibliche Merkmale wie Brüste kaum ausbilden und auch die Monatsblutung ausbleibt. Frauen, die dieses Syndrom tragen, sind außerdem in der Regel klein, da das Wachstum ebenfalls verzögert ist. Sie neigen auch zu Herzerkrankungen, sind aber geistig unbeeinträchtigt, wenn man von einigen kleineren Einschränkungen beispielsweise in der räumlichen Wahrnehmung absieht.[2]

### Punktmutation

Gäbe es ein Mikroskop, mit dem es möglich wäre, ein Chromosom so weit zu vergrößern, dass man seine molekulare Struktur sehen könnte, so würde man erkennen, dass es aus zwei sehr langen fadenförmigen Molekülen, zwei identischen DNA-Strängen, besteht.

Die DNA ist das Molekül, das unsere Erbinformation, die Gene, trägt. Sie besteht aus zwei monotonen Grundketten, in denen sich immer ein Zuckermolekül und ein Phosphatrest wiederholen. An jedem Zucker ist eine der vier Basen Adenin (A), Guanin (G), Cytosin (C) oder Thymin (T) gebunden.

Die Einheit Zucker, Phosphatrest und Base bezeichnet man auch als Nukleotid. Aufgrund ihres chemischen Aufbaus bilden Adenin und Thymin sowie Cytosin und Guanin gemeinsame Wasserstoffbrücken aus, durch die die beiden gegenüberliegenden Stränge verknüpft werden, sodass eine strickleiterförmige Struktur entsteht.

Die Information ist durch die Abfolge der vier Basen in der DNA verschlüsselt, vergleichbar mit einem Alphabet aus 4 Buchstaben.

Diese Information wird in ein Eiweiß (Protein) übersetzt. Da die DNA allerdings geschützt im Zellkern vorliegt und die Proteinfabriken, die Ribosomen, sich außerhalb des Zellkerns im Cytoplasma befinden, kann diese Übersetzung nicht direkt stattfinden.

Es wird also ein „Boten-Stoff“ benötigt, der die Information aus dem

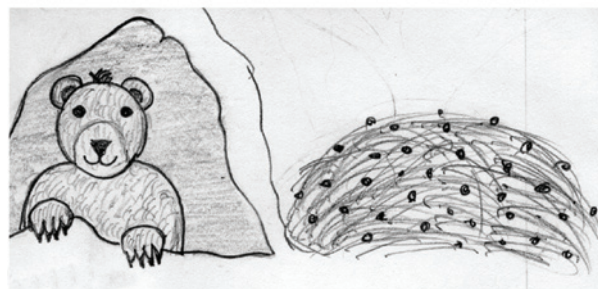
Zellkern zu den Ribosomen bringt. Dieses Molekül, die m-RNA, ist der DNA sehr ähnlich. Allerdings ist sie nur einsträngig und die Base Thymin ist durch die Base Uracil ersetzt. Die Länge der m-RNA, die genau einem Gen entspricht, ist durch ein Start- und ein Stopp-Code begrenzt.

Immer drei Basen, die Basentriplets, stehen für eine Aminosäure, die in den Ribosomen zum Protein verknüpft werden. Dies geschieht mit Hilfe einer weiteren Nukleinsäure, der t-RNA. Die t-RNAs stellen Anticodons zu den Basentriplets auf der m-RNA dar und haben die dem Tripletts entsprechende Aminosäure gebunden.

Während das Ribosom die m-RNA entlang wandert, lagern sich immer zwei t-RNAs an die komplementären Codons an und die entsprechenden Aminosäuren werden miteinander verknüpft, sodass mit der Zeit ein vollständiges Protein entsteht. Diesen Vorgang bezeichnet man als Translation. Diese Proteine haben innerhalb des Stoffwechsels eine bestimmte Aufgabe, die zur Ausbildung eines Merkmals notwendig sind.

Insgesamt findet man im menschlichen Körper 20 verschiedene Aminosäuren, die in ihrer Struktur und somit in ihren Eigenschaften wie zum Beispiel der Wasserlöslichkeit unterschiedlich sind. Die Eigenschaft der Proteine hängt von der Reihenfolge der Aminosäuren ab, da diese die räumliche Struktur (Tertiär-Struktur) des Eiweißes und somit seine Funktionstüchtigkeit bestimmen.

AUG	AGU	GAC	AGG	ACG	AAU	UCC	AUU	GGG	UAU	CUC	GCC
Met	Ser	Asp	Arg	Thr	Asn	Ser	Ile	Gly	Tyr	Leu	Ala
ALS	DER	BÄR	AUS	DEM	BAU	KAM,	LAG	TAU	AUF	DEM	HEU.



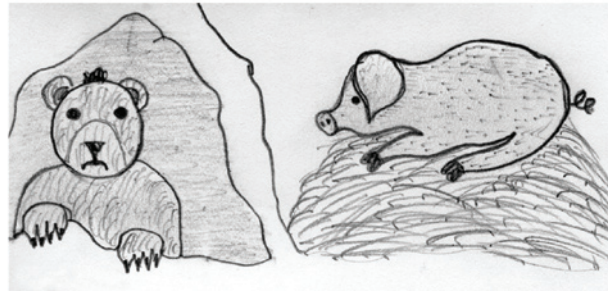
Ein Beispiel für ein mögliches Peptid.

Ein Protein kann man sich vorstellen wie einen Satz aus lauter 3-buchstabigen Wörtern, der eine bestimmte Bedeutung hat (Abb.: Viermann; Quelle Satz: Mündliche Mitteilung Heidelberger Life-Science-Lab).

AUG	AGU	GAC	AGG	ACG	AAU	UCC	AUU	AGG	UAU	CUC	GCC
Met	Ser	Asp	Arg	Thr	Asn	Ser	Ile	Arg	Tyr	Leu	Ala
ALS	DER	BÄR	AUS	DEM	BAU	KAM,	LAG	SAU	AUF	DEM	HEU.

Eine Missense-Mutation verändert eine einzelne Aminosäure.

Auch in dem Satz wird nur ein Buchstabe verändert, trotzdem entsteht eine ganz andere Bedeutung (alle Abbildungen auf diesen Seiten: Viermann).



Nun kann es geschehen, dass in der Basenabfolge der DNA Veränderungen auftreten. Entweder wird eine Base durch eine andere ersetzt (Basensubstitution) oder eine einzelne beziehungsweise einige wenige Basen fallen weg (Deletion) oder werden hinzugefügt (Insertion). Bei solchen Veränderungen spricht man von Punktmutationen, da immer nur wenige Basen betroffen sind. Nicht jede Punktmutation hat direkte Auswirkungen auf den Aufbau eines Proteins.

Die Aufdeckung des menschlichen Genoms hat gezeigt, dass der Mensch etwa 30 000 Gene besitzt. Die Protein-codierenden Bereiche stellen somit nur einen kleinen Teil der DNA dar. Über die Funktion der restlichen DNA-Bereiche ist man sich noch nicht ganz im Klaren, sicher ist jedoch, dass Mutationen in diesen Bereichen häufig nicht zu direkten Folgen führen. Hier spricht man von „stummen Mutationen“. Stumme Mutationen können allerdings auch in einem Protein-kodierenden Bereich der DNA auftreten.

Da immer drei Basen für eine Aminosäure kodieren, gibt es 64 mögliche Basenkombinationen, die allerdings nur für 20 verschiedene Aminosäuren stehen. Die Folge davon ist, dass mehrere Triplets, die sich meist in der dritten Base unterscheiden, für die gleiche Aminosäure im späteren Protein stehen.

Wird eine solche dritte Base des Triplets substituiert, so wird trotzdem die ursprüngliche Aminosäure in das Protein eingebaut. Die Mutation hat keine Auswirkung auf das Protein, ist also stumm.

Wird eine Base so substituiert, dass eine andere Aminosäure in das von dem Gen kodierte Protein eingebaut wird, so spricht man von einer „Missense-Mutation“. Das Ausmaß einer solchen Mutation ist unterschiedlich und hängt einerseits von der Bedeutung der veränderten Aminosäure für die Funktion des Proteins und andererseits von der Ähnlichkeit der Eigenschaften der ursprünglichen und der neuen Aminosäure ab.

Eine weitaus größere Auswirkung auf das Protein hat eine „Nonsense-Mutation“. Bei dieser Art von Mutation wird eine Base in einem Triplett so verändert, dass daraus ein Stopp-Codon wird. Das Protein wird dann nur bis zu diesem Stopp-Signal synthetisiert. Dies führt dazu, dass das entstehende Peptid verkürzt und damit in seiner Funktion stark verändert ist.

Deletionen und Insertionen können für das Protein noch verheerender sein. Ist die Zahl der hinzukommenden beziehungsweise wegfallenden Aminosäuren nicht durch drei teilbar, kommt es zu einer Leserasterverschiebung. Das bedeutet, dass die folgenden Triplets immer um eine oder zwei

Basen verschoben sind. Dadurch kommt nach der Deletion eine völlig neue Aminosäuren-Abfolge zustande, die nichts mehr mit dem ursprünglichen Protein gemein hat.

Die in Mittel- und West-Europa am häufigsten vorkommende mutationsbedingte Stoffwechsel-Krankheit ist die Krankheit Mukoviszidose, auch Cystische Fibrose genannt. Sie wird durch eine Punktmutation in dem CFTR-Gen auf Chromosom 7 ausgelöst. Es gibt mehr als 100 unterschiedliche Mutationen in diesem Gen, die die Krankheit auslösen, die häufigste (Delta F 508) ist eine Deletion von drei Nukleotiden, wodurch an der Position 508 des Proteins die Aminosäure Phenylalanin fehlt.

Das CFTR-Protein ist ein Membran-Kanal zum Transport von Chlorid-Ionen. Durch die Mutation ist dieser Kanal nicht mehr funktionstüchtig, sodass der Transport von Cl<sup>-</sup> aus den Zellen nicht mehr stattfinden kann. Dadurch nimmt die Zelle noch zusätzlich Natrium-Ionen auf, sodass sich außerhalb der Zellen zu wenig Ionen und somit auch zu wenig Wasser befindet. Dieser Wassermangel führt dazu, dass beispielsweise der Schleim, der die Bronchien überzieht, verfestigt wird. Diesen zähflüssigen Schleim kann der Körper nicht mehr selbständig aus den Bronchien entfernen. Es kommt zu einer regelrechten Verschleimung der Lunge, die tödlich endet, wenn dieser Schleim nicht anderweitig entfernt wird.[3]

### Mutationsfaktoren

Punktmutationen in der DNA können verschiedene Ursachen haben. Einerseits treten sie spontan während der Replikation, der Verdopplung der DNA, auf und andererseits werden sie durch Mutagene, also mutationsauslösende Stoffe oder Strahlen, induziert.

a.) spontane Mutation  
Wird die DNA vor der Teilung einer Zelle verdoppelt, so werden die beiden DNA-Stränge voneinander getrennt und an jeden Strang wird durch das Protein DNA-Polymerase

Beispiel einer stummen Mutation.

AUG	AGU	GAC	AGG	ACA	AAU	UCC	AUU	GGG	UAU	CUC	GCC
Met	Ser	Asp	Arg	Thr	Asn	Ser	Ile	Gly	Tyr	Leu	Ala
ALS	DER	BÄR	AUS	DEN	BAU	KAM,	LAG	TAU	AUF	DEM	HEU.

ein neuer komplementärer Strang angelagert. Allerdings arbeitet die Polymerase nicht immer völlig fehlerfrei, sodass im Schnitt eine von 10 000 Basen fehlgepaart wird. Einsetzende Reparaturmechanismen reduzieren zwar die Anzahl der Fehler stark, da aber das menschliche Genom aus etwa  $2,75 \times 10^9$  Basenpaaren besteht, kann man davon ausgehen, dass bei einer von 100 replizierten Zellen etwa eine Mutation auftritt. Dies erscheint zunächst wenig. Wenn man allerdings bedenkt, dass in einem menschlichen Körper pro Sekunde  $10^6$  Zellen replizieren, so treten pro Sekunde schätzungsweise 10 000 Mutationen auf. [4]

Allerdings treten Mutationen nicht nur durch Ablesefehler bei der DNA-Replikation, sondern auch durch spontane Basenveränderungen auf. Durch immer wieder stattfindende chemische Reaktionen können die Paarungseigenschaften der Basen verändert werden. So kann beispielsweise das mit Guanin paarende Cytosin durch eine einfache Reaktion in Uracil umgewandelt werden, das wiederum mit Adenin paart. Wird dieser Fehler nicht erkannt und repariert, findet eine Veränderung von einem GC-Paar zu einem UA-Paar und später zu einem TA-Basenpaar statt.

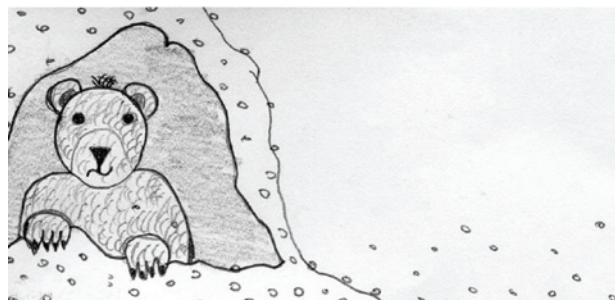
Auch Wärme kann zu spontanen Mutationen führen, indem durch sie die Verbindung zwischen den Basen Thymin und Cytosin und dem jeweiligen Zucker des Stranges gelöst wird. Bei dem in unserem Körper herrschenden pH-Wert 7 und der hohen Temperatur von  $37^\circ\text{C}$  löst sich täglich durchschnittlich eine von 300 Thymin- beziehungsweise Cytosin-Basen.[4]

In der Regel spielen diese Basenverluste keine Rolle, da die entstandenen Lücken leicht repariert werden können. Wird die DNA jedoch gerade repliziert, kommt es zu Basenverlusten oder Basenveränderungen.

b.) induzierte Mutation

Werden Mutationen durch Umwelteinflüsse wie Strahlung oder chemische Stoffe verursacht, so

AUG	AGU	GAC	AGG	ACG	AAU	UCC	AUU	GGG	UAG	CUC	GCC
Met	Ser	Asp	Arg	Thr	Asn	Ser	Ile	Gly	Stopp		
ALS	DER	BÄR	AUS	DEM	BAU	KAM,	LAG	TAU.			



Eine Nonsense-Mutation führt zu einem frühzeitigen Ende des Proteins. Dies führt zu einem Informationsverlust.

spricht man von induzierter Mutation. Diese Umwelteinflüsse werden Mutagene genannt. Zu ihnen zählen unter anderem ultraviolette und radioaktive Strahlung sowie zahlreiche Stoffe, die entweder die DNA direkt angreifen und verändern oder ihre Replikation stören.

Während UV-Strahlung direkt zu Doppelstrangbrüchen in der DNA und damit möglicher Weise zu Verlusten oder Deplatzierungen von Fragmenten führen kann, hat radioaktive Strahlung eher eine indirekte mutagene Wirkung. Die Strahlung ionisiert Atome oder Moleküle in der Zelle. Die dabei entstehenden sehr reaktiven Teilchen, die freien Radikale, können mit der DNA reagieren und sie somit schädigen.

Freie Radikale treten jedoch nicht nur durch radioaktive Strahlung auf. Bei der Oxidation von Glucose in unseren Zellen geschieht es manchmal, dass beispielsweise statt  $\text{H}_2\text{O}$  (Wasser) OH-Teilchen entstehen,

die ebenfalls sehr reaktionsfreudig sind und als Mutagene wirken.

Ein Beispiel für als Mutagene wirkende Chemikalien sind Basenanaloga. Das sind Stoffe, die den Basen sehr ähnlich sind und statt ihrer in die DNA eingebaut werden können. In späteren Replikationen führen sie dann zu Basensubstitutionen.

Der Mensch versucht sich vor Mutagenen zu schützen, indem er zum Beispiel Cremes mit Sonnenschutzfaktor aufträgt, um die Hautzellen vor UV-Strahlung abzusichern, und auch andere Krebs erregende, also mutationsauslösende Stoffe meidet.

**Die Bedeutung der Mutation in der Evolution**

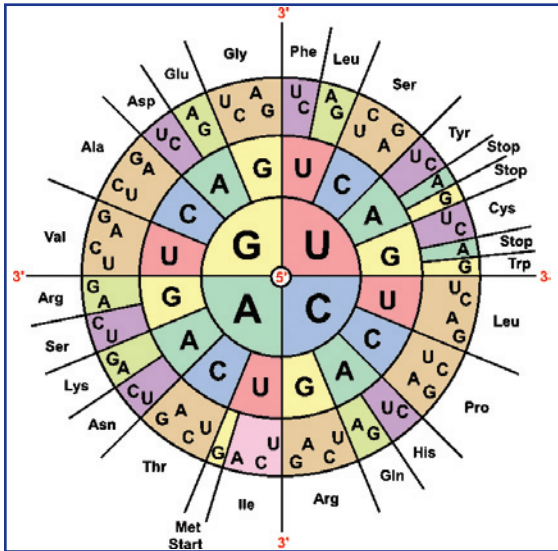
Ein weiteres Beispiel für eine Basensubstitution ist die Sichelzellenanämie. Diese Krankheit wird durch eine Mutation in dem Gen für Hämoglobin ausgelöst.

Das Protein Hämoglobin gibt den roten Blutzellen ihre Farbe und ist

AUG	AGU	GAC	AGG	ACG	AAU	UCC	AAU	UGG	GUA	UCU	CGC
Met	Ser	Asp	Arg	Thr	Asn	Ser	Asn	Trp	Val	Ser	Arg
ALS	DER	BÄR	AUS	DEM	BAU	KAM,	BLA	GTA	UAU	FDE	MHE.



Eine Insertion führt zu einer Leserasterverschiebung. Nach der hinzukommenden Base sind alle Aminosäuren verändert.



Die Code-Sonne zeigt die Aminosäuren zu den entsprechenden Basentripletts auf der m-RNA. Man liest sie von innen nach außen, sodass die Base im innersten Ring auch für die erste Base im Triplet steht (Abb.: Wikipedia GFDL).

für den Transport von Sauerstoff verantwortlich. Dieses wird aus vier Aminosäureketten zusammengesetzt, zwei Alpha- und zwei Beta-Ketten.

Das nicht mutierte Hämoglobin ist wasserlöslich und liegt somit in den Blutzellen gleichmäßig verteilt vor. Durch eine Mutation im sechsten Triplet der Beta-Kette wird aus dem m-RNA Codon GAG das Codon GUG, es liegt also nur eine einzige Basenveränderung vor. Während GAG jedoch die hydrophile, also wasserlösliche, Aminosäure Glutamat in das Peptid einbaut, kodiert GUG für das hydrophobe Valin, sodass nun in beiden Beta-Ketten des Hämoglobins eine zusätzliche wasserunlösliche Aminosäure eingebaut ist.

Dies hat in dem wässrigen Milieu der Zelle schwerwiegende Folgen. Die Wasserlöslichkeit des mutierten Hämoglobins ist um das 25fache geringer als die des normalen Hämoglobins.[5] Dies führt dazu, dass sich die Hämoglobin-Proteine bei Sauerstoffmangel im Blut, der zum Beispiel durch starke Anstrengung ausgelöst werden kann, zusammen lagern und verklumpen. Das Ergebnis sind faserförmige Strukturen, die den roten Blutkörperchen die für diese Mutation typische Sichelförmigkeit geben.

Diese Zellen sind nicht mehr so gut in der Lage, neuen Sauerstoff aufzunehmen, sodass der betroffene Organismus weniger leistungsfähig und ausdauernd ist.

Eigentlich sollte eine solche Nachteil bringende Mutation in der Evolution mit der Zeit verloren gehen. Trotzdem steigt in Afrika der Prozentsatz der Träger der Sichelzellenanämie immer weiter an. Durchschnittlich sind in Afrika 20-40% der Bevölkerung an Sichelzellenanämie erkrankt, in manchen Gegenden sogar fast 60% [6]. Dies liegt daran, dass sich diese Mutation in einem anderen Bereich als evolutionärer Vorteil herausstellt. Der Malaria auslösende Parasit kann in dem relativ sauerstoffarmen Blut der Sichelzellenanämie-Träger nicht überleben. Daher sind diese Menschen gegen Malaria immun und ihre Chance, in Afrika zu überleben und sich dort zu vermehren, ist dadurch höher als die von Nicht-Trägern.

Dieses Beispiel zeigt sehr deutlich, dass Mutationen nicht immer schädlich sind und Nachteile mit sich bringen müssen. Mutationen können ebenso gut eine positive, vorteilhafte Veränderung herbeiführen und sind somit nicht unbedingt der Schrecken der Evolution, sondern auch einer der wichtigsten Triebkräfte, ein regelrechter Motor der Evolution.

Wäre die DNA ein festes, unveränderliches Molekül und gäbe es keine Mutation, dann hätte es seit der Entstehung der DNA vor 4 Milliarden Jahren keine Veränderungen gegeben. Es gäbe heute weder Tiere noch Pflanzen, nicht einmal höher entwickelte Einzeller. Das gesamte Leben auf der Erde bestände weiterhin aus jenen ersten einfachen Urzellen, die sich vor etwa 4 Milliarden Jahren durch Zufall gebildet haben. Nur durch die Mutation war es möglich, dass sich diese einfachen Zellen immer weiter entwickelten, sodass schließlich die gesamte Vielfaltigkeit des Lebens zustande kam.

Ein zu hohes Maß an Mutationen stellt jedoch eine erhebliche Belastung für den betroffenen

Organismus dar, wie beim Werner-Syndrom, auch „Progeria adultorum“ genannt, deutlich wird.

Diese Krankheit wird durch eine Mutation in dem Gen für ein Protein hervorgerufen, das während der DNA-Replikation an der Reparatur der Mutationen beteiligt ist. Dadurch dass dieses Protein nicht mehr funktionstüchtig ist, steigt die Mutationsrate in den betroffenen Zellen erheblich an. Die so gehäuft auftretenden Mutationen führen meist zum Absterben der Zellen, was Organe, die viele sich teilende Zellen benötigen, stark belastet und schädigt.

Die Folge dieser Krankheit ist eine beschleunigte Alterung. Betroffene Menschen ergrauen noch vor der Erreichung des 20. Lebensjahres, werden in etwa diesem Alter durch eine verfrühte Menopause unfruchtbar und sterben in der Regel mit 30 Jahren an Herzinfarkt.

Dies zeigt, dass die Häufigkeit der spontanen Mutationen, die Mutationsrate, ein Gleichgewicht darstellt, das einerseits den evolutionären Fortschritt gewährleistet und andererseits nicht übermäßig zur Schädigung der Organismen führt.

### Der universelle Code

Angesichts der Häufigkeit der auftretenden Mutationen stellt sich die Frage, warum nur so wenige Mutationen spürbare Folgen nach sich ziehen.

Die Antwort auf diese Frage verbirgt sich in der Code-Sonne, welche die Zugehörigkeit der Aminosäuren zu den einzelnen Tripletts zeigt. Dieser Code ist keineswegs eine zufällig entstandene und beibehaltene Einteilung, sondern vielmehr ein durch die Evolution perfektioniertes Verschlüsselungssystem. So ist beispielsweise die Tatsache, dass Tripletts, die sich nur in der letzten Base unterscheiden, oft auch dieselbe Aminosäure verschlüsseln, auf ein Phänomen bei der Proteinsynthese zurückzuführen: Während der Translation haftet die t-RNA am dritten Nukleotid am schwächsten an der m-RNA, sodass es an dieser Wa-

ckelposition zu Basenfehlpaarungen kommen kann. Beispielsweise bindet an das m-RNA-Codon GCC die t-RNA mit dem Anticodon CGA statt CGG. Dies spielt jedoch keine Rolle, da diese beiden t-RNAs beide die Aminosäure Alanin binden, sodass diese Fehlpaarung an der Wackel-Position keine Auswirkung auf das Protein hat.

Doch dies ist nicht der einzige Vorteil dieses speziellen Codes. Sind bei Triplets zwei Basen identisch, so haben die entsprechenden Aminosäuren in der Regel auch dieselbe oder wenigstens eine ähnliche Hydrophobie. Dies hat den Vorteil, dass eine Mutation, bei der nur eine Base verändert wird, im Protein zum Einbau einer Aminosäure mit ähnlicher Wasserlöslichkeit führt. Dadurch wird vor allem die Tertiär-Struktur des Proteins und damit auch seine Funktionstüchtigkeit meistens, wenn überhaupt, nur leicht verändert.

Durch diese Verteilung des Codes wird also der Schaden, der bei einer einzelnen Punktmutation auftritt, begrenzt. Außerdem beschleunigt ein Code mit solchen Eigenschaften die Evolution. Die Wahrscheinlichkeit, dass bei einer geringfügigen Änderung ein „besseres“ Protein entsteht, ist wesentlich höher als bei einer starken Veränderung.

Organismen, die diesen Code verwenden, haben also auf lange Zeit gesehen einen evolutionären Vorteil, da sie sich besser und schneller weiterentwickeln können, ohne dass die Mutationen zum Tod führen. Die Tatsache, dass die meisten heute lebenden Arten denselben genetischen Code verwenden, spricht ebenso dafür, dass er in der Evolution sehr erfolgreich war und ist, wodurch die Lebewesen überlebt haben, die ihn benutzen [7].

### Mutation, das Roulette der Natur

Mutationen sind weder etwas Ungewöhnliches noch Unnatürliches. Im Gegenteil, sie treten in jeder Sekunde tausendfach in den Zellen unseres Körpers auf. Jede

frisch befruchtete Eizelle trägt im Schnitt 100 neue Mutationen, die in der vorigen Generation nicht vorlagen. Davon haben etwa 4 eine nachweisbare Auswirkung auf den Organismus und drei davon sind schädlich.

Wenn man die Frage stellt, wer die Mutanten sind, ist die Antwort ebenso einfach wie erstaunlich. Jeder von uns trägt Mutationen und ist somit ein „Mutant“. Es gibt allerdings einige Menschen, die mehr Mutationen tragen als andere oder deren Mutationen stärkere Auswirkungen auf den Körper haben. Somit darf auch das Wort Mutant nicht negativ gesehen werden.

Obwohl im Durchschnitt drei von vier Mutationen, die zu einer Veränderung führen, schädlich sind, bleibt eine positive, und diese ist es, die dem Organismus in der Evolution eventuell einen Vorteil verschafft und damit letztendlich zur Weiterentwicklung der Art führt. Es ist diese langsame, durch den Zufall bestimmte Weiterentwicklung, die die Entstehung der Vielzahl der Arten erst möglich gemacht hat.

So negativ und beängstigend uns viele Folgen von Mutationen auch heute erscheinen mögen, so darf man im Kampf gegen die schädlichen Auswirkungen nicht vergessen, dass sie nicht einfach nur der Schrecken der Genetik sind, sondern ebenso der Triebmotor der Evolution, aus der wir hervorgegangen sind.

### Resumé

Daher müsste man meiner Meinung nach die Aussage von Armand Marie Leroi, mit der ich meinen Artikel begonnen habe, folgendermaßen ergänzen: „Mutation ist ein Spiel mit dem Zufall, eines, das wir alle spielen müssen und bei dem wir“ fast „alle verlieren. Aber einige von uns verlieren dabei mehr als andere“ und einige wenige gewinnen und wegen dieser seltenen Gewinne lohnt es sich, das Risiko dieses Roulettes der Natur einzugehen.

*Celia Viermann*

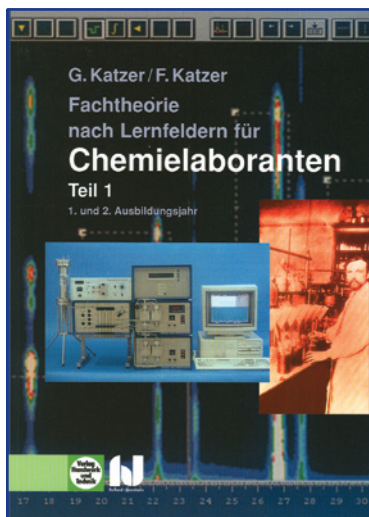
### Literatur

- [1] Leroi, Armand Marie, „Tanz der Gene - von Zwittern, Zwergen und Zyklopen.“ Spektrum-Verlag, 2004
- [2] <http://www.handicap-network.de/handicap/handicaps/kleinwuchs/kleinb.htm>
- [3] <http://www.cysticus.de/mukoviszidose.htm>
- [4] Graw, Jochen, „Genetik - 4.Auflage“, Springer-Verlag, 2006
- [5] <http://de.wikipedia.org/wiki/Sichelzellenanämie>
- [6] <http://www.aok.de/bund/tools/medicity/diagnose.php?id=1800>
- [7] Spektrum der Wissenschaft, Dossier 1/2006 „Das neue Genom“

Dieser Artikel war der Wettbewerbsbeitrag der Heidelberger Gymnasiastin Celia Viermann zum Wettbewerb „Jugend lehrt“. Sie stellte ihn zusammen mit einer Visualisierung als Vortrag beim Abendprogramm der InCom/LifeCom am 13. März an der Universität Düsseldorf vor (Foto). Die Visualisierung der molekulargenetischen Abläufe nahm Celia in dem Open Source-Programm Blender vor. Die anspruchsvolle Einarbeitung in diese 3D-Modellierungs- und Animations-Software stellte für die Autodidaktin kein Problem dar und wurde vom Publikum mit großem Beifall belohnt. Für Ihre Arbeit, die beispielhaft die Anforderungen des Wettbewerbs „Jugend lehrt“ zeigen soll, erhielt die 16-jährige von Rolf Kickuth, Gründer des Wettbewerbs, ein Anerkennungs-Preisgeld über 1000 Euro. Damit rückt der Kauf eines neuen iBooks für Apple-Fan Celia in greifbare Nähe. Aktuelle Informationen zu „Jugend lehrt“ stehen demnächst in der CLB.



## Chemielaboranten: Fachtheorie des 1. und 2. Ausbildungsjahres



Dr. Gisela Katzer, Prof. Dr. Franz Katzer: Fachtheorie nach Lernfeldern für Chemielaboranten - Teil 1. 352 Seiten, vierfarbig; Verlag Handwerk und Technik, Hamburg 2006; ISBN 978-3-7782-01600-2; 36,40 Euro.

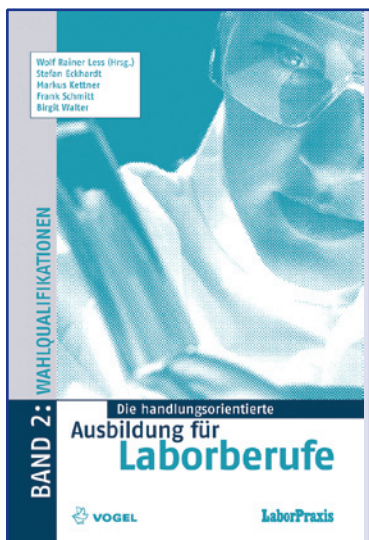
Noch ein Buch zum Thema: Neuer Rahmenplan 2000 für den Ausbildungsberuf Chemielaborant. Hier wurden auch Lehrpläne und Lehrplanrichtlinien für den fachtheoretischen Unterricht der Bundesländer berücksichtigt. Teil 1 betrifft das 1. und 2. Ausbildungsjahr. In Kürze wird Teil 2 für die Lernfelder der übrigen Ausbildungszeit vorliegen.

Der begrenzte Umfang dieses Leitfadens für Auszubildende machte es erforderlich, den Komplex der laborpraktischen Ausbildung auszuklammern, und nur das Fachwissen für die experimentell-technischen Tätigkeiten in das Buch aufzunehmen. Teil 1 ist in 8 Lernfelder eingeteilt: Vereinigen von Stoffen, Trennen von Stoffsystemen, Struktur und Eigenschaften von Stoffen, Energetik chemischer Vorgänge, Massenwirkungsgesetz, Fotometrische Untersuchungen, Chromatografische Untersuchungen und Organische Verbindungen. Ergänzt wird der Inhalt der Kapitel durch mehrere Anhänge (Umgang mit Chemikalien im Labor, Verhalten bei Notfällen, Gefahrenhinweise, Gesetze und Verordnungen, Gefahrstoffe, Formelzeichen, Periodensystem), sowie jeweils durch Überprüfungsaufgaben am Ende eines Abschnitts.

Optisch ist der Text sehr lebhaft und ansprechend gestaltet; Farben, Bilder, Grafiken und Schriften werden sinnvoll didaktisch eingesetzt. So wird Stoff eingängig präsentiert. CS

## Ausbildungsstoff wird handlungs- und prozessorientiert vermittelt

Wolf Rainer Less (Herausgeber), Stefan Eckhardt, Markus Kettner, Frank Schmitt, Birgit Walter: Die handlungsorientierte Ausbildung für Laborberufe. Band 2: Wahlqualifikationen. 507 Seiten; Vogel Buchverlag, Würzburg 2006; ISBN 3-8343-3021-3; 32,80 Euro.



Nach der Neuordnung der Laborantenberufe im Jahr 2000 entstand ein Bedarf an begleitender Literatur, um der geänderten Lehr- und Lernsituation gerecht zu werden.

In Band 2 dieser Reihe mit 3 Bänden (Band 1 in CLB 11-06) werden die Inhalte der Chemielaborantenausbildung erläutert, die durch die Auswahl der WQEs (Wahlqualifizierungseinheiten) der einzelnen ausbildenden Firmen gekennzeichnet sind. Die Auswahl der WQEs wurde nach der Häufigkeit getroffen, mit denen sie in den

Unternehmen ausgewählt wurden. Die 7 Kapitel des Bandes enthalten folgende Themen:

- Präparative Chemie, Reaktionstypen und Reaktionsführung
- Probenahmetechnische und analytische Verfahren
- Chromatografische Verfahren
- Spektroskopische Verfahren und optische Methoden
- Mikrobiologische Arbeiten
- Biochemische Arbeiten
- Qualitätsmanagement

Der Stoff wird nach neuesten didaktischen Grundsätzen präsentiert: An realen Prozessen wird die Handlungsorientierung als Leitfaden für die Stoffvermittlung und Stoffwiederholung eingeübt.

Lehrer von berufsbildenden Schulen werden von dieser Buchreihe genauso profitieren wie ihre Auszubildenden. Die Autoren sind alle als professionelle Berufsausbilder für Chemie- oder Biogielaboranten beschäftigt und verfügen daher über profunde Erfahrung bei der Gestaltung und Vermittlung beruflicher Kenntnisse und Fertigkeiten. CS

## Neu: Jumbo für Kjeldahlaufschlüsse

Für Proben mit geringen Stickstoffgehalten, insbesondere auch für Wasser- und Abwasserproben, bietet Büchi jetzt zwei neue kompakte Aufschlusssysteme an: den Aufschlussblock K-431 und den Aufschlussautomaten K-432.

Diese Systeme ermöglichen den gleichzeitigen Aufschluss von bis zu 12 Proben in 500 ml Probengläsern. Die größeren Aufschlussgläser eignen sich auch gut für stark schäumende Proben. Beide Geräte sind mit einer sehr leistungsstarken Heizung ausgestattet. Beim Aufschlusssystem K-431 können Aufschlussdauer und -temperatur individuell eingestellt und während des Aufschlusses auf dem Display verfolgt werden. Der Aufschlussautomat K-432 bietet durch ein integriertes Liftsystem zusätzlichen Komfort. So sind zum Beispiel ein zeitversetzter Start und die Eingabe von komplexeren Temperaturprogrammen möglich, vom automatischen Einfahren der Proben, sobald die Starttemperatur erreicht ist, bis zum automatischen Herausfahren der Gläser, wenn der Aufschluss beendet ist.

Die beiden Aufschlussblöcke gibt es in zwei Varianten: mit normalem

Absaugmodul beziehungsweise mit speziellem Absaugmodul für wässrige Proben. Die Absaugmodule stellen ein vollständiges Sammeln der sauren Dämpfe sicher. Möchte man den Kjeldahl-Aufschlussplatz optimal ausstatten, so sollte dieser mit einem Büchi Scrubber B-414, der die gesammelten Aufschlussdämpfe absaugt, neutralisiert und so auf möglichst umweltfreundliche Weise entsorgt,



Weise entsorgt,

BÜCHI Labortechnik GmbH  
45127 Essen  
Tel 0201 747 49 21  
Fax 0201 747 49 20  
www.buechigmbh.de

## Neuer Multivapor reduziert Verdampfungszeiten

Mit dem neuen Multivapor P-12 präsentiert BÜCHI Labortechnik ein neues Gerät für das parallele Verdampfen mehrerer Proben. Bis zu 12 Proben können gleichzeitig destilliert werden. Dadurch werden Verdampfungszeiten reduziert. Innerhalb der bisherigen Zeit werden eine Vielzahl von Proben destilliert. Kreuzkontaminationen werden durch den Einsatz getrennter Gläser ausgeschlossen. Der Einsatz verschiedener Gläser und Volumen bietet Anwendern größtmögliche Flexibilität. Die Proben werden zudem in transparenten, zylindrischen Wasserbädern erhitzt und die horizontale Schüttelbewegung der Heizplatte reduziert Siedeverzüge.

Der Multivapor P-12 überzeugt durch seine robuste Bauweise und individuelle Einsatzfähigkeit. Er kann sowohl im Standalone-Betrieb sowie in Kombination mit einem Vakuum- und Rotationsverdampfersystem betrieben werden. Das Gerät kann sowohl mit einem System wie auch mit mehreren Systemen betrieben werden. Mit Hilfe eines Spiralschlauchs wird der Dampf zum Kühler eines Rotationsverdampfers geleitet. Dieses Prinzip vereint die sequenzielle, flexible Verdampfung mit einem Rotationsverdampfer Rotavapor und die Parallelverdampfung mit dem Multivapor P-12.

BÜCHI Labortechnik GmbH



## Komfortable Partikelgrößenmessung geringer Probenmengen



Partikelgrößenbestimmung mit dem Laser-Streulichtspektrometer HORIBA LA-950 bedeutet schnelle, präzise Messungen und ein Messbereich von 10 nm bis 3 µm. Eine neue MiniFlow Einheit ermöglicht auch das einfache und schnelle Messen geringer Probenmengen mit automatisierter Probenvor-

bereitung. MiniFlow ist ein komplettes Zirkulations- und Dispergiersystem für Flüssigkeitsmengen von 35 – 55 ml, welches das zum Lieferumfang gehörende Standard-System ergänzt. Die benötigte Probenmenge beträgt, je nach Partikelgröße und -dichte, nur noch 0,02 bis 1 g. Die Einheit besteht aus einem Dispergierbad, einer Ultraschallsonde, dem Zirkulationssystem und der Messzelle. Das Befüllen und Reinigen des Systems erfolgt vollautomatisch. Mit der MiniFlow Einheit wird das Konzept des modularen Aufbaus konsequent fortgeführt: Eine nachträgliche Umrüstung des LA-950 ist problemlos möglich.

Die Vorteile: Einsparung von Probenmaterial und Lösungsmittel sowie automatische Probenvorbereitung und Reinigung wie in der Standard-Ausführung.

Ein typisches Anwendungsgebiet ist der Bereich Forschung und Entwicklung, wo mit wertvollen Proben gearbeitet wird oder nur sehr geringe Mengen zur Verfügung stehen. Weitere Anwendungen finden sich für Lebensmittel oder pharmazeutische Wirkstoffe, die in unpolaren organischen Flüssigkeiten dispergiert werden müssen, sowie für Pigmente, Polymere und Harze.

Für den Partikelanalysator LA-950 steht umfangreiches Zubehör zur Verfügung, so auch eine 15 ml Standkuvette für Kleinstmengen.

Retsch Technology GmbH  
42781 Haan,  
Tel 02129 5561 155  
Telefax: 02129 5561 87  
www.retsch-technology.de

## Intelligente und professionelle Ionenchromatographie

Mit Hightech, 20-jährigem Applikations-Know-how, Schweizer Qualitätsstandards und einer vernünftigen Preispolitik, sowohl in der Anschaffung als auch im Unterhalt, garantiert Metrohm die optimale Lösung in der Ionenchromatographie. Metrohm Professional IC 850 und Professional Sample Processor 858 sind Swiss Engineered und Swiss Made. Auf alle Analysengeräte werden drei Jahre Garantie gewährt.

Hyperlink [www.professional-ic.com/ic-software.html](http://www.professional-ic.com/ic-software.html) – MagIC Net: Client-Server-Software komplett auf deutsch. Intelligente Steuerung Smart Control: Alle Komponenten des Professional IC 850 werden automatisch erkannt, Einstellungen werden übernommen und mit der Methode abgeglichen. Einfache und intuitive Bedienung auch bei komplexen Anwendungen. Überwachung von Wartungsintervallen, Haltbarkeitsdaten etc., Benachrichtigung per Email oder SMS. Aktive Kontrollkarten für Kalibrierung und Messwerte. Erfüllt alle GLP- und FDA-Anforderungen.

Hyperlink [www.professional-ic.com/professional-ic/intelligent-ic-detector.html](http://www.professional-ic.com/professional-ic/intelligent-ic-detector.html) – iDetector: Weniger Zeitaufwand beim Erstellen neuer Methoden. Automatisches Erkennen des Detektors mit Seriennummer und Zellkonstante für die lückenlose Dokumentation. Beispiel-Chromatogramme für Softwarevalidierung oder Trainingsaufgaben sind im Detektor gespeichert. „Digital Signal Processing“ 0...15 mS/cm ist ohne Bereichumschaltung möglich und spart damit Zeit und Kosten

Hyperlink [www.professional-ic.com/i-column.html](http://www.professional-ic.com/i-column.html) – iColumn: Mehr Sicher-

heit durch automatisierte Einstellungen. Säulentyp und Seriennummer werden vom Gerät erkannt und mit den Einstellungen der Software verglichen. Säulenspezifische Einstellungen wie optimale Flussrate, Eluent, maximaler Druck etc. werden automatisch übernommen. Die Anzahl der Analysen, maximale Flussrate, maximaler Druck etc. werden auf der Säule gespeichert und können so sicher rückverfolgt werden.

Hyperlink [www.professional-ic.com/professional-ic/intelligent-ic-pump.html](http://www.professional-ic.com/professional-ic/intelligent-ic-pump.html) – iPump: Geringere Kosten durch elektronische Steuerung. Typ und Seriennummer von intelligente Pumpenköpfen werden automatisch erkannt. Dokumentation und Verwaltung von Betriebsstunden, Wartungsarbeiten und -intervallen etc. werden über MagIC Net elektronisch erledigt

Weitere Details unter [www.professional-ic.com](http://www.professional-ic.com).



Deutsche Metrohm GmbH & Co. KG  
70794 Filderstadt  
Tel 0711 77088 0  
Fax 0711 77088 55  
www.metrohm.de



# Bezugsquellenverzeichnis

## ANALYSEN

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

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

## ARBEITSSCHUTZARTIKEL



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

## CHEMIKALIEN



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

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

## DEUTERIUMLAMPEN



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

## DICHTUNGSSCHEIBEN AUS GUMMI MIT AUFVULKANISIERTER PTFE-FOLIE

GUMMI WÖHLEKE GmbH  
Siemensstr. 25, D-31135 Hildesheim  
Teletex 5 121 845 GUMWOE  
Tel. 05121 7825-0

## FTIR-SPEKTROMETER-ZUBEHÖR



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

## GEFRIERTROCKNER

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

## GEFRIERTROCKNUNGSANLAGEN



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



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

## HOHLKATHODENLAMPEN



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

## KÜHL- UND TIEFKÜHLGERÄTE



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



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

## KÜVETTEN

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

## LABORCHEMIKALIEN



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

## LABOREINRICHTUNGEN



**Köttermann**  
Systemlabor

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

## LABOREINRICHTUNGEN

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

## LABORHILFSMITTEL



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

## LABOR-SCHLÄUCHE UND -STOPFEN AUS GUMMI

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

## LABORZENTRIFUGEN, KÜHLZENTRIFUGEN



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



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



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

## LEITFÄHIGKEITS-MESSGERÄTE



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

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

## MIKROSKOPE



### Labor- und Routine- Mikroskope Stereolupen und Stereomikroskope

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

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

## OPTISCHE TAUCHSONDEN

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

## PARTIKELANALYSE



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

## PH-MESSGERÄTE



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

## REINIGUNGSMITTEL FÜR LABORGLAS



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

## SAUERSTOFF-MESSGERÄTE



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

## STERILISATOREN

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

## TEMPERATUR-MESSGERÄTE

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



## TEMPERATUR-MESSGERÄTE



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

## THERMOMETER

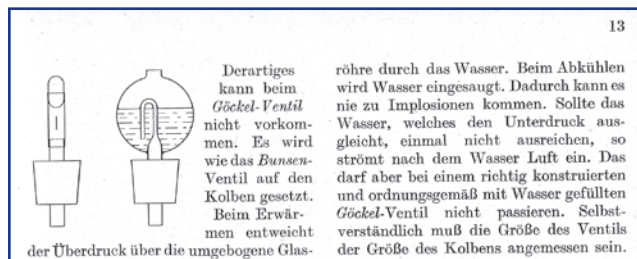
Amarell GmbH & Co KG  
D-97889 Kreuzwertheim  
Postfach 1280  
Tel. 09342 9283-0  
Fax 99342 39860



## VAKUUMKONZENTRATOREN

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

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



### Wer erfand Phlogiston?

In eigener Sache (I): Einige Einsender unseres Preisaus Schreibens haben mit ihren Lösungen auch Briefe eingeschickt, die die Fragestellung im Preis aus schreiben und die Antworten betreffen. Soweit diese Kommentare von allgemeinem Interesse sind, wollen wir näher darauf eingehen.

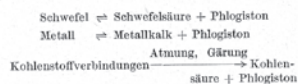
Bei den Fragen zur Chemiegeschichte sollte herausgefunden werden, wer die Phlogiston-Theorie aufgestellt hat. Es waren 5 Antworten möglich: *Carandish, Kunkel, Stahl, Becher, Lavoisier*. Die meisten Einsender gaben *Stahl* an, was sich auch mit dem von uns festgelegten Ergebnis deckte. Aber nicht wenige Einsender gaben *Becher* an. Diese Antwort ist auf Grund der Angaben in den bekannten Lehrbüchern und chemiegeschichtlichen Werken falsch. Einer unserer Leser, Herr *Willi Hammer* aus Saarbrücken, weist ausdrücklich darauf hin, daß die Phlogiston-Theorie von *Becher* stamme. Er gibt an, daß in dem bekannten *Chemie-Lexikon* von Dr. *H. Bömpf* im zweiten Band in der vierten Auflage auf Seite 3370 wörtlich steht: „Diese Theorie wurde von *Becher* (1635 bis 1682) im Jahre 1669 in dem Buch „*Physica subterranea*“ begründet und von *Stahl* (1660 bis 1734) weiter ausgebaut.“

Ganz offensichtlich handelt es sich bei diesem Problem um eine Meinungsverschiedenheit mehrerer Autoren. Daß *Becher* etwas mit der Phlogiston-Theorie zu tun hat, steht außer Zweifel. Wie weit seine Verdienste in dieser Angelegenheit gehen, möge der folgende Beitrag klären, den uns Herr Dr. *E. Fischer*, Frankfurt (Main)-Höchst, freundlichweise zur Verfügung stellte.

An die Stelle der drei philosophischen Elemente im 15. und 16. Jahrhundert, am deutlichsten ausgesprochen von *Paracelsus*, — dem Schwefel als brennbares Prinzip, dem Quecksilber als metallisches, dem Salz als wasserlösliches — traten im

17. Jahrhundert die stofflichen Elemente. Der Mainzer Medizinprofessor *J. J. Becher* (1635 bis 1682) legt allem sauer schmeckenden einen Stoff, der sauer macht, zu Grunde: eine Ursäure. Er hält auch die Fähigkeit eines Stoffes, brennbar zu sein, für die Folge eines Gehaltes an brennbarer Substanz. Er nennt sie die brennbare (fettige) Erde, die terra pinguis.

Nach dem Tode von *Becher* nennt 1697 der Medizin- und Chemieprofessor in Halle *Georg Ernst Stahl* (1660 bis 1734) die fettige Erde *Bechers* Phlogiston. Aber er tut mehr. Er stellt für die zu seiner Zeit bekannten Erscheinungen, für die Gärung, für die Atmung und für die Verwesung eine Theorie auf, die Phlogiston-Theorie. Sie läßt sich vereinfacht in folgenden Gleichungen ausdrücken.



Damit waren erstmalig die Vorgänge zusammengefaßt und als gegenläufig charakterisiert, die später als Oxydation und Reduktion bezeichnet wurden. Die Kraft dieser Theorie erhellt am deutlichsten aus der Tatsache, daß *Priestley* und

14

*Scheele*, die den Sauerstoff entdeckten, ihn dephlogistisierte Luft nannten, und Phlogistiker blieben.

Phlogiston sollte also auch weiterhin mit dem Namen *Stahl* verbunden bleiben. *Robert Mayer* und *Wilhelm Ostwald* bezogen Stahl, daß ein großes Ordnungsprinzip geschaffen hat. Darüber steht mehr in *Ostwalds* chemiegeschichtlichem Buch „Der Werdegang einer Wissenschaft“ (Leipzig 1908).

Für diese Stellungnahme seien noch zwei ähnliche Beispiele angeführt. *Davy*, *Thénard* und *Döbereiner* haben viele Vorgänge entdeckt, bei denen eine Reaktion

zwischen zwei Stoffen durch einen dritten hervorgerufen wird. Seitdem *Berzelius* 1835 für diese Stoffe den Namen Katalysatoren prägte und den Vorgang Katalyse nannte, ist er der Begründer des Zweiges „Katalytische Chemie“. Ähnlich knüpft sich an *Darwin* der Begriff Abstammungslehre. Wesen und Wirkung von Katalyse und Abstammung sind noch heute Gegenstand der Forschung. Die Verbrennung aber ist geklärt: Phlogiston ist ein historischer Begriff, und es wäre ungerecht, die großartige Konzeption *Stahls* mit dem Namen eines seiner Vorgänger bezeichnen zu wollen.

### Beruf und Hobby

Ein Hobby — laut Duden Steckenpferd oder Liebhabe — wird wohl jeder unserer Leser haben. In den meisten Fällen hat das Hobby nichts mit dem Beruf zu tun. Es soll ja, in der Freizeit ausgeübt, den Ausübenden entspannen und ein Ausgleich für seine Berufsarbeit sein. Oft greift aber das Hobby in die Fragen und Probleme des Berufes über — und diese Fragen sind es, die uns hier näher interessieren sollen. Von Zeit zu Zeit wollen wir darüber einen Artikel bringen. Unseren Lesern sind wir für Anregungen dankbar. Das Hobby muß aber in einer Beziehung zum Beruf stehen. Heute wollen wir mit dem Briefmarkensammeln beginnen.

Die Zahl der Briefmarkensammler ist in den letzten Jahren sehr angestiegen. Wegen der großen Zahl der bereits erschienenen Marken ist kaum ein Sammler in der Lage, alle vorhandenen Marken zu sammeln. Daher werden in den meisten Fällen nur die Marken bestimmter Länder oder nur bestimmte Motive gesammelt. Derartige Motive können Blumen, Tiere, Gebäude, Sport usw. sein. Marken mit naturwissenschaftlichen Themen werden

seltener gesammelt, solche mit chemischen noch weniger. Das liegt daran, daß Briefmarken mit derartigen Motiven kaum erscheinen. Im vorigen Jahr kam aber doch wieder einmal eine für uns interessante Briefmarke heraus.

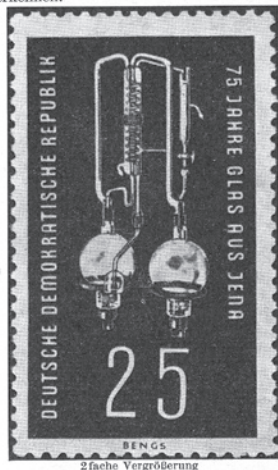
Die auf Seite 15 gezeigte Marke ist in der Deutschen Demokratischen Republik am 1. September 1959 zusammen mit einer weiteren Marke als „Gedenkausgabe zum 75jährigen Bestehen der Jenaer Glaswerke“<sup>1)</sup> erschienen. Während die zweite Marke für uns nicht so interessant ist — sie zeigt ein Teegeschirr aus Jenaer Glas —, handelt es sich bei der wiedergegebenen Marke um den höchst seltenen Fall, daß ein größeres Laborgerät auf einer Briefmarke abgebildet wurde.

Die Marke zeigt laut Michel-Katalog<sup>2)</sup> einen „Labor-Bi-Destillationsapparat“. Solch ein Gerät dient zur Herstellung von doppeltdestilliertem Wasser. So gereinigtes Wasser ist besonders rein und wird im Labor bei außergewöhnlich exakten und empfindlichen Bestimmungen oder Messungen mitunter gebraucht. Wir wollen

<sup>1)</sup> Michel-Rundschau, Nummer 1 (Oktober), Jahrgang 1960.

15

uns den abgebildeten Bi-Destillationsapparat einmal genauer ansehen. Wir sehen zwei Rundkolben. Über den Kolben sind Röhren und ein Kühler angebracht. Die Kolben ruhen auf Stativringen. Unter den Kolben kann man die Heizvorrichtung erkennen.



Das zu destillierende Wasser läuft über die ganz rechts zu sehende Röhre und den Hahn in den rechten Kolben. Hier wird es zum Sieden gebracht. Der Dampf wird über das dicke Glasrohr an den Kopf des Schlangenkühlers geleitet. Im Zentrum der von oben nach unten verlaufenden Schlange kann man eine Röhre erkennen. In ihr wird der aus dem rechten Kolben kommende Dampf wieder zu Wasser kondensiert. Es läuft über die linke der am unteren Ende des Kühlers angebrachten Glasröhren in den linken Rundkolben. Hier wird es erneut zum Sieden

erhitzt. Der Dampf gelangt über das Rohr über dem Kolben an den Kopf des Kühlers, tritt in die Schlange ein, wird kondensiert und läuft durch das rechte Rohr unter dem Kühler als bidestilliertes Wasser ab. Am Kühler kann man noch deutlich links unten einen Wasseranschluß erkennen. Es sieht ganz so aus, als ob für Kühlwasser und Speisewasser (das zu destillierende Wasser) nur ein Zu- und ein Abfluß vorhanden sind. Ein Teil des zuzießenden Wassers wird destilliert, der größere Teil wird als Kühlwasser verwendet. Über dem Kühler ist das dazu notwendige Verbindungsrohr zum Speisewasserzuluß zu erkennen. Der Kühler ist insofern interessant, als er den Dampf das erste und das zweite Mal zu kühlen in der Lage ist. Die Kolben werden offensichtlich elektrisch durch in die Kolbenböden eingeschmolzene Heizschlangen beheizt.

Das Erscheinen der Briefmarke ist auch chemiewirtschaftlich<sup>2)</sup> von Interesse. Der 75jährigen Wiederkehr des Gründungstages wurde von zwei Firmen gedacht. Die eine Firma ist das Werk in Jena, die andere Firma ist das Jenaer Glaswerk Schott und Genossen in Mainz.

Die Gründung erfolgte am 1. September 1884 als „Glastechnisches Laboratorium Schott und Genossen“. *Otto Schott* verdient als zweiter Erfinder des Glases bezeichnet zu werden, er hat die chemische Wissenschaft um einen neuen Zweig, die Chemie der Schmelzflüsse, bereichert. An der Gründung waren noch *Ernst Abbe*, *Carl Zeiss* und *Roderich Zeiss* beteiligt. Mit finanzieller Unterstützung der preußischen Regierung gelang die Entwicklung neuer optischer Gläser, Thermometergläser und des chemisch sehr beständigen und gegen Temperaturwechsel unempfindlichen Borosilikatglases. Anfang 1945 arbeiteten in der in

<sup>2)</sup> Siehe auch *Chemiker-Ztg./Chem. Apparatur* 83, 634 (1959).

16

den Jahrzehnten entstandenen Glashütte 4000 Menschen.

Nach dem zweiten Weltkrieg brachten die Amerikaner 1% der Belegschaft der Jenaer Glaswerke nach Westdeutschland. Das Werk in Jena wurde von den Sowjets demontiert, durfte aber wiederaufgebaut werden. 1948 wurde es in Volkseigentum überführt. Die nach dem Westen verbrachten Werksangehörigen

bauten im Laufe der ersten Nachkriegsjahre an verschiedenen Stellen wieder Produktionsstätten und Laboratorien auf, so in Zwiesel und Landshut. In den Jahren 1951 und 1952 entstand ein neues großes Glaszentrum in Mainz. Die Folgen der durch den Ausgang des Krieges verursachten Teilung Deutschlands zeigen sich am Schicksal dieser berühmten deutschen Glashütte.

### Buchbesprechung

Der Rechenstab oder Rechenschieber, wie er meistens genannt wird, ist auch in unseren Berufen ein unentbehrliches Handwerkszeug. Besonders während der Ausbildung wird er viel benutzt, da sich einfache Rechnungen bequem mit ihm ausführen lassen. Aber auch im Labor wird er bei der Auswertung von Analysen oder Messungen gebraucht. Überschlagsrechnungen werden mitunter gar nicht mehr zu Papier gebracht, sondern gleich mit dem Rechenschieber ausgeführt.

Oft erlebt man, daß Lehrlinge zwar zur Not mit dem Rechenstab umgehen können, im Grunde aber nicht wissen, was sie eigentlich mit dem Rechenstab machen. Ist der Ansatz oder der Rechengang dann einmal nicht nach „Schema F“, so versagt ihre Kunst am Rechenstab. Das würde aber vielleicht nicht passieren, wenn sie über das „Warum“ der Einstellungen auf den Skalen besser Bescheid wüßten. Hier hilft die Lektüre eines beachtenswerten Büchleins. Es wurde eigens für Schüler und Lehrlinge zusammengestellt.

Der Verfasser läßt den Leser eingangs die Entdeckung und die Entwicklung des Rechenstabes miterleben und führt ihn dann in die Multiplikation und Division auf dem Rechenstab ein. Rechengänge wie Erweitern und Kürzen von Brüchen, Dreisatz, Verhältnisse und Proportionen

werden behandelt und an Beispielen geübt. Die zweite Hälfte des Büchleins umfaßt die schwierigeren Rechenarten: Prozent- und Zinsrechnung, Quadrate und Quadratwurzeln, Kuben und Kubikwurzeln, reziproker Wert, Lehrsatz des Pythagoras und im letzten Abschnitt Trigonometrie. Alle neuen Einstellungen werden entweder durch Abbildungen des Rechenstabes oder durch Schema-Bilder klargemacht. Aufgaben sollen auch hier dem Leser helfen, sich mit dem Neuen vertraut zu machen.

Das Büchlein kann auch deshalb sehr empfohlen werden, weil es neben der Einführung in das Rechnen mit dem Rechenstab eine Auffrischung grundlegender mathematischer Kenntnisse bringt.

*Herbert Baldermann*, **Wir rechnen mit dem Rechenstab**. Eine leichtverständliche Anleitung für Schüler und Lehrlinge. Mit 53 Abbildungen auf 96 Seiten. Verlag Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig 1957. Kartoniert DM 4,20.

**Der Mangel an mathematischer Bildung gibt sich durch nichts so auffallend zu erkennen, wie durch maßlose Schwärze im Zahlenrechnen.**

C. S. Oauß

### 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>