

CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

Analytik

Biotechnik

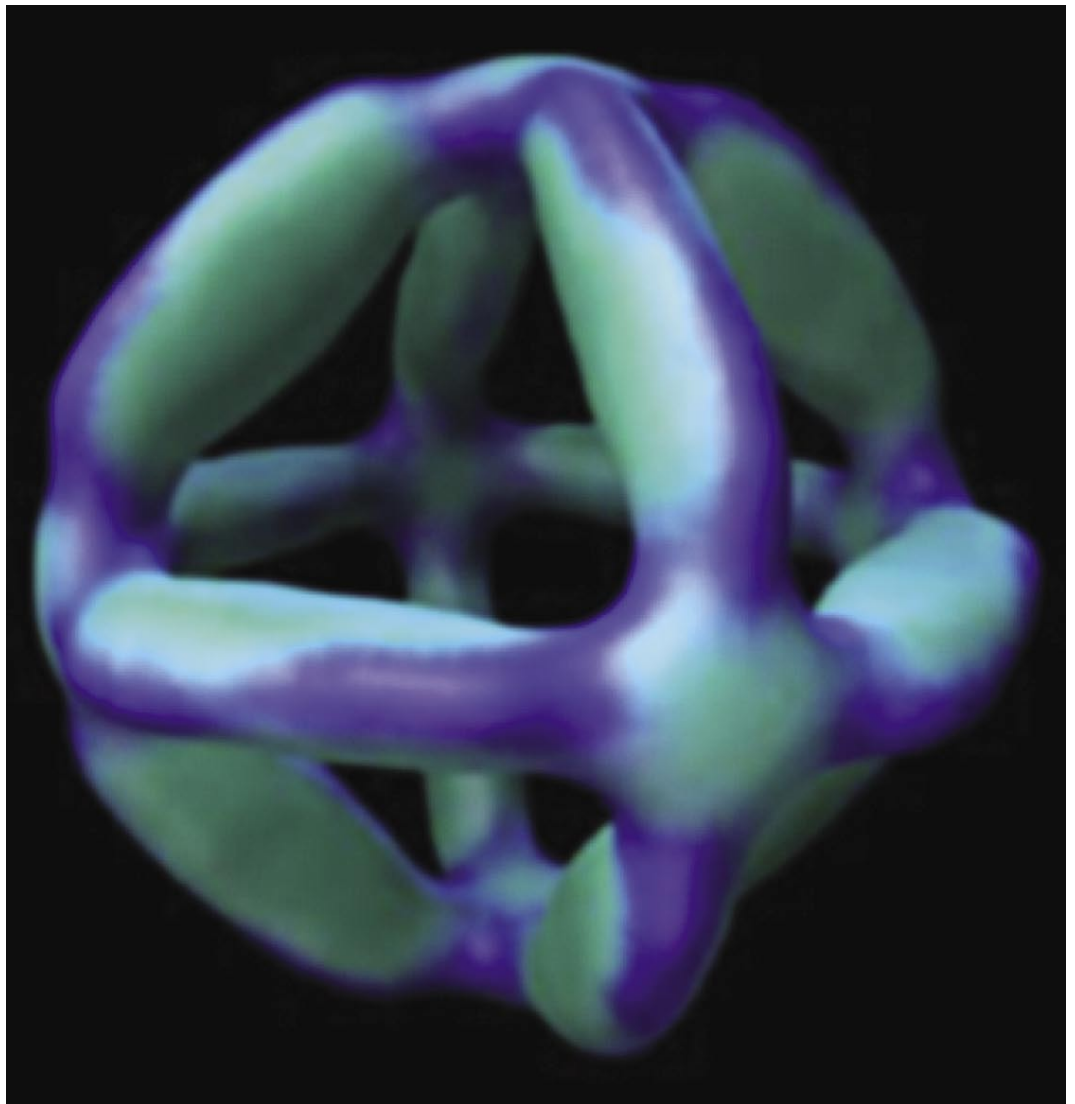
Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung



- Terahertz-Forschung
- Varianzenhomogenität
- Aquarien-Chemie

Der Mössbauer-Effekt

Zur Verleihung des Nobel-Preises für Physik

Der Nobel-Preis für Physik 1961 wurde zu gleichen Teilen dem deutschen Physiker Dr. Rudolf L. Mössbauer und dem amerikanischen Physiker Dr. Robert Hofstadter zuerteilt. Damit sind zwei Physiker ausgezeichnet worden, die — auf recht verschiedenen Arbeitsgebieten — nach jahrelanger Mühe zu Ergebnissen gekommen sind, die zunächst unerwartet waren. Ihre Deutung hat dann aber zu neuen Einblicken in den Aufbau der Materie geführt, und sie hat andererseits von einer neuen Seite aus die bisherige Vorstellung von diesem Aufbau bestätigt.

Rudolf L. Mössbauer hat den nach ihm benannten Effekt bei seiner Doktorarbeit gefunden (1958). Er erhielt von Prof. Dr. H. Maier-Leibnitz als Dissertationsthema die Aufgabe, eine aus theoretischen Gründen erwartete Temperaturabhängigkeit der sogenannten Kernresonanzfluoreszenz zu messen. Mössbauer konnte diese Aufgabe wenigstens zu einem Teil lösen, er fand zugleich aber etwas theoretisch nicht Erwartetes: einen Effekt, der bei tiefen Temperaturen auftritt.

Resonanzabsorption und Resonanzfluoreszenz

Strahlungsenergie, z. B. Lichtstrahlung, UV-Strahlung, Röntgen- oder γ -Strahlung, kann von Materie nur unter bestimmten Voraussetzungen absorbiert werden. Diese Absorption folgt den Gesetzen der Quantentheorie: die Energie kann nur in Mindestmengen oder Vielfachen davon, in Energiequanten aufgenommen werden, wobei ein Energiequant $E = h \cdot \nu$ ist ($h = \text{Plancksches Wirkungsquantum} = 6,65 \cdot 10^{-27} \text{ erg sec}$ und $\nu = \text{Frequenz der Strahlung}$).

Die absorbierte Energie kann wiederum als Strahlung ausgesandt werden — man bezeichnet diese am Flußspat entdeckte Erscheinung als Fluoreszenz. Auch die Abgabe von Strahlungsenergie unterliegt den Gesetzen der Quantentheorie. Am deutlichsten zeigt sich dies bei der Entstehung der Spektrallinien, wie sie an Hand des Bohrschen Atommodells erklärt werden kann:

Die den positiv geladenen Atomkern umgebenden negativen Ladungen, die Elektronen, laufen nach diesem Modell auf bestimmten Schalen und Bahnen um, die bestimmten Energiezuständen entsprechen, so etwa, wie man sich die Erde mit Schalen umgeben denken kann, auf denen Körper gleicher Masse

jeweils die gleiche potentielle Energie haben. Führt man solchen Körper Energie zu — man kann sie z. B. durch Arbeitsaufwendung auf eine höhere „Potentialschale“ heben —, so steckt die zugeführte Energie jetzt als vermehrte potentielle Energie in ihnen. Fallen sie von jener Höhe wieder herunter, so wird dieses Mehr an potentieller Energie als Bewegungsenergie (kinetische Energie) frei.

Entsprechendes gilt für das Atom: Führen wir ihm Strahlung einer bestimmten Frequenz ν zu, so kann das Atom diese Strahlung absorbieren, allerdings nur, wenn es auf diese Frequenz (ähnlich wie ein Radioempfänger) „abgestimmt“ ist, also Quanten dieser Größe aufzunehmen vermag. Diese Energie kann dann dazu dienen, ein Elektron von seiner Bahn im Grundzustand auf eine höhere Bahn zu heben — dies aber ist nur dann möglich, wenn das aufgenommene Energiequant E der Energiedifferenz der ursprünglichen Bahn, etwa E_m , und der neuen, höheren Bahn, etwa E_n , entspricht, wenn also ist:

$$E = E_n - E_m$$

Man bezeichnet diesen Übergang eines Atoms aus seinem energetischen Grundzustand in einen energetisch angeregten Zustand als Resonanzabsorption.

Das Elektron wird auf der neuen Bahn für kurze Zeit „umlaufen“ — und fällt dann auf seine ursprüngliche Bahn zurück. Dabei wird die zugeführte Energie wieder frei, und zwar als ein Lichtquant der Frequenz ν , einer Linie seines Spektrums. Wieder ist $E = E_n - E_m$. Diesen Vorgang nennt man Resonanzfluoreszenz. Um zu verstehen, warum man hier das Wort Resonanz benutzt, braucht man sich nur vorzustellen, daß das vom Atom ausgesandte Lichtquant von einem anderen Atom absorbiert und dann abermals als Lichtquant ausgesandt wird: Diese Erscheinung entspricht der aus der Akustik bekannten „Resonanz“, wenn etwa beim Anschlagen einer Stimmgabel die betreffende Saite eines danebenstehenden Klaviers anklängt.

Auch der Atomkern kann Energie nur dann absorbieren, wenn er durch Aufnahme eines Energiequanten in einen quantentheoretisch möglichen angeregten Zustand gelangt. Kehrt er aus diesem angeregten Zustand in den Grundzustand zurück, so sendet er die dabei freierwerdende Energie etwa in Form eines Gammastrahl-Quants aus. Wird dieses γ -Quant von einem anderen Atomkern absorbiert und abermals ausgestrahlt, so haben wir die genau entsprechenden Vorgänge der Kernresonanzabsorption und Kernresonanzfluoreszenz.

Beobachtet man nun optische Spektren in einem Spektroskop, so sieht man, daß die Linien eine gewisse Breite G haben, und d. h., daß die Frequenzen des ausgesandten Lichtes ein wenig streuen. Das aber bedeutet wieder, daß man das betreffende Atom nicht nur mit der Energie E , sondern auch mit Quanten aus dem Energiebereich $E \pm \frac{1}{2} G$ anregen kann, denn einer solchen Energieerweiterung entspricht ja die Streuung der Frequenzen.

Rudolf Mössbauer feierte jetzt seinen 75. Geburtstag

Am 31. Januar 2004 feierte Professor Rudolf Mössbauer, Nobelpreisträger für Physik (1961) und emeritierter Ordinarius für Experimentalphysik der TU München, seinen 75. Geburtstag. Geboren 1929 in München, begann Rudolf Mössbauer 1949 sein Physikstudium an der damaligen Technischen Hochschule München und schloss sein Studium 1955 bei Prof. Heinz Maier-Leibnitz ab.

Unter seiner Obhut machte Mössbauer im Rahmen seiner Doktorarbeit die entscheidenden Entdeckungen, die 1961 mit dem Nobelpreis gewürdigt wurden. Mit 32 Jahren war Mössbauer einer der jüngsten Nobelpreisträger überhaupt; zu dieser Zeit war er in den USA am California Institute of Technology. Seine Nobelpreis-gewürdigten Arbeiten hatte er jedoch am Max-Planck-Institut für Medizinische Forschung in Heidelberg durchgeführt. Dort gelangen ihm die ersten Beobachtungen der rückstoßfreien Kernresonanz-Absorption. 1958 promovierte er bei Maier-Leibnitz an der Technischen Hochschule München mit dem Thema „Kernresonanz-Fluoreszenz von Gammastrahlen in Iridium-191“. Der nach ihm benannte „Mössbauer-Effekt“ ermöglicht feinste Energiedifferenz- und Frequenzmessungen energiereicher elektromagnetischer Strahlung.

Praktische Bedeutung gewann der Effekt in Mössbauer-Spektrometern, mit denen die genaue chemische Umgebung bestimmter Elemente ermittelt werden kann. So haben die jüngst auf dem Mars gelandeten Roboter unter anderem Mössbauer-Spektrometer an Bord, um die eisenhaltigen Mineralien auf dem Mars zu untersuchen.

Die CLB ging vor 42 Jahren, im Februar 1962, ausführlich und verständlich auf den Mössbauer-Effekt ein, wie diese und die Umschlagseite 3 zeigen.

Eine entsprechende Unschärfe findet man nun auch bei der Kern-Resonanz-Absorption und -Fluoreszenz. Auch hier ist die zulässige Anregungsenergie im Einzelfalle „unscharf“, die Spektrallinie zeigt eine gewisse Breite Γ ; man kann also den Kern auch mit Energien $E \pm \frac{1}{2} \Gamma$ anregen. Man spricht in diesem Falle von der „natürlichen“ Niveau-Breite des angeregten Energiezustandes.

Energieverluste bei der Absorption und Fluoreszenz

Ein Strahlungsquant mit einer Energie $h \cdot \nu$ besitzt stets einen Impuls der Größe:

$$I = \frac{h \cdot \nu}{c} \quad (c = \text{Lichtgeschwindigkeit})$$

Dieser Impuls ist beim Licht wegen der verhältnismäßig geringen Frequenz so klein, daß er vernachlässigt werden kann. Bei den γ -Quanten der Kernabsorption und -fluoreszenz aber macht er sich bemerkbar: als kinetische Energie E_r eines Rückstoßes. Diese wirkt bei der Aussendung ähnlich wie der Rückstoß eines abgefeuerten Geschützes oder einer Rakete, bei der Absorption wie der Einschlag eines (nicht krepierenden) Geschosses. Die ausgestrahlte Energie ist also um die Größe E_r kleiner als die ursprüngliche Anregungsenergie. Bei einem Resonanzvorgang tritt demnach eine Energiedifferenz von $2 E_r$ auf. Ist E_r nun so groß, daß $E - 2 E_r$ nicht mehr innerhalb der Niveaubreite liegt, so kann es zu keiner Resonanzerscheinung kommen (vgl. Abb. 1).

Ein Vergleich der Größenverhältnisse bei den Vorgängen in der Atomhülle und im Atomkern macht dies deutlich:

Sendet ein Quecksilber-Atom die Resonanzlinie $\lambda = 2536 \text{ \AA}$ aus, so beträgt der Rückstoßverlust nur etwa 0,01 der Niveaubreite G , die Resonanz ist somit ungestört. Sendet aber ein Quecksilber-Atomkern ein γ -Quant aus, so beträgt der Rückstoßverlust ca. 25000 Γ , Resonanz ist daher nicht mehr möglich.

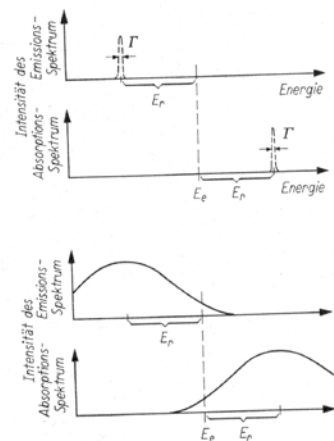


Abb. 1. Spektrum der Hg- γ -Strahlung: a) Für natürliche Linienbreite Γ (hier gegenüber der Energieverschiebung E_r übertrieben breit gezeichnet), b) Für thermisch verbreiterte Linien (die Breite der Linie ist eine Funktion der Temperatur).

Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,



vor etwa 44 Jahren stieß Nobelpreisträger Rudolf Mößbauer mit seinen Arbeiten die Tür zu neuen Möglichkeiten auf, der Natur ihre Geheimnisse zu entlocken (siehe nebenstehende historische Notiz). Heute versuchen dies Forscher wie unser Autor Erik Bründermann mit der Terahertz-Forschung (siehe Seiten 56–60). Wenn dieser Bereich elektromagnetischer Schwingungen mit Wellenlängen etwa zwischen einem Millimeter und zehn Mikrometern auch schon lange bekannt ist: Erst jetzt gibt es Werkzeuge, die gut genug sind, diesen Bereich zu erforschen und beispielsweise für spektroskopische Zwecke zu erschließen. Zu diesen Werkzeugen zählen die Entwicklung von Femtosekunden-Festkörperlasern und von Halbleiterlasern. Noch eine Anlehnung an Nobelpreise: 1999 wurde der Chemie-Nobelpreis für die Femtosekunden-spektroskopie vergeben. Kurz vor Drucklegung erreichte uns dann noch die Meldung, dass es an der TU Braunschweig weltweit erstmals gelungen sei, Terahertz-Wellen zu modulieren (Prof. Martin Koch) und mit ihnen Musik zu übertragen. Bislang sind Kommunikations-Funknetze bis 10,6 Gigahertz in Planung; jedes bisschen Frequenzband ist heiß begehrt. So dürfte die Terahertz-Forschung (1 THz = 1000 GHz) auch in dem Bereich der Kommunikation langfristig von großem Interesse sein.

Hat der Terahertz-Artikel etwas Visionäres an sich, so bietet der Artikel von Gerhard Wachter und Joachim Kleiner mit dem Thema „Varianzenhomogenität“ Tipps für die praktische Analytik (Seiten 52–55). Und wer Chemie auch gerne in seinem Hobby verfolgt, dem kommt wohl der Artikel von Wolfgang Hasenpusch gelegen. Schließlich gibt er Auskunft darüber, unter welchen fein zu analysierenden Wasserzusammensetzungen sich Riesenschnecken im Aquarium züchten lassen (Seiten 50–53).

Zu Visionen – positive wie negative – bietet dann wiederum die Nanotechnik-Rubrik Anlass, insbesondere mit den Berichten über das „Bauen mit DNA“ (Seite 67). Schließlich macht es unter der derzeitigen US-amerikanischen Regierung skeptisch, wenn sich der Energieminister Spencer Abraham euphorisch über das in Rekordzeit von Craig Venter künstlich hergestellte Virus äußert. Es sei ein spannender wissenschaftlicher Fortschritt, der die Möglichkeiten für uns beschleunigen werde, biologisch basierte Lösungen für einige unserer größten Energie- und Umweltprobleme zu entwickeln. Kurz gesagt: Umweltsünden in den USA werden von künstlichen Bakterien – eine Vision folgend dem künstlichen Bau von Viren – abgebaut; militärische Anwendungen werden ausgeblendet.

Bleibt zu hoffen, dass sich unter allen vorstellbaren Anwendungen diejenigen durchsetzen, die zu einem Nutzen für die Menschen beitragen. Allerdings sollten mögliche gesetzgebende Rahmenbedingungen auch die Chancen und nicht nur die Risiken moderner Forschung bedenken. Offenbar gibt es derzeit wiederum Gentechnik-Gesetzesdiskussionen, die Gedanken an die frühere Gentechnik-Steinzeit in Deutschland wachrufen (siehe in der Rubrik „Umfeld Wissenschaft“ auf Seite 71 den Artikel: Novelle des Gentechnik-Gesetzes – „Bürokratisch, einseitig, innovationsfeindlich“). Es wird an der Zeit, nicht nur eine Technikfolgen-Abschätzung zu betreiben, sondern auch eine Gesetzesfolgen-Abschätzung.

Ihr

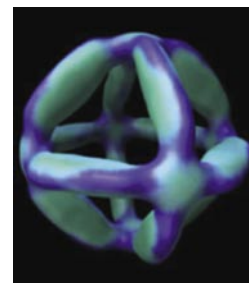
INHALT

Aufsätze

Aquarien-Chemie: Gratwanderung zwischen Anspruch und Empfindlichkeit Die Zucht der Riesenmuscheln	48
Praktische Analytik Forderung nach Varianzenhomogenität – ein Ärgernis?	52
Chemie und Medizin im neuen Licht Science und Fiktion mit Terahertz-Licht	56
Linux, Knoppix, Mac OS X, Open Source: Vorteile von Unix et al. in Chemie & Biologie Teil 4: Textverarbeitung	61

Rubriken

Editorial	41
Impressum	43
F & E im Bild	43
Unternehmen	44
Personalien	46
Förderungen / Preise	47
Umschau Essentielle Fettsäuren mit pharmakologischen Wirkungen Wohl billiger aus Blumennessel-Pflanzen	64
Nanotechnik Nanobiotechnik im Aufwind 2015 bereits 180 Milliarden US-Dollar Umsatz?	66
Bauen mit DNA (Teile 1/2) Massenweise Oktaeder / Virus künstlich in zwei Wochen hergestellt	67
Nanoröhren (Teil 1: Kohlenstoff / Teil 2: Metallsulfide) Nanotubes-Transistor steuert kleine Motoren / „Geonische Materialien“	68
Nanolampen in Polymerketten Voneinander abhängig	69
Umfeld Wissenschaft	70
Wirtschaft	72
Neue Produkte	74
Bezugsquellenverzeichnis	79

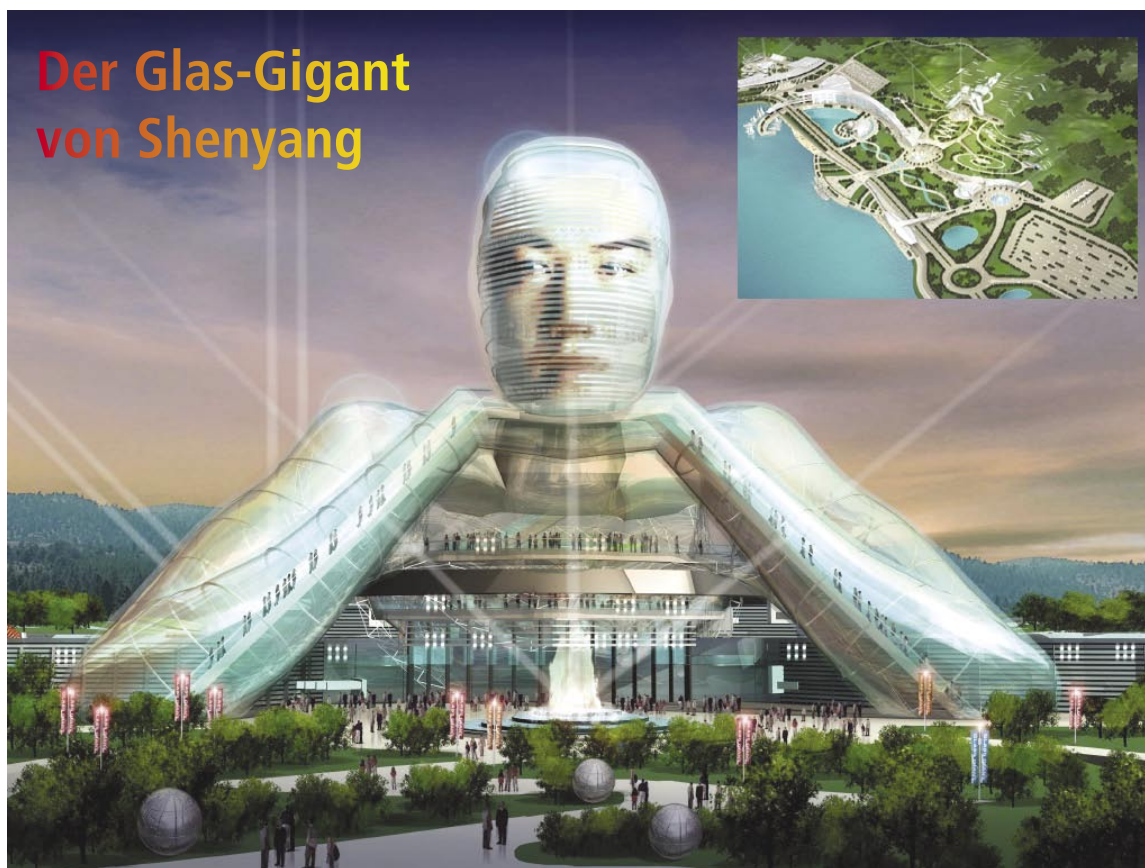


Zum Titelbild:
Klonbarer DNA-Oktaeder
in der Dimension kleiner
Viren. Die Farben entspre-
chen Elektronendichten
des Moleküls (Abb.: TSRI
/ Mike Pique; siehe dazu
den Artikel auf Seite 67).

CLB-Memory

Nachwachsende Rohstoffe Teil 8: Kollagen Proteine aus Quallen und in Gummibärchen	M9
Forschung an Fachhochschulen im Verbund mit der Wirtschaft Enzym verhindert Korkfehler bei Wein und Sekt	M11
Weiterbildungs-Innovationspreis WIP 2004	M12
Weiterbildung von Professoren	M12
Aufgabe, Funktion und Wirkung der zentralen Studienplatzvergabe ZVS vergibt 20 Prozent aller Studienplätze	M13
Nützliche Ratgeber 5 und 6	M14
Weniger Institute für Toxikologie an deutschen Universitäten Pharmakologie ist nicht gleich Toxikologie	M15
Nanowissenschaftspreis für magnetische Strukturen Vom Werftarbeiter zum Nanophysiker	M15
Rätsel aus der Chemie	M16

Der Glas-Gigant von Shenyang



Freizeitkonzept rund um das menschliche Leben will auf 86 Hektar Fläche jede Menge Spass vermischen mit wissenschaftlichem Anspruch bieten, etwa eine Achterbahnfahrt durch die Blutbahn des gigantischen Menschen, andererseits beispielsweise Erklärungen zur Funktion der Organe, Gefäße und Gelenke, Die Idee dazu – mittlerweile für die FhG patentiert – hatte Prof. em. Paul Michael Weinspach, Gründer des Instituts (Abb.: FhG).

Shenyang, die viertgrößte Stadt Chinas, etwa eine Flugstunde östlich von Peking, baut den „Glass Giant Shenyang“. Er ist Teil des ersten Themenparks Chinas mit dem Schwerpunkt „Mensch“. Das multinationale 150 Millionen US-Dollar-Projekt soll 2006 seine Pforten öffnen. Die Skulptur eines liegenden Menschen ist 200 Meter lang und 65 Meter hoch. Inhaltlich ausgestattet wird sie unter Beteiligung des Fraunhofer-Instituts für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik in Oberhausen. Das

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

Herausgeber:
Dr. Dr. U. Fitzner, Düsseldorf · Prof. Dr.
W. Fresenius, Taunusstein · Priv. Doz.
Dr. H.-M. Kuß, Duisburg · Prof. Dr. Georg
Schwedt, Clausthal-Zellerfeld · Prof. Dr.
G. Weichbrodt, Aalen · Prof. Dr. G. Wer-
ner, Leipzig.

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

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

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

Anzeigenberatung:
Krampitz Verlagsvertretung
PF 350 262, 47032 Duisburg
Telefon (0203) 4568 266 / 267
Fax (0203) 4568 538
e-Mail: anzeigen@clb.de
oder info@krampitzzv.com

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

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

CLB erscheint monatlich.

Bezugspreise:
CLB Chemie in Labor und Biotechnik mit
der Beilage „CLB-MEMORY“. Einzelheft
– außerhalb des Abonnements – 8,60
Euro, im persönlichen Abonnement jäh-
rlich 87 Euro zuzüglich Versandkosten;
ermäßigter Preis für Schüler, Studenten
und Auszubildende (nur gegen Vorlage
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 Bezugs-
jahres Kündigung erfolgt.
Erfüllungsort ist Heidelberg. Mitglieder
des VDC sowie des VBTA erhalten CLB
zu Sonderkonditionen.

Anzeigenpreisliste:
Nr. 42 vom 1.1.2002.

Bei Nichterscheinen durch Streiks o. Stö-
rung durch höhere Gewalt besteht kein
Anspruch auf Lieferung.

Die Zeitschrift und alle in ihr enthalte-
nen einzelnen Beiträge und Abbildungen
sind urheberrechtlich geschützt. Jede
Verwertung außerhalb der engen
Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist
ohne Zustimmung des Verlags unzuläs-
sig und strafbar. Das gilt insbesondere
für Vervielfältigungen, Übersetzungen,
Mikroverfilmungen und die Einspeiche-
rung und Verarbeitung in elektronischen
Systemen.
Für die Rückgabe unverlangt eingesand-
ter Buchbesprechungsexemplare kann
keinerlei Gewähr übernommen werden.

ISSN 0943-6677

vbta

NACHRICHTEN & NOTIZEN

CyPlus, weltweit führendes Unternehmen im Cyanid-Geschäft, erfüllt die hohen Anforderungen des International Cyanide Management Code (ICMC) der Goldbergbau-Industrie. Darüberhinaus erhielt das Unternehmen mit Produktionsbetrieb in Wesseling von der DQS das Zertifikat nach den internationalen Normen ISO 9001:2000 und ISO 14001. CyPlus ist eine neue, 100-prozentige Tochtergesellschaft der Degussa.

Wilden AG, Regensburg, und november AG, Erlangen, bündeln Kompetenzen für Entwicklung und Serienfertigung von mikrofluidischen LabChips für die patientennahe Nukleinsäurediagnostik. Im Rahmen einer langfristigen partnerschaftlichen Zusammenarbeit werden beide Firmen novembers LabChip-Prototypen zur Serienreife weiterentwickeln und anschließend in Großserie auflegen. Mit dem scheckkartengroßen, mikrofluidischen LabChip ist es erstmals möglich, bereits in der Arztpraxis Bakterien, Viren oder genetische Risikofaktoren schnell und kostengünstig nachzuweisen.

Michell Instruments, der führende Anbieter von Lösungen rund um die Feuchtemessung, eröffnet seine erste Niederlassung in Paris – die Michell Instruments s.a.r.l. Leiter der französischen Niederlassung wird Frédéric Sasia sein. Mit über 14 Jahren Erfahrung im Bereich der Meteorologie, ist er seit Jahren bestens mit den Produkten von Michell Instruments vertraut.

Medeus Pharma Limited entsteht aus den bisherigen **Elan**-Niederlassungen in Deutschland, Großbritannien, Frankreich, Spanien und Italien. Sitz des neuen Unternehmens ist London. Medeus wird nicht nur in den fünf größten europäischen Märkten mit eigenen Gesellschaften vertreten sein, sondern plant, in den nächsten drei Jahren seine Aktivitäten auf ganz Europa und darüber hinaus auszudehnen. Das Unternehmen setzt seinen Aufgabenschwerpunkt in den Therapiegebieten Onkologie und Intensivmedizin. In Deutschland wird die Medeus Pharma GmbH den Elan-Firmensitz in München übernehmen.

Die **SAP AG**, weltweit führender Anbieter von Unternehmenssoftware, erhält von Frost & Sullivan zwei Global Customer Leadership Awards. Damit wird SAP als bedeutendster Anbieter von ERP (Enterprise Resource Planning)- und SCM (Supply Chain Management)-Lösungen für die internationale Pharmaindustrie ausgezeichnet. Die Awards basieren auf Untersuchungen in mittleren und großen Pharmaunternehmen in rund 60 Ländern weltweit, darunter Australien, Belgien, Dänemark, Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Irland, Italien, Kanada, die Niederlande, Österreich, Schweden, Spanien, Schweiz und USA. Dabei wurden IT-Entscheidungsträger zum Thema Unternehmenssoftware befragt. SAP erwies sich dabei als Unternehmen mit dem größten ERP- und SCM-Kundenstamm innerhalb des weltweiten Pharmamarkts. Alle Befragten nannten SAP als Marktführer mit Vorreiterrolle.

Trends bei Autofarben:

Silber vorn, weiche Farben kommen

Die jetzt vorgelegte Prognose der BASF Coatings Farbexperten für Europa, Nordamerika und Asien-Pazifik sagt voraus, dass auch in den nächsten Jahren die meisten Autos Silber tragen werden. Der Trend geht jedoch weg von hart und metallisch hin zu Silberweißtönen und Farbeffekten in den Silber-tönen.

Insgesamt werden die Autos wieder farbenfroher. Die Farbexperten der BASF Coatings, Renate Weber (Europa), Jon Hall (Nordamerika) und Eiji Fujimori (Asien-Pazifik) stellten in den jeweiligen Regionen ihre Farbtrendprognose für zukünftiges Fahrzeugdesign vor. Erfahrungsgemäß finden die vorhergesagten Trends in drei bis sechs Jahren Eingang in das Pkw-Design.

Für Europa erwartet Renate Weber neue technische Silbertöne mit neuem Image durch innovative Spezialeffekte oder weiche Schattierungen. Gleichzeitig prognostiziert sie neue Facetten in Richtung

Weißsilber, natürlich-Weiß und eine Reihe interessanter Grautöne. Silberweiß, Grau, Hellblau, ein sanftes Türkis und ein liches Grüngelb passen zu diesem Trend. Renate Weber: „Alles ist sehr zart, sehr sanft und sehr feminin, selbst die männlichen Käufer ziehen dies vor.“

Auch in der Region Nordamerika bleibt Silber weiter dominant. Ihren Höhepunkt aber hat die Farbe auch hier überschritten. Die Nachfrage nach Silber-, Grau- und Weißtönen wird zwar weiterhin bestehen bleiben, aber jedes Jahr werden farbigere Töne an Bedeutung gewinnen. Rot hat in Nordamerika wahrscheinlich seinen Tiefpunkt erreicht. Neue Pigmente, die ein blauerer Rot erzeugen, werden zu neuer Popularität beitragen.

Unter vier Begrifflichkeiten setzt Eiji Fujimori seine Farbprognose für die Region Asien-Pazifik: Optimismus, bewaldete Landschaft, Natur der Zukunft und Energie. Optimismus spiegelt sich in einer hellen, farbenfrohen Palette wieder.

Olympus übernimmt Soft Imaging System

Olympus Europa hat jetzt das Unternehmen Soft Imaging System inklusive aller Niederlassungen übernommen.

Die Produkte von Soft Imaging System für die digitale Verarbeitung und Analyse mikroskopischer Abbildungen ergänzen die Produktpalette von Olympus. Soft Imaging System mit Sitz in Münster entwickelt Soft- und Hardware-Lösungen für die digitale Bilderfassung und -analyse.

Olympus Europa und Soft Imaging System arbeiten bereits seit mehreren Jahren im Bereich der Lichtmikroskopie erfolgreich zusammen.

Analytik-Marktführung? SGS mit Fresenius Labs

Die SGS (Soc.Générale de Surveillance Holding) verhandelt mit den Aktionären des Institut Fresenius Chemische und Biologische Laboratorien AG in Taunusstein zur Übernahme aller Aktien.

Diese Vereinbarung gilt, bis die Due Diligence erfolgreich abgeschlossen und die Genehmigung des Bundeskartellamtes erteilt wird. Die Akquisition soll die SGS in Deutschland zum Marktführer im Bereich der Umweltanalytik, chemische und pharmazeutische Analysen, sowie Prüfungen für die mikroelektronische Industrie machen.

Chlorherstellung aus Salzsäure

Energieeinsparung durch neues Verfahren

Bayer geht bei der Produktion von Chlor aus Salzsäure neue Wege. Das zusammen mit Partnern entwickelte Elektrolyseverfahren auf der Basis der Sauerstoffverzehrkatoden (SVK)-Technik kommt gegenüber dem bei Bayer etablierten Diaphragmaprozess mit rund 30 Prozent weniger elektrischer Energie aus.

Im Werk Brunsbüttel wurde jetzt eine nach dem neuen Verfahren arbeitende Salzsäure-Elektrolyse in Betrieb genommen. Die Jahreskapazität der Anlage wird 20 000 Tonnen betragen. Erstmals wur-

de dabei eine rein metallische Elektrolysezelle mit Ionenaustauschermembran in der Salzsäure elektrolyse eingesetzt. Gasförmiger Sauerstoff wird mittels der Sauerstoffverzehrelektrode in den Prozess eingespeist. An der Kathode entsteht Wasser anstelle von Wasserstoff. Deshalb kann bei gleicher Stromdichte die Elektrolyse mit verringerter Spannung betrieben werden. Dadurch reduzieren sich Energiekosten und Kohlendioxidemission aus der Energieerzeugung. Das produzierte Chlor benötigt keine weiteren Reinigungsschritte mehr.



Salzsäure-Elektrolyseur mit der neuen Sauerstoffverzehrkatodentechnik am Standort Brunsbüttel (Foto: Bayer).

Bayer: Thermoplast-Prüfungen auch in Kundenauftrag

In hoch automatisiertem Testcenter

In den vergangenen Jahren hat das Thermoplastics Testing Center der Bayer Material Science AG seine Produktivität durch Automatisierung der Prozesse deutlich gesteigert.

Der Einsatz von Robotern und modernsten Geräten trägt zur Genauigkeit und sehr guten Reproduzierbarkeit der Prüfungen bei. So werden etwa beim Zugversuch mit E-Modul die Prüfkörper auto-

matisch stets so eingespannt, dass die Kräfte exakt zentrisch einwirken – eine wesentliche Bedingung, um die Steifigkeit des Prüfmateri als präzise bestimmen zu können.

Das neue Center besitzt eine komplette Fertigungslinie, mit der ABS und dessen Blends, Polycarbonate und technische Thermoplaste in Mengen von 1,3 bis 100 Kilogramm compoundiert werden können. Die Prüfkörperherstellung erfolgt mit vollautomatischen Spritzgießmaschinen. Dabei sind rund 100 verschiedene Spritzgießformen für nahezu alle Prüfvorschriften nach ISO (International Organization for Standardization), UL (Underwriters Laboratories) und CAMPUS (Computer Aided Material Preselection by Uniform Standards) vorhanden. Das TTC führt die gängigen Prüfungen für alle wichtigen Kunststoffanwendungen durch, wobei Standard-Thermoplaste wie Polyethylen und Polypropylen als Prüflinge ebenso willkommen sind wie thermoplastische Hochleistungskunststoffe.

Prüfautomat zur Bestimmung des Fließverhaltens von Kunststoffschmelzen (Foto: Bayer).



Keine Arbeitsgebühr nach Arbeitsunfall

Unfallverletzte, deren Heilbehandlung und Rehabilitation nach Arbeitsunfällen oder Berufskrankheiten über die gesetzliche Unfallversicherung abgedeckt ist, müssen keine Praxisgebühr („zehn Euro“) zahlen. Auch brauchen sie keine Zuzahlungen für Arzneimittel und Heilmittel zu leisten, sofern die Verordnung zur Behandlung nach einem Arbeitsunfall oder einer Berufskrankheit ausgestellt wurde. Darauf machte jetzt die Berufsgenossenschaft Chemie (BG Chemie) in Heidelberg aufmerksam.

Seit dem Januar 2004 ist die Gesundheitsreform in Kraft. Für Versicherte in der gesetzlichen Unfallversicherung bestehen vielfach Unklarheiten über die Zuzahlungen bei Arznei- und Heilmittel und die Zahlung der gesetzlich vorgegebenen Praxisgebühr.

Die gesetzliche Unfallversicherung ist von der ab 1. Januar 2004 geltenden Rechtsänderung nicht betroffen. Nach wie vor rechnet der behandelnde Arzt seine Gebühren direkt mit der Berufsgenossenschaft ab. Es fallen somit keine Praxisgebühren für die Patienten an, sie müssen auch keine Versicherungskarte vorlegen.

Wichtig ist jedoch, dass sich Patienten nach einem Arbeitsunfall zunächst an einen Durchgangsarzt wenden. Der nächst gelegene Durchgangsarzt kann beim Arbeitgeber erfragt werden.

Die **BAYERISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN** hat **Dr. Gottfried Sachs** zu ihrem 2. Sekretär gewählt. Der Ordinarius für Flugmechanik und Flugregelung an der TU München ist somit Mitglied des Vorstandes der Akademie. Er löst in dieser Funktion **Prof. Dr. Hubert Ziegler**, em. o. Professor für Botanik an der TU München, ab, der dieses Amt elf Jahre ausgefüllt hat.



Sachs

BAYER CROPSCIENCE AG
Prof. Dr. F. Berschauer (53), derzeit Vorstandsmitglied der Bayer HealthCare AG und Leiter der Division Animal Health, wird zum 1. April 2004 neuer Vorstandsvorsitzender der Bayer CropScience AG. Er tritt die Nachfolge von **Dr. J. Wulff** (64) an, der in den Ruhestand geht. Künftiger Divisionschef von Animal Health wird **Dr. G. Riemann** (45), bisher Leiter der Division Biologische Produkte. Er wird zudem dem Vorstand der Bayer HealthCare AG angehören.



Berschauer

BRENNTAG LATIN AMERICA
Peter Staartjes (44) wurde zum President Brenntag Latin America, Inc. ernannt. Peter Staartjes, bislang Chief Operating Officer Brenntag Latin America, Inc., verfügt über mehr als zwei Jahrzehnte umfangreicher Erfahrung in der Chemiedistribution und verantwortete verschiedene internationale Führungspositionen in den Bereichen Vertrieb und Marketing. Gleichzeitig wurde **Markus Klähn** (35) zum Chief Financial Officer Brenntag Latin America, Inc. ernannt. Markus Klähn konnte als Leiter des Bereiches Unternehmensentwicklung und IT bei der Brenntag AG in Mülheim sowie bei Brenntag, Inc., Reading/USA solide Erfahrung in den Bereichen Unternehmensentwicklung und Finanzen sammeln. In Lateinamerika ist Brenntag mit einem Umsatz von mehr als 300 Millionen Euro und mit rund 50 Standorten in den wichtigsten Industrieregionen der führende Chemiedistributeur.



Staatjes



Klähn

BUND-LÄNDER-KOMMISSION für Bildungsplanung und Forschungsförderung (BLK)

Dr.-Ing. M. Rößler, der sächsische Staatsminister für Wissenschaft und Kunst, wurde zum stellvertretenden Vorsitzenden der BLK 2004 gewählt. Dr. Rößler ist bereits seit 1994 Mitglied der Kommission, zunächst als Kultusminister des Freistaates Sachsen und seit Mitte 2002 als Wissenschaftsminister. Gleichzeitig wurde **Rebekka Kötting**, Ministerialrätin, in ihr Amt als stellvertretende Generalsekretärin der BLK eingeführt. Die 42-jährige Juristin löst damit **Harald Bock** ab.

IMM Prof. Dr. Theodor Doll übernahm am 1. Februar 2004 am IMM die Aufgaben des wissenschaftlichen Geschäftsführers von **Prof. Dr. Gerhard Schönhense**. Die Schwerpunkte seiner Forschung liegen in den Bereichen Sensorik und der Fertigung von Nanostrukturen und mikroelektromechanischen Systemen.

JUSTUS-LIEBIG-UNIVERSITÄT GIESSEN Prof. Dr. R. Kurth, Virologe und Präsident des Robert Koch-Instituts in Berlin, wurde vom Hochschulrat der Justus-Liebig-Universität Gießen zum neuen Vorsitzenden gewählt. Derzeitige Belange des Hochschulrates sind Haushaltslage, Erweiterung der Kooperation der mittelhessischen Hochschulen und der Bedeutung der Medizin für das wissenschaftliche Profil der Justus-Liebig-Universität Gießen.

UMWELTFORSCHUNGSZENTRUM LEIPZIG-HALLE Prof. Georg Teutsch (47) wird Nachfolger des langjährigen wissenschaftlichen Geschäftsführers des Umweltforschungszentrums Leipzig-Halle, **Prof. Peter Fritz**. Prof. Teutsch kommt von der Eberhard-Karls-Universität Tübingen, wo er seit mehr als zehn Jahren Lehrstuhlinhaber und Professor für Angewandte Geologie und Hydrogeologie ist.

ADUC- und GDCh-Ehrungen

In Dortmund werden Anfang März 2004 der Alfred-Stock-Gedächtnispreis, der Carl-Duisberg-Gedächtnispreis und die Ehrenmitgliedschaft der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) vergeben. Preisträger sind Professor Dr. Hansgeorg Schnöckel, Karlsruhe, Dr. Andreas Terfort, Hamburg, und Professor Dr. Heindirk tom Dieck, Friedrichsdorf. Seit 1993 ist **Dr. Hansgeorg Schnöckel** Professor für Analytische Chemie am Institut für Anorganische Chemie der Universität Karlsruhe. Der Schwerpunkt seiner Forschungsinteressen hat sich auf die Synthesechemie mit und Strukturuntersuchungen von Aluminium- und Gallium-Halogeniden und neuerdings auf die Darstellung metalloider Al- und Ga-Clusterverbindungen verlagert. In Anerkennung seiner hervorragenden und breit angelegten Arbeiten auf dem Gebiet der selbstorganisierenden Monoschichten auf Festkörpern erhält **Dr. Terfort** den Carl-Duisberg-Gedächtnispreis. Zentraler Aspekt ist dabei die Realisierung hochgeordneter, stabiler Monoschichten mit starrem Molekülgerüst und speziellen Oberflächenfunktionen. Die Ehrenmitgliedschaft wird dem ehemaligen GDCh-Geschäftsführer **Dr. tom Dieck** verliehen, der in wirtschaftlich schwierigen Zeiten der Gesellschaft Deutscher Chemiker auch international zu hohem Ansehen verhalf. Seine größten Verdienste waren die Einrichtung von Stiftungen in der GDCh, die Neuordnung der verlegerischen Aktivitäten der GDCh und des europäischen Chemie-Zeitschriftenwesens in Zusammenarbeit mit anderen großen europäischen Schwester-gesellschaften. Die ADUC-Preise erhielten **Dr. Hans-Jörg Himmel**, Karlsruhe, in Anerkennung seiner Arbeiten zu Modellreaktionen von Metallatomen und Metallatomclustern und zur Charakterisierung der dabei auftretenden reaktiven Intermediate, **Dr. Kilian Muñoz**, Bonn, für seine Arbeiten zur Diaminierung von Olefinen und für die Entwicklung und Diskussion des Mechanismus stereoselektiver Varianten auf der Grundlage von Imidoosmium-Verbindungen, und **Dr. Markus Reiher**, Bonn, für seine Arbeiten zur theoretischen Schwingungsspektroskopie, insbesondere der Entwicklung einer Methode zur selektiven Berechnung einzelner Normalschwingungen in großen Molekülen.

Fotos: Chemie im Alltag Leukämie-Forschung

Fotografieren, wo Chemie im Alltag nützlich ist – die besten zwölf Fotos werden zur Gestaltung eines VAA-Kalenders 2005 verwendet. Jeder der ausgewählten Fotografen erhält 100 Euro, die besten 50 je einen der mit diesen Motiven gestalteten VAA-Kalender. Noch bis zum **31. März 2004** können VAA-Mitglieder ihre Bilder unter dem Stichwort „VAA-Fotowettbewerb“ an die VAA-Geschäftsstelle in Köln senden (Kattenbug 2, 50667 Köln, e-Mail: info@vaa.de). Fragen bitte an Dr. Reiner Siekerkötter, Tel 0221 160010. Voraussetzung ist, dass die Verwertungsrechte an den Bildern dem VAA zum Abdruck im Kalender, in anderen Publikationen oder zur Einstellung auf die Internet-Seiten des VAA übertragen werden. Nur selbst geschossene Bilder, ohne Rechte Dritter, werden akzeptiert. Die auf den Fotos abgebildeten Personen müssen mit der Veröffentlichung einverstanden sein. Es werden Farbfotos erbeten, entweder Papierbilder (9x13 Zentimeter, glänzend) oder Digitalfotos (9x13, 300 dpi, jpg). Kennzeichnen Sie Ihre Fotos mit Namen und Adresse. Sie können maximal drei Fotos einreichen. Sie erhalten die Bilder nicht zurück. Wichtig ist auch, dass Sie uns pro Bild eine Bildunterschrift mitliefern, aus der hervorgeht, welche Gedanken Sie mit dem jeweiligen Foto verbinden.

Für Technikverständnis

Die Akademie der Wissenschaften zu Göttingen schreibt 2004 zum zweiten Mal den mit 5000 dotierten Sartorius-Preis aus. Er wird für eine kürzlich veröffentlichte hervorragende Arbeit zum Verstehen und zur Akzeptanz von Naturwissenschaften und Technik in der Öffentlichkeit verliehen. Einsendeschluss ist der **30. April 2004**, an die Akademie der Wissenschaften zu Göttingen, der Präsident, Theaterstr. 7, 37073 Göttingen. Näheres unter www.adw-goettingen.gwdg.de

Die Franziska-Kolb-Stiftung zur Förderung der Leukämieforschung verleiht jährlich einen mit 4000 Euro dotierten Preis für herausragende Dissertationen und andere wissenschaftliche Arbeiten, deren Gegenstand leukämische oder verwandte bösartige Blutkrankheiten sind. Bewerber sollten nicht älter als 35 Jahre und Mitglieder einer der baden-württembergischen Landesuniversitäten oder einer der mit ihnen kooperierenden Einrichtungen sein. Bewerbungen und Vorschläge sind bis **30. April 2004** beim Dekanat der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm, 89069 Ulm, einzureichen. Auskünfte bei Peter Pietschmann, Pressestelle der Universität Ulm, Tel 0731 50 22020, -22021.

Komplexe Systeme

Die Volkswagen-Stiftung richtet eine Förderinitiative „Neue konzeptionelle Ansätze zur Modellierung und Simulation komplexer Systeme“ ein, die sich an Theoretiker aus allen Wissenschaftsdisziplinen, die mit computerbasierten Ansätzen arbeiten, richtet. Die Förderinitiative hält unterschiedliche Angebote bereit. Die Stiftung wird einzelne Forschungsprojekte zu den formalen Grundlagen komplexer Systeme fördern. Integriert ist auch die Nachwuchsförderung in Form von Forschungsstipendien an theoretisch arbeitende Physiker und Chemiker, Mathematiker, Informatiker und Ingenieure, die in die Biologie oder andere Fächer ohne ausgeprägte Theorietradition wechseln möchten, um dort ihre Modellierungs- und Simulationskompetenz einzubringen. Darüber hinaus bietet die Stiftung Symposien und Sommerschulen an. Informationen unter www.volkswagenstiftung.de/ im Menü Förderung/Förderinitiativen, und bei der VolkswagenStiftung, Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, Dr. Christian Jung, Tel 05 11 83 81 380.

Usability im Internet

Erstmals wird der mit 4000 Euro dotierte eResult Usability Contest vom Göttinger Markforschungs- und Beratungsunternehmen eResult mit Preisen in zwei Kategorien ausgeschrieben. Der Science Award wird an Studenten und Wissenschaftler vergeben, die hervorragende Diplomarbeiten, Dissertationen und Forschungsprojekte auf dem Gebiet der Usability-Forschung aus den Jahren 2001 bis 2004 aufweisen können. Der Design Award geht an Agenturen oder Designer, die innovative Vorstellungen zur Verwirklichung von Darstellungskonzepten insbesondere für Senioren und Behinderte erarbeiten. Die Frist zur Einreichung von Vorschlägen für beide Preise endet am **30. Juni 2004**. Informationen unter www.usability-contest.de.

Gründerinnen – Ideenwettbewerb

Best concept - ein Geschäftsideen-Wettbewerb für Gründerinnen in Bayern, ist ein Projekt, das von Universitäten in Bayern, dem Bayerischen Volkshochschulverband und der Regionaldirektion Bayern der Bundesagentur für Arbeit unterstützt wird. Die Teilnehmerinnen erarbeiten auf wenigen Seiten ein aussagekräftiges Konzept. Kunden, Partner und mögliche Geldgeber müssen von der Geschäftsidee überzeugt werden. Es gibt attraktive, themenbezogene Preise zu gewinnen. Konkrete Hilfe bei der Erstellung des Konzeptes bietet der Leitfaden, der unter www.effekt-online.de abgerufen werden kann. Für Auskünfte steht die Gründerberaterin der Universität Bayreuth, Dipl. Geoök. Andrea Mehling (Tel 0921 55 7307; Fax 0921 55 7333; email: andrea.mehling@uni-bayreuth.de) zur Verfügung. Abgabeschluss für die Beiträge ist Freitag, der **2. April 2004**.

Die Zucht der Riesenmuscheln

Wolfgang Hasenpusch

Spätestens seit der italienische Renaissance-Maler Sandro Botticelli in seinem großen Ölbild „Die Geburt der Venus“ um 1486 die Schönheitsgöttin mit einer überdimensionalen Muschelschale darstellte, nennen die an den pazifischen Weltmeeren lebenden Menschen die Riesenmuscheln auch Venusmuscheln. Wie auch 2004 in dem Buch der Guinness World Records festgehalten, erreichen die größten aller zweischaligen Muscheln in den indischen und pazifischen Ozeanen beeindruckende Ausmaße: 1956 fanden Taucher vor der japanischen Insel Ishigaki bei Okinawa ein 115 Zentimeter breite Riesenmuschel der Art *tridacna gigas* mit einem Gewicht von 333 Kilogramm. Erst 1984 wurde sie wissenschaftlich untersucht. Bereits 1817 entdeckten Fischer an der Nordwestküste Sumatras vor Tapanuela ein 137 Zentimeter breites Schalenpaar, das 230 Kilogramm wog. Wie schwierig die Aufzucht dieser und anderer Riesenmuschelarten in einem Riff-Aquarium ist, beschreibt Daniel Knop in seinem Buch „Riesenmuscheln“, das 1994 im Dähne Verlag, Ettlingen, erschien. Für die sehr empfindlichen Meerestiere muss der Aquarium-Züchter eine Gratwanderung unter Beachtung einer Reihe von Parametern vollführen, für die ein kleines Labor sowie chemische Grundkenntnisse sehr hilfreich sind. Zu beachten sind neben den physikalischen Größen Temperatur, Transparenz, Schaumbildung und Beleuchtung auch die chemischen Konzentrationen an Salzen, Wasserstoffionen (pH-Wert), Nitrat, Kalzium, Carbonat sowie Spurenelemente und Vitamine.

1. Biotop „Aquarium“

Selbst ein 1000-Liter-Becken erfordert intensive Beobachtung und Betreuung, um die engen Toleranzgrenzen einzuhalten, die auch Gegenstand der folgenden Betrachtungen sind. Die Meere bieten derart fein austarierte und konstante Lebensbedingungen, wie sie in Aquarien nur mit großem Aufwand nachzuvollziehen sind. Da sich viele Kreisläufe einander bedingen, wie die Photolyse von Hydrogencarbonat in Abhängigkeit der spektralen Verteilung und Stärke des Lichtes, oder

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 und Universitäten sowie auch der Ausbildung zum Tauchlehrer.



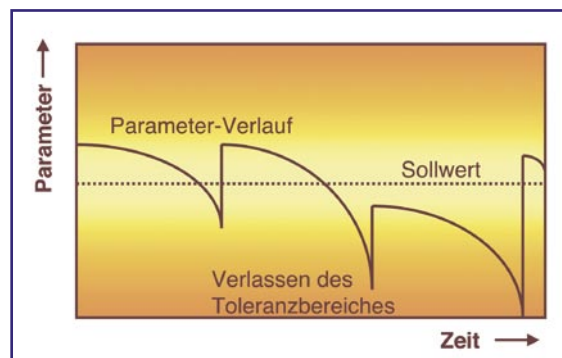
die Verwertungssysteme der verschiedenen Unterwasser-Faunen und -Floren, wären nur kontinuierliche Parameterüberwachungs- und Einstellsysteme dem natürlichen Lebensraum einigermaßen ebenbürtig. Sollvorgaben müssen immer wieder in ihrem Toleranzkorridor gehalten werden: durch Analysen und entsprechende Korrekturen (Abbildung 1).

2. Wachstum der Riesenmuscheln

Bei den Riesenmuscheln der *Tridacna*-Familie sind insgesamt sieben bisher bekannte Arten zu unterscheiden (Tabelle 1). *Tridacna gigas* ist die weitaus größte unter den zweischaligen Riesenmuscheln. Sie leben in den südostasiatischen Meeren in Tiefen, in die das Licht noch mit hinreichender Stärke dringt. Das sind in der Regel die flachen Riffgewässer, denn ab fünf Meter Wassertiefe ist der Rotanteil des Sonnenlichtes bereits vom Wasser absorbiert. Der orange Anteil reicht gerademal bis in eine Wassertiefe von 15 Meter, und bis in eine Tiefe von über 30 Meter dringt nur noch das grüne und blaue Licht vor.

Bis in die Zonen des Roten Meeres sind nur die Riesenmuschelarten *tridacna squamosa* und *tridacna maxima* in den Westen der tropischen Meere vorgezogen. Während die *squamosa* sich durch stark geschuppte Schalenrippen auszeichnet, erkennt man die *maxima* an ihren deutlicheren Vertikalrippen mit den feineren Schuppen sowie der deutlich asymmetrischen Schalenform. Südlich von El Quesir liegen die Schalen der *Maxima*-Art zu Tausenden am Strand. Sie bieten daher die Gelegenheit, dort über und unter Wasser näher betrachtet zu werden. Ihr Wachstum vollzieht sich kontinuierlich in Höhe und Breite, aber auch in der Anzahl der vier bis sieben Vertikalrippen. Höhe und Breite verhalten sich lebenslang zueinander, wie die harmonischen Streckenabschnitte eines „Goldenen Schnitts“ im Verhältnis 0,62 zu 1 (Abbildung 2).

Abbildung 1: Parameter-Analyse und Korrektur.



3. Aquarien-Parameter für Riesenmuscheln

In dem begrenzten Lebensraum eines Riff-Aquariums wachsen nur wenige Pflanzen- und Tierarten. Die Natur sieht sich trotz größter Sorgfalt in diesem künstlichen Biotop nur unvollkommen kopiert. All die natürlichen Regelkreise müssen hier mit hohem analytischen und technischen Aufwand ausbalanciert und aufrechterhalten werden. Riesenmuscheln aller Arten sind da besonders empfindlich. Das gilt für das Licht und den Salzgehalt ebenso wie für andere physikalische und chemische Parameter.

3.1 Physikalische Parameter

Zu den physikalischen Größen, die in einem Riff-Aquarium einzustellen sind, zählen Beleuchtung, Temperatur und Klarheit des Wassers. Riesenmuscheln reagieren sehr empfindlich auf Milieu-Änderungen. Die Bedingungen ihrer natürlichen Umgebung in den ersten Jahren, müssen in den späteren Zuchtbecken möglichst genau eingehalten werden.

3.1.1 Beleuchtung

Die Beleuchtung der großen Aquarien besteht meist aus Kunstlicht. Diese Lichtquellen strahlen jedoch nicht in gleichem Maße im sichtbaren Wellenlängenbereich von grob 400 bis 800 Nanometern, von energiereichem Violett bis zum energieärmeren Rot, wie die Sonne.

Riesenmuscheln leben in Symbiose mit Algen, die sich in ihrem zwischen den geöffneten Schalenhälften ausgebreiteten Mantel einnisten. Die Algen haben sich

an die Lichtverhältnisse in einer bestimmten Tiefe gewöhnt. Sie regeln in Abhängigkeit von der Tiefe den Chlorophyll- und Carotinanteil in ihren Assimilationspigmenten, was an der Mantelfärbung auch deutlich zu sehen ist. Dem Spektrum der Lichtquellen kommt also eine hohe Bedeutung zu.

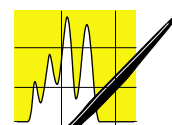
Die Lichtstärke nimmt mit der Tiefe, je nach Spektralbereich, auch rasch ab: nach einem Meter bereits um 15 Prozent, nach 10 Metern schon um etwa 60 Prozent. In größeren Tiefen oder Entfernungen von Lichtquellen müssen sich die Schalen der Riesenmuscheln weit öffnen können, damit sich die Mäntel intensiver mit Assimilations-Pigmenten bestücken können. Leuchtstoffröhren und Quecksilberdampflampen, die in anderen Bereichen der Aquarienhaltung gute Dienste leisten, sind für die Aufzucht der Riesenmuscheln nicht geeignet. Hier haben sich Tageslicht-Halogenmetaldampfstrahler mit hinreichender Leuchtstärke und guter spektraler Verteilung bewährt, wie Daniel Knop in seinem oben zitierten Buch beschreibt.

3.1.2 Wassertemperatur

Riesenmuscheln reagieren auf ein Absinken der Temperatur, etwa bei Stromausfall, sehr empfindlich. Die tolerierbaren Temperaturen liegen zwischen 22 und 34 Grad Celsius, optimalerweise um 27 Grad Celsius. Gegen ein Verlassen dieser Temperaturen sind entsprechende Maßnahmen, wie Sekundärheizung beziehungsweise Ventilator Kühlung einzuleiten. Auch Alarme können mit der Temperaturregelung verbunden werden. Mollusken reagieren auf eine Unterkühlung unter 22 Grad Celsius wesentlich empfindlicher als bei Überwärmung.

3.1.3 Schaumbildung

Im offenen Meer greifen Kreisläufe derart ineinander, dass jegliche Rückstände biologisch verwertet werden. In Aquarien fehlen in der Regel die Bakterienstämme und Mikroorganismen, die das Angebot an Futterresten, Kot und Fetten abbauen. So muß dieses zwangsläufige Überangebot an organischen Bestandteilen, das im fortgeschrittenen Stadium auch zur Trübung des Wassers führt, auf technischem Weg aus dem Wasser entfernt werden. Dieses geschieht mit sogenannten Entschäumern: Kohlenhydrate, Eiweiße und Fette, aber auch mineralisch gelöste Stoffe konzentrieren sich an der Oberfläche von Luftblasen, die in einen Abscheider geleitet werden.



AUFSÄTZE

Abbildung 2: Vermessung der Riesenmuscheln

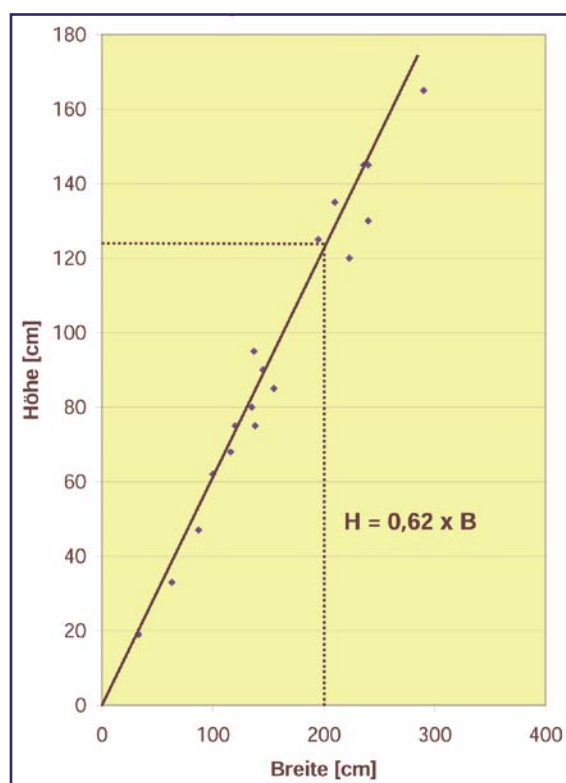
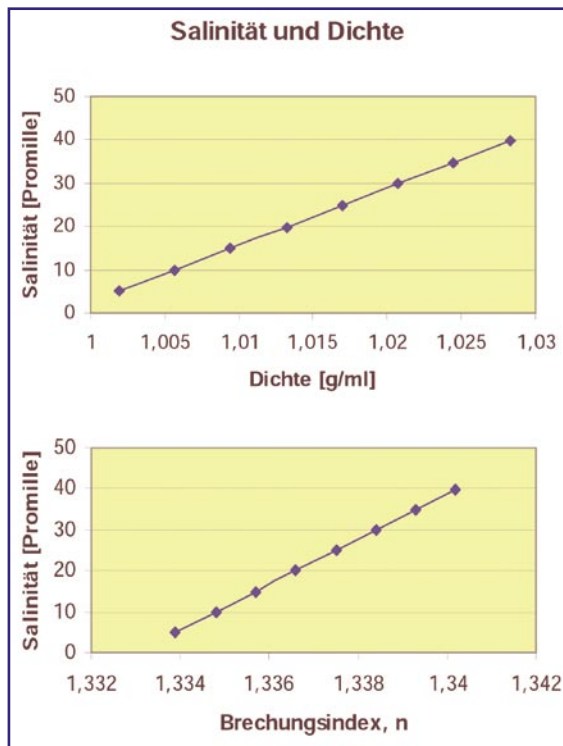


Tabelle 1: Riesenmuschel-Arten.

Tridacna - Familie				
	Tridacna-Arten	Max. Breite [cm]	Vorkommen	Besonderheit
1.	T. crocea	15	SO-Asien bis N-Australien	glatt, feingepipt, dünne Schuppen am oberen Rand, große Byssus-Öffnung
2.	T. squamosa	40	ges. ind. - und pazif. Ozean	Rippen und deutliche Schuppen (Squama=Schuppe)
3.	T. maxima	40	ges. ind. - und pazif. Ozean	Schuppen verstärkt im oberen Bereich abgerundete, gut schließende Schalenzähne
4.	T. derasa	60	SO-Asien bis N-Australien	"Mördermuschel", "Riesenmuschel", schlecht schließender Schalenraum
5.	T. gigas	140	SO-Asien bis N-Australien	sehr selten, glatte Schalen
6.	T. tevora	50	Tonga, östl. Fiji-Inseln	äußerst selten, erst 1991 beschrieben, sehr große Mantelschuppen
7.	T. rosewateri	20	örtl. begrenzt, ind. Ozean	

Abbildung 3: Bestimmung der Salinität aus Dichte oder Brechungsindex bei 20 Grad Celsius.



Des weiteren sind Kohlefilter zum Reinigen des Aquariumwassers im Einsatz. Aber auch sie entfernen nicht nur gelöste Schadstoffe, sondern auch wichtige Spurenelemente, die entsprechend nachzudosieren sind.

3.1.4 Wasserbewegung

Da Riesenmuscheln lebenslang ortsfest mit ihren Bysusfäden am steinigen Untergrund haften, sind sie auf den hinreichenden Zustrom von Nahrung und Sauerstoff angewiesen. Allerdings bevorzugen sie die sanften Strömungen, bei der ihre Mantellappen nicht hochklappen. Als grobe Faustformel dient eine Umwälzleistung des fünffachen Wasservolumens in der Stunde.

3.2 Chemische Parameter

Die Aquarien-Chemie hat sich in den letzten Jahren zu einem eigenständigen Gebiet ausgeweitet, in dem viele

Wirkungsketten noch nicht aufgeklärt sind. Die Bedeutung der Ionen Natrium, Kalium, Kalzium, Ammonium sowie Chlorid, Carbonat, Phosphat, Nitrat und einiger Spurenelemente sind weitgehend bekannt. Ihre Konstanz spielt gerade bei den ortsfesten Riesenmuscheln eine besondere Rolle. Für die Analyse der chemischen Parameter stehen verschiedene Test-Kits und Nachfüll-Chemikalien im Fachhandel zur Verfügung.

3.2.1 Salinität

Die höchste Salzkonzentration in den Weltmeeren mit 2,8 Prozent, oder 80 Prozent des Gesamtsalzgehaltes (= Salinität) macht das Natriumchlorid, NaCl, aus. Daneben sind Magnesium- und Kalziumsalze in nennenswerten Konzentrationen zu finden. In einigen Seitenarmen der Weltmeere, wie im Mittelmeer oder im besonderen Maße im Roten Meer, hat sich der Salzgehalt deutlich erhöht (Tabelle 2). Durch mangelnden Nachfluß aus dem Indischen Ozean konnte sich die Salinität im Roten Meer auf über 40 Promille aufkonzentrieren. Es ist daher bedeutsam für die Riesenmuschel, ihre Herkunft zu kennen, um sie in einem gewohnten Salzgehalt heimisch fühlen zu lassen.

Die Salinität läßt sich auch auf physikalischem Weg über die Dichte mittels einer speziellen Senkwaage, auch Aräometer, Densimeter oder Spindel genannt, ermitteln. An der Tiefe des Eintauchens einer mit Bleischrot gefüllten, skalierten Glasröhre ist die Dichte des Aquariumwassers relativ gut abzulesen. Eichgeraden führen zur Salinität in Abhängigkeit von der Wassertemperatur. In analoger Weise ergibt sich die Salinität aus dem Brechungsindex des Salzwassers: Ähnlich wie die Winzer ihren Traubenzucker-Gehalt im Most mit einem Refraktometer ausmessen, ist auch der Salzgehalt über Brechungsindex und Eichgeraden zugänglich (Abbildung 3). Eine weitere Methode zur Bestimmung der Salinität läuft über die elektrische Leitfähigkeit

Tabelle 2: Salinität und wesentliche Salzgehalte der Weltmeere.

A. Salinität der Meere [%]		C. Chemische Analyse [g/t = ppm], Salinität=3,5%	
Atlantik, Nord-	3,5	Chlorid, Cl	18.980
Atlantik, Süd-	3,7	Natrium, Na	10.561
Indischer Ozean	3,4	Magnesium, Mg	1.272
Rotes Meer	4,1	Sulfat-Schwefel, S	884
Mittelmeer, West-	3,7	Kalzium, Ca	400
Mittelmeer, Ost-	3,8	Kalium, K	380
B. Künstliches Meerwasser [g/ 985 ml H2O]		Bromid, Br	65
NaCl	28	Carbonat-Kohlenst., C	28
MgSO4 x 7 H2O	7	Strontium, Sr	13
MgCl2 x 6 H2O	5	Silikat, SiO2	bis 8
CaCl2 x 6 H2O	2,4	Borat, B	4,6
NaHCO3	0,2	org. Kohlenstoff, C	bis 3
		Aluminium	bis 1,9
		Fluorid, F	1,4

3.2.2 Kalzium

Viele Meerestiere bauen Ihre Schalen, Panzer und Gerüste aus dem Kalziumgehalt der Nahrung auf. Riffmuscheln müssen dagegen dem Meerwasser das gelöste Kalziumhydrogencarbonat, Ca(HCO3)2, entziehen. Meerwasseranalysen zeigen einen Kalziumgehalt um 420 Milligramm/ Liter. Er kann durch vorsichtige Zugabe von fein zermalenem Kalkstaub oder von klarem Dekantat von Kalkmilch aus Branntkalk und Wasser eingestellt werden.

3.2.3 Wasserstoffionen-Konzentration

Die Wasserstoffionen-Konzentration wird in der Regel in Form des pH-Wertes (pondus hydrogenii) als negativ dekadischer Logarithmus angegeben: $\text{Konz. H}^+ = 10^{-7} \text{ Mol/ Liter}$ entspricht $\text{pH} = 7$.

Riffmuscheln sind bezüglich des pH-Wertes nicht sehr tolerant: Sie fühlen sich in einem engen Bereich zwischen $\text{pH} = 7,9$ und $8,2$ wohl. Eine Erhöhung über

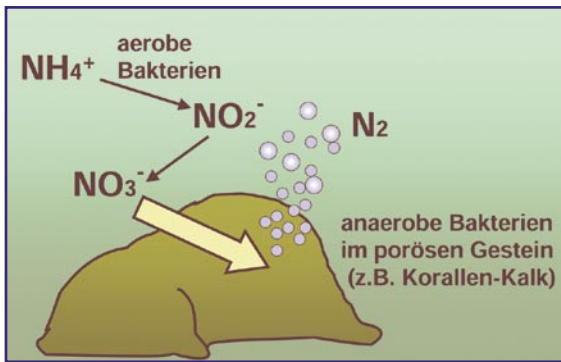


Abbildung 4: Nitrifizierung und Denitrifizierung in der Natur.

diesen Bereich hinaus ins Alkalische nehmen die Riffmuscheln besonders übel. Das kann beim Zudosieren von Kalkwasser leicht geschehen. Mit Kohlendioxid läßt sich der pH-Wert wieder absenken. Zur Messung des pH-Wertes stehen Einstab-Glaselektroden, kolorimetrische Methoden mit Farbtafeln sowie sich verfärbende Papierstreifen (Indikator-Papiere) zur Verfügung.

3.2.4 Stickstoff

Stickstoff ist nicht nur gasförmig im Wasser gelöst, sondern auch in Form von Ammonium-, Nitrit- und Nitrationen vorhanden. Der gelöste Stickstoff hat im Aquarium nur wenig Auswirkungen auf die Biotop-Kreisläufe. Ammonium-Ionen werden an der Oberfläche von Steinen zum Nitrit und Nitrat oxidiert. Da das Nitrit auf viele Weichtierarten sehr giftig wirkt, sollte seine Konzentration gering gehalten werden. Nitrat kann von anaeroben Bakterien zu gasförmigem Stickstoff reduziert werden. Diese Bakterien setzen sich in sauerstoffarmen Regionen des Beckens fest, beispielsweise in den Poren der Korallenkalksteine. Poröses Riffgestein sollte daher in ausreichenden Mengen im Aquarium vorhanden sein (Abbildung 4).

Da die Photolyseleistung von Riesenmuscheln eine Größenordnung über der von Korallenalgen liegt, ist der Nährstoffbedarf so hoch, daß an Nitrat und Phosphat leicht Mangel herrscht, besonders wenn das Becken mit einer größeren Zahl von Muscheln besetzt ist.

3.2.5 Sauerstoff

Im Wasser löst sich ein erheblich höherer Anteil an Sauerstoff als es der Luftkonzentration entspricht. Reines Wasser ist bei 25 Grad Celsius mit Luft gesättigt, die etwa zu 40 Prozent aus Sauerstoff und 60 Prozent aus Stickstoff besteht, während sie außerhalb des Wassers im Verhältnis 1:4 ihrer Hauptkomponenten zusammengesetzt ist.

Besonders kleine Schalentiere sind bei Sauerstoffmangel gefährdet. Bei Temperaturen oberhalb von 30 Grad Celsius löst sich nur noch sehr wenig Sauerstoff. Ein weiteres Absinken ist mit steigender Salinität verbunden (Abbildung 5). Die Sauerstoffsättigung ist auf jeden Fall, notfalls mit zusätzlichen Belüftungen aufrechtzuerhalten.

3.2.5 Spurenelemente und Vitamine

Riesenmuscheln benötigen zum Aufbau ihres Schalenkörpers essentiell einige Spurenelemente, wie Molybdän und Strontium. Das zum Kalzium analoge Strontium steuert die Kristallisation zur Kalkmodifikation „Aragonit“. Daneben ist das Halogen Iod von Bedeutung. So essentiell und nützlich auch manche Elemente in Mikrokonzentrationen sind, im Überschuss haben sie fatale Folgen auf die Aquarienbewohner. Mollusken reagieren äußerst empfindlich auf Schwermetalle, wie Kupfer, Blei, Chrom und Nickel, die sich mit der Zeit aus Metallteilen der Gerätschaften herauslösen. Ein sicheres Indiz für eine Schwermetallvergiftung von Riesenmuscheln zeigt sich an der Farbverblassung des Mantels durch Absterben der Symbiosealgen.

Noch wenig erforscht ist der Einfluß der Vitamine auf das Wachstum der Riesenmuscheln. Erfahrungen zeigen jedoch, daß regelmäßige Multivitamingaben auf das Ausbilden intensiver Mantelfarben und die Vermehrung positiven Einfluß ausüben. Wie alle Filtrierer benötigen sie ihre Nahrung in geringsten Dosierungen und minimalen Partikelgrößen (Nano-Plankton).

4. Zusammenfassung

Die kurze Betrachtung der vielen empfindlichen Parameter und in engen Grenzen einzuhaltenden Konzentrationen macht schon sehr deutlich, welcher Verantwortung und Mühe wir uns unterwerfen müssen, wollten wir Riesenmuscheln in unseren Meerwasser-Aquarien halten und züchten. So faszinierend diese Moluskenarten auch im Meer zu beobachten sind, sie ins eigene Heim zu holen, bedingt eine hohe und permanente Hingabe. In der Natur lassen sich diese bezaubernden Wesen südlich von El Quesir am Roten Meer zu Tausenden beobachten.

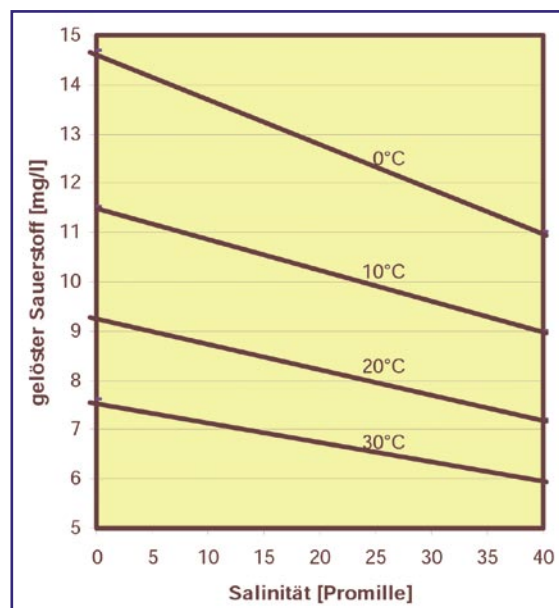


Abbildung 5: Temperaturabhängige Sauerstoffsättigung im Meerwasser.

Forderung nach Varianzenhomogenität – ein Ärgernis?

Gerhard Wachter und Joachim Kleiner

Varianzenhomogenität wird in allen aktuellen Regelwerken und deren Vorgängerversionen als Voraussetzung zur Kalibration und deren Auswertung gefordert. Moderne analytische Messverfahren erlauben andererseits heute Kalibrationen über mehrere Dekaden, und in nicht wenigen Fällen scheint zumindest dort die Forderung nach Varianzenhomogenität in der praktischen Analytik problematisch, um nicht zu sagen ärgerlich. Es stellt sich grundsätzlich die Frage, wie wirkt sich die Missachtung der Varianzeninhomogenität bei der linearen Regression und der Auswertung der Probenmessung aus. Wie kann man also mit dieser Forderung umgehen?

Der Reststandardabweichung s_{yx} (vergleiche Formel(2)) kommt unter den Verfahrenskennwerten eine Schlüsselrolle zu. Sie repräsentiert in der Kalibration die mittlere Wiederholbarkeit der Informationswerte innerhalb eines gegebenen Merkmalswertebereichs (Arbeitsbereich; vergleiche Abbildung 1). Ihre Unabhängigkeit vom Probengehalt wird mit Hilfe des verkürzten Varianzenhomogenitätstestes festgestellt¹.

Die Vorschrift(en)

Unabhängig davon, ob man die aus dem Jahre 1986 stammende DIN 38 402 (Teil 51) oder die zuletzt im Jahre 2001 als „2nd Edition“ überarbeitete ISO-Norm 8466-2 konsultiert, immer wird gefordert, dass Konstanz der Wiederholbarkeit innerhalb des mit der Kalibration abgesteckten Arbeitsbereichs gegeben ist. Auch die DIN 32 645 fordert zur Berechnung der Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenzen nach der indirekten Methode Varianzenhomogenität.² Andererseits kennt der Praktiker genügend Fälle, bei denen eben diese Forderung unpraktikabel, um nicht zu sagen „unsinnig“ zu sein scheint. Als ein Beispiel von vielen sei die Atom-Emissions-Spektrometrie genannt, die doch „über mehrere Dekaden linear“ arbeitet und entsprechende Erwartungen an den an-



Wachter



Kleiner

Die Autoren

Gerhard Wachter war nach seinem Chemiestudium an der Universität Freiburg in der Technischen Schule des Bodenseewerks Perkin-Elmer über 20 Jahre verantwortlich für Kundenschulungen zur Instrumentellen Analytik. Zusammen mit Dr. Joachim Kleiner, ebenfalls langjähriger und ehemaliger Mitarbeiter an der Technischen Schule, ist er als Fachreferent für Statistische Qualitätssicherung in der beruflichen Fortbildung tätig. Dr. Joachim Kleiner studierte Mathematik und Physik an der Universität Konstanz.

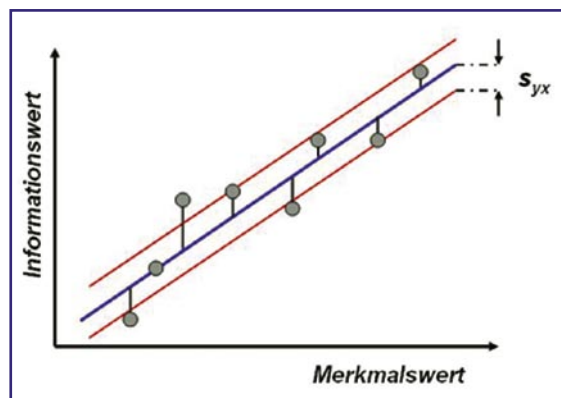


Abbildung 1: Reststandardabweichung als mittlere Streuung der Einzelwerte um die Ausgleichsfunktion.

wendbaren Arbeitsbereich fördert. Just dazu legen die oben genannten Regelwerke lapidar fest, dass bei Nichterfüllen der Varianzenhomogenität der Arbeitsbereich „dann möglichst soweit eingengt werden sollte, bis die Bedingung erfüllt ist“.³

Die Vorgehensweise

Nach DEV A51 wird der gewünschte Arbeitsbereich abgesteckt und es werden von den Merkmalsniveaus sowohl am unteren wie oberen Arbeitsbereichsende je zehn unabhängige Wiederholmessungen durchgeführt. Jeder dieser Datensätze wird mit Hilfe des Grubbs'schen Ausreißertestes auf Ausreißer geprüft und darf dem eigentlichen Test auf Varianzenhomogenität (F-Test) nur dann zu geführt werden, wenn er nicht mehr als einen zu eliminierenden Ausreißer enthält. Der Varianzen-F-Test wird mit 99%-iger statistischer Sicherheit durchgeführt.

Statistische Auswerteprogramme wie beispielsweise SQS⁴ bieten auf normenkonformen Arbeitsblättern eine bequeme Ausführung und Auswertung des geforderten Varianzenhomogenitäts-Testes. Die manuell eingegebenen oder importierten Rohdaten der beiden Datensätze werden automatisch auf Ausreißer getes-

¹ aus DIN 38 402, Teil 51: Begriffe (3.9)

² siehe DIN 32 645, (11) Mathematische Voraussetzungen

³ siehe DIN 38 402, Teil 51, 5.1.2 Überprüfung der Varianzenhomogenität

⁴ SQS ist ein Excel-Add-on-Programm zur statistischen Qualitätssicherung im analytischen Labor und wird vertrieben von Dr. Joachim Kleiner, individuelle Software & Schulung, D-78345 Moos

Überprüfung auf Varianzhomogenität lt. DIN 38 402 A51 Inklusive Ausreißertest nach Grubbs		
Meßwerte Untere Arbeitsbereich		Meßwerte Oberer Arbeitsbereich
0,14		1,303
0,145		1,296
0,143		1,3
0,146		1,296
0,144		1,5
0,145		1,301
0,144		1,302
0,146		1,298
0,145		1,303
0,148		1,303
		x
0,1446	Mittelwert MW	1,3202
0,0021187	Standardabw. Sx	0,06323466
	MW ohne Ausreisser	1,3002222
	Sx ohne Ausreisser	0,00290593
Der untere Arbeitsbereich ist ausreißerfrei		
Der obere Arbeitsbereich enthält 1 Ausreißer (x)		
Der Test auf Varianzhomogenität wurde für N1=10 und N2=9 durchgeführt		
Die Varianzen sind homogen		
P=99% PG: 1,88		VG: 5,47

Abbildung 2: Überprüfen auf Varianzhomogenität nach DIN 38 402 (A51) mit Hilfe von SQS.

tet und die ausreißerfreien Datensätze über die F-Statistik miteinander verglichen. Das in Worte gefasste Ergebnis wird mit Zusatzangaben wie Datenumfänge (N_1 und N_2), Prüf- (PG) und Vergleichsgröße (VG) ergänzt. Außerdem können eigene Bemerkungen des Anwenders zur Transparenz der Prüfung dienen, die zusammen mit den Rohdaten und deren Auswertung als Datei oder als Ausdruck gesichert werden können.

Wird Varianzhomogenität bestätigt, ist der Weg frei für eine Kalibration über den abgesteckten Bereich. Bei Varianzeninhomogenität sehen die genannten Regelwerke, wie bereits erwähnt, eine Einschränkung des Arbeitsbereichs vor. Eine gewichtete Regression wie sie als Alternative diskutiert wird, ist in keinem der einschlägigen Regelwerke derzeit beschrieben oder gefordert. Außerdem ist eine solche Kalibration mit einem nicht zu vernachlässigenden Mehraufwand verbunden. Der Praktiker ist daher geneigt, auf die Erfüllung der Varianzhomogenität zu verzichten, nicht selten „mit einem gewissen Unwohlsein“. Die Frage stellt sich dann: Worin liegt eigentlich die Begründung am Festhalten der Forderung nach Varianzhomogenität?

Die Begründung

Kern einer statistischen Behandlung von Verfahren ist die Gewinnung der Verfahrenskennwerte, an Hand derer nicht nur das Verfahren in seiner Leistungsfähigkeit beschrieben und dokumentiert, sondern auch verglichen und beurteilt werden kann. Schließlich dienen Verfahrenskennwerten auch zur Auswertung analytischer Messungen. Zu diesen Verfahrenskennwerten gehören unter anderem auch Vertrauens- und Prognoseband einer Regression (Kalibration). Über die Breite des Prognosebandes wird beispielsweise

die Aussagenschärfe, das heisst das Intervall für den „wahren“ Wert des gefundenen Merkmalswert (meist Konzentrations- oder Massenwert) bei vorgegebener statistischer Sicherheit gewonnen (vergleiche Abbildung 3; Auswertung von Analyseergebnissen nach DIN 38 402, Teil 51 beziehungsweise ISO 8466-1 und ISO 8466-2). In der heutigen Sichtweise spricht man von der Ergebnisunsicherheit der Konzentration bezüglich der Kalibrationsumrechnung des Informationswertes.

Die Berechnung des Prognosebereichs für den Merkmalswert x in einer linearen Regression ($y = b \cdot x + a$) basiert auf Formel (1).

Formel (1):

$$x_{\min, \max} = \frac{y - a}{b} \pm \frac{s_{yx}}{b} \cdot t(f, P) \cdot \sqrt{\frac{1}{N} + \frac{1}{M} + \frac{(y - \bar{y})^2}{b^2 \cdot \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}}$$

mit:

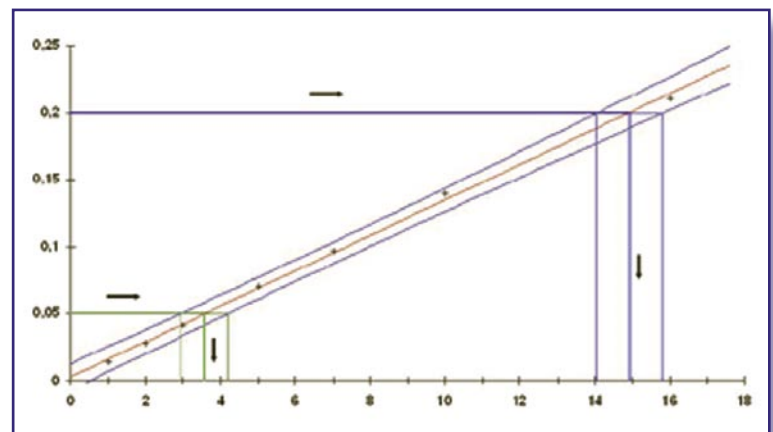
- y Informationswert (z.B. Extinktion in Peakhöhe)
- a Achsenabschnitt aus der Regressionsrechnung
- b Anstieg (Empfindlichkeit) aus der Regressionsrechnung
- s_{yx} Reststandardabweichung (siehe Formel (2))
- t(f;P) t-Wert (mit Freiheitsgrad f und stat. Sicherheit P)
- N Zahl der Standards
- M Zahl der Wiederholmessungen pro Standard

Formel (2):

$$s_{yx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y})^2}{N - 2}}$$

Damit Formel (1) zur Berechnung des Prognosebereichs eines gefundenen Merkmalswertes eingesetzt werden kann, muss aber für den Arbeitsbereich x_1 bis x_n die Reststandardabweichung s_{yx} als konstant vorausgesetzt werden können, und nichts anderes wird über den Varianzhomogenitätstest geprüft. Dabei ist zu

Abbildung 3: Prinzip der Auswertung von Analyseergebnissen nach DIN 38 402, Teil 51 bzw. ISO 8466-1.



beachten, dass nicht die strikte numerische Gleichheit der Varianzen aus beiden Datensätzen gefordert ist. Gefordert wird, dass sich die beiden Varianzen mit 99%-iger statistischer Sicherheit nur zufällig und nicht signifikant unterscheiden.

Auswirkung einer Varianzeninhomogenität

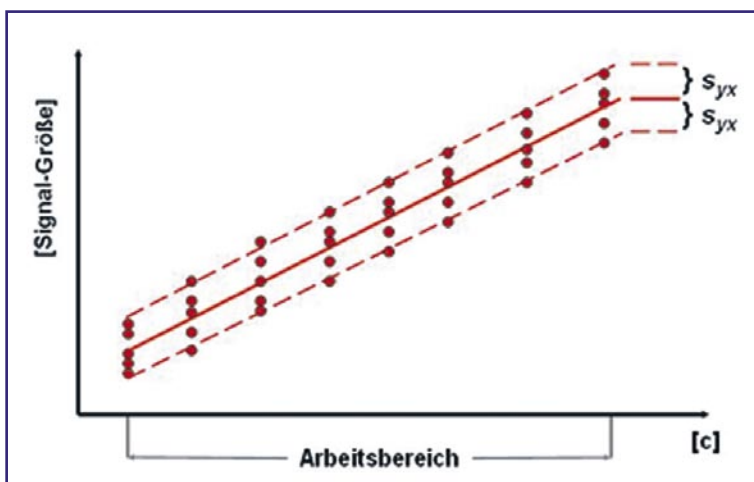
Wenn auf Varianzenhomogenität innerhalb des Arbeitsbereichs eines kalibrierten Verfahrens aus praktischen Gründen verzichtet wird, sind die daraus abzuleitenden Konsequenzen mit Blick auf die Anforderungen an die entsprechende Methode zu berücksichtigen. Diese werden überall dort kritisch, wo die Reststandardabweichung in die Beurteilung beziehungsweise Auswertung direkt oder indirekt eingeht.

Linearität

Als objektives Maß für lineares Verhalten des Informationswertes in Abhängigkeit vom Merkmalswert gilt der Mandel'sche Linearitätstest, wie er in DIN 38 402, Teil 51 (DEV A51) bzw. ISO 8466-1 beschrieben ist. Dabei wird geprüft, ob die Verbesserung der Reststandardabweichung beim Übergang vom linearen zum quadratischen Regressionsmodell signifikant ist oder nur zufällig.

Da Linearität über einen vorgegebenen Arbeitsbereich geprüft wird und dafür die Reststandardabweichung als kritische Größe dient, ist bei vorliegender Varianzeninhomogenität von einer größeren Testunschärfe auszugehen, insbesondere wenn im oberen Konzentrationsbereich eine signifikante Verschlechterung der Wiederholbarkeit vorliegt (Abbildung 5). Die Schärfe des Mandel'schen Linearitätstestes hängt ansonsten hauptsächlich von den Freiheitsgraden und damit von der Anzahl der eingesetzten Standards ab (vergleiche Entwicklung der F-Werte in Abhängigkeit vom Freiheitsgrad).

Abbildung 4: Reststandardabweichung bei Varianzenhomogenität.



Regressionskoeffizienten und Verfahrenskenndaten

In die Berechnung der Regressionskoeffizienten Achsenabschnitt a und Steigung (Empfindlichkeit) b geht die Reststandardabweichung direkt nicht ein. Varianzeninhomogenität ist daher für die Berechnung von a und b unkritisch, aber kritisch bei der Bewertung der gesamten Kalibration, weil dazu die Verfahrenskenndaten Reststandardabweichung s_{yx} und die Verfahrenstandardabweichung s_{x0} eingehen.

Vertrauensband

Über die Regressionskoeffizienten der Kalibration werden die Probeninformationswerte in deren Merkmalswerte umgewandelt. Zur Abschätzung der Unsicherheit aus der Kalibration dient das Vertrauensband der Kalibration (vergleiche Formel (1); Abbildung 3).

Da bei der Berechnung des Vertrauensbereiches von der „Konstanz der Reststandardabweichung s_{yx} “ ausgegangen wird, ist bei tatsächlich vorliegender Varianzeninhomogenität zumindest an einem der beiden Enden des Arbeitsbereichs von einer zu optimistischen Abschätzung der Unsicherheit aus der Kalibration auszugehen. Ob diese zu optimistische Einschätzung im unteren oder oberen Konzentrationsbereich liegt, hängt davon ab, ob die signifikant größere Varianz im unteren oder oberen Arbeitsbereich vorliegt.

Eine zu optimistische Einschätzung im oberen Bereich ist meist weniger kritisch als im unteren Bereich, es sei denn im oberen Konzentrationsbereich sind Grenzwerte zu beurteilen, die nicht überschritten werden dürfen.

Die Konsequenz aus einer zu optimistischen Fehleinschätzung der Unsicherheit im unteren Arbeitsbereich lässt sich am besten am Beispiel der indirekten Methode zur Bestimmung der Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenzen nach DIN 32 645 beurteilen (vergleiche Abbildung 6).

Wie aus Abbildung 6 leicht zu erkennen ist, verschlechtern sich mit zunehmender Vertrauensbandbreite die Grenzwerte am unteren Arbeitsbereichsende. Liegt Varianzeninhomogenität durch signifikant höhere Varianzwerte im unteren Arbeitsbereich verglichen mit dem oberen vor, würden die erhaltenen Werte für die Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze zu niedrig geschätzt werden, weil die in die Vertrauensbandbreite eingehende Reststandardabweichung s_{yx} am unteren Arbeitsbereichsende auf Grund ihres „Mittelwertcharakters“ zu gering eingeschätzt wird. Umgekehrt würde Varianzeninhomogenität durch signifikant niedrigere Varianzen im unteren Arbeitsbereich gegenüber dem oberen zu einer pessimistischen Schätzung der Grenzwerte und damit zu mehr Sicherheit in der Grenzwertbetrachtung führen.

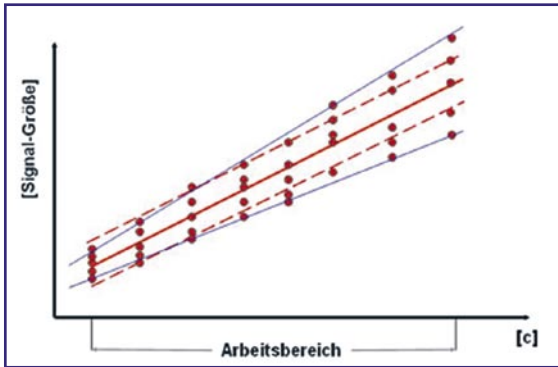


Abbildung 5: Auswirkung einer Varianzeninhomogenität auf die Reststandardabweichung (gestrichelte Linien Reststandardabweichung unter der Annahme einer Varianzenhomogenität).

Folgerungen

Wenn also Varianzeninhomogenität im Arbeitsbereich, das heißt Abhängigkeit der Wiederholstandardabweichung vom jeweiligen Gehalt der analytischen Probe vorliegt, verlieren Verfahrenskenndaten wie die Reststandardabweichung s_{yx} , die Verfahrensstandardabweichung s_{x_0} oder der Vertrauensbereich VB der Kalibration ihre allgemeine Gültigkeit. Neben den Empfehlungen, sich auf geeignete Arbeitsbereiche zu beschränken, bleiben dem Praktiker folgende Alternativen:

a) Er missachtet die Forderung nach Varianzenhomogenität wohl wissend um die oben genannten Risiken eventueller Fehleinschätzungen. Eine Bewertung und Dokumentation dieser Risiken ist insbesondere gegenüber dem Auftraggeber dann nicht nur wünschenswert.

b) Als Ausweg wird auch die „Gewichtete Regression“ diskutiert⁵, deren Umsetzung im Gegensatz zur Kalibration nach den genannten Regelwerken⁶ unabhängige Mehrfachmessungen auf allen Kalibrierlevels zwingend voraussetzt und damit einen beträchtlichen Mehraufwand in der Kalibrationsvorbereitung und bei der Messung der Standards bedeutet. Außerdem kann zur Zeit auf kein Regelwerk verwiesen werden, das die dafür notwendigen Rahmenbedingungen beschreibt.

c) Ein pragmatisches Vorgehen orientiert sich daran, wie kritisch die geforderte Gehaltsbestimmung ist. Insbesondere bei Verfahren mit einer Kalibration über einen erweiterten Arbeitsbereich wird sichergestellt, dass wenigstens im kritischen Bereich Varianzenhomogenität nachgewiesen werden kann, wenn diese schon nicht über den gesamten Arbeitsbereich mit ein und derselben Kalibration erhalten wird. Kritische Bereiche liegen beispielsweise dort vor, wo Grenzwertüberwachungen zuverlässige Analyseergebnisse mit

⁵ Dr. Stefan Schömer, GIT Fachz. Lab. 9/96, 904-907 (1996)

⁶ DIN 38 402, Teil 51 (1986) sowie ISO 8466-1 (1990) und ISO 8466-2 (2001)

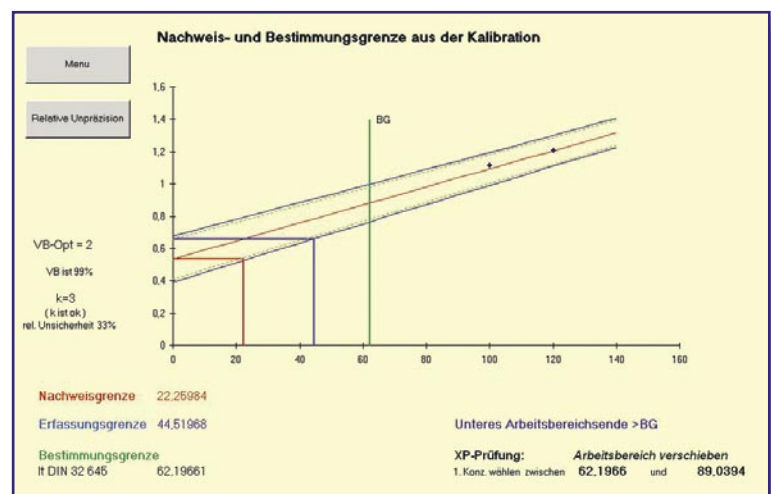
Angaben zu deren Sicherheit unabdingbar machen. Ein kritischer Bereich ist auch die untere Abgrenzung des Arbeitsbereichs (Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze). Für Analytbestimmungen außerhalb des Bereichs mit vergleichbarer Wiederholstandardabweichung sind die mit dem Ergebnis verbundenen Risiken (siehe oben) abzuschätzen und zu dokumentieren.

Zusammenfassung

Varianzenhomogenität gewährleistet eine richtige Einschätzung der Ergebnisunsicherheit bezüglich der Kalibrationsumrechnung über den gesamten Arbeitsbereich. Bei Varianzenhomogenität ist das Vertrauensband symmetrisch zur Arbeitsbereichsmittle angeordnet. Varianzeninhomogenität hat keinen Einfluss auf die Regressionskoeffizienten und damit auf die Kalibrationsfunktion, sowie die daraus resultierende Umrechnung des Informationswertes in den zugehörigen Konzentrationswert. Wird die Kalibration nur hinsichtlich dieser Umrechnung benutzt, gibt es für den Praktiker keinen zwingenden Grund, die Forderung nach Varianzenhomogenität zu befolgen. Varianzeninhomogenität wirkt sich „nur“ in der Beurteilung der Ergebnisunsicherheit bezüglich der Kalibrationsumrechnung aus und diesbezüglich besonders an den Rändern des Arbeitsbereichs. Kritisch sind die analytischen Situationen, bei denen die Varianz am unteren Arbeitsbereichsende signifikant größer als am oberen Arbeitsbereichsende ist. Damit werden nämlich analytischen Kenngrößen wie Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenzen mit der Annahme einer konstanten Reststandardabweichung über den Arbeitsbereich zu klein bestimmt. Unkritisch ist die entgegengesetzte Situation, dabei werden die Kenngrößen als zu groß abgeschätzt verglichen mit der Realität. Bei Probenmessungen im Zentrum des Arbeitsbereichs gleichen sich die Ungenauigkeiten aus und liefern bei Missachtung der Varianzenhomogenität die gleichen Abschätzungen für das Ergebnisunsicherheitsintervall wie beim Einhalten der Varianzenhomogenität.



Abbildung 6: Bestimmung der Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze aus dem Vertrauensband der Kalibration nach DIN 32 645 mit Hilfe von SQS.



Science und Fiktion mit Terahertz-Licht

Erik Bründermann

Neue Quellen zur Erzeugung von elektromagnetischen Wellen im Terahertz-Bereich führen zu ersten Anwendungen der Terahertz-Technik in Spektroskopie, Astronomie, Mikroskopie und Sicherheitstechnik (siehe dazu die Umschau-Meldung in CLB 12/2002, Seiten 465 und 466). Dieser Artikel erläutert verständlich die Grundlagen und stellt erste Anwendungen vor.

Sternzeit: 51781,2 - Die Sensoren des Raumschiffs Voyager detektieren die Resonanzfrequenz des Omega-Moleküls von 1,68 Terahertz. Das Schiff schaltet in den Omega-Modus. Captain Janeway erhält die Omega-Direktive zur Vernichtung des Moleküls, da das im Jahr 2274 erstmals von dem Sternenflotten-Physiker Ketteract synthetisierte Omega-Molekül instabil ist und beim Zerfall den Subraum zerstört.

Szene in der Sickbay - Der außerirdische Wissenschaftler ALLOS im Gespräch mit dem Borg 7-OF-9:

7-OF-9: Wieviele Moleküle konnten Sie synthetisieren?
ALLOS: etwa 200 Millionen.

7-OF-9: Welche Iso-Frequenz benutzen Sie für Ihr Kraftfeld?

ALLOS: 1.68 THz - wir benutzten die Resonanz des Moleküls, um das Feld zu berechnen.

7-OF-9: Das hätte ausreichen müssen, um sie zu stabilisieren.

ALLOS: Offenbar nicht.

7-OF-9: Offenbar! - Aber Ihr Ansatz ist innovativ; vielleicht kann ich Ihre Techniken adaptieren und sie verbessern. (StarTrek Voyager, 1998 [1])

Noch ist es Science-Fiction, dass wir mit Hilfe von Terahertz Wellen komplexe, neue Moleküle synthetisieren und diese in einer Kammer in Videoqualität bei der Bildung beobachten können. Innovative Ansätze in den letzten Jahren haben aber dazu geführt, dass Terahertz Technologien die ersten Schritte aus den Laboren in den Alltag machen. Die Forschung im Terahertz Frequenzbereich (10^{12} Hz = THz, siehe Abbildung 2) hat daher seit Kurzem ein großes Medienecho erhalten [2,3] aufgrund möglicher Anwendungen von THz-Licht

Der Autor

Dr. Erik Bründermann ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl von Prof. Martina Havenith, Ruhr-Universität Bochum, Physikalische Chemie II, AG Laserspektroskopie und Biophotonik. Seine Forschungsinteressen sind THz und Infrarotlaser-Mikrospektroskopie und medizinische Bildgebung. Er arbeitet seit 15 Jahren mit THz Technologien, u.a. am MPI für Radioastronomie, DLR, Center for Advanced Materials und Center for Particle Astrophysics (Berkeley). Er patentierte im Jahr 2000 einen THz Halbleiterlaser für die hochauflösende Molekülspektroskopie.

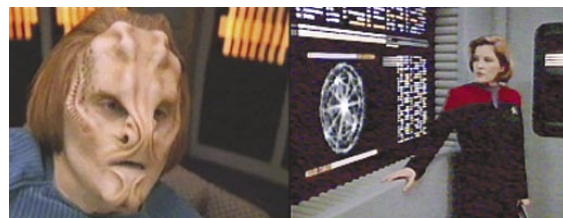


Abbildung 1: Das Omega-Molekül, StarTrek Voyager „Die Omega-Direktive“.

in der Medizin und Flugsicherheit. Computer im Takt von einigen Gigahertz (10^9 Hz = GHz) sind bereits in Supermärkten erhältlich und die Schaltgeschwindigkeit elektronischer Bauelemente nimmt weiter zu. Bereits Ende 2001 stellte Intel einen nanostrukturierten „Terahertz Transistor“ vor [4]. Schaltgeschwindigkeiten von 2,3 THz und mehr wurden bereits erreicht. Firmen wie Intel und AMD prognostizieren die ersten Computerchips mit THz-Transistoren ab 2007. Sprechende Computer kleiner als eine Streichholzschachtel könnten damit Realität werden. Dieser Aufsatz beschäftigt sich insbesondere mit THz-Licht und dessen Anwendungsmöglichkeiten.

Spektroskopie

Robert Wilhelm Bunsen, Chemiker und Physiker (1811-1899), und Gustav Kirchhoff, Physiker und Mathematiker (1824-1887), sind wichtige Mitbegründer der modernen Spektroskopie. Darüber hinaus sind sie ein Paradebeispiel für erfolgreiche interdisziplinäre Forschungen – nachzulesen in ihren Arbeiten „Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen“ (1860) und „Abhandlungen über Emission und Absorption“ (1859-1862). Bunsen und Kirchhoff fanden heraus, dass Stoffe wie das chemische Element Natrium in der Flamme einer Bunsen'schen Gaslampe (Bunsen-Brenner) charakteristische Farben emittieren, die mit einem Prisma in zwei scharfe gelbe Linien separiert werden können.

Heute wissen wir, dass die Elektronenstruktur der Atome jedes chemischen Elements charakteristische Linien verursacht. Ein Photon im optischen Spektralbereich wird absorbiert, wenn ein Elektron in einen angeregten Zustand übergeht. Diese Übergänge sind diskret, wie es in der Quantentheorie beschrieben wird. Sie führen zu scharfen Linien. Da das Linienmuster in Anzahl, Form und Intensität für jedes Element charakteristisch ist, hat sich der Begriff des „spektralen Fingerabdrucks“ eingebürgert.

In einem Molekül können die Atomkerne zusätzlich schwingen und rotieren. Moleküle können auch untereinander binden. Diese Wechselwirkung hält Molekü-

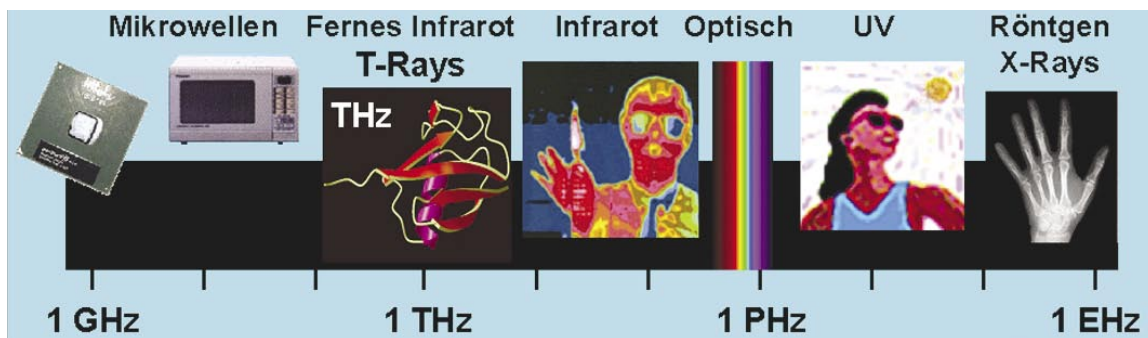


Abbildung 2: Das elektromagnetische Spektrum

le zusammen ohne eigentliche „chemische“ Bindung. Sie wirkt intermolekular – „zwischen“ den Molekülen. Intermolekulare Bindungen bewirken viele Phänomene des Alltags: die Stabilität von Seifenblasen, die Bildung von Wassertropfen [5], dass Geckos an der Decke laufen können [6], die Form von Eiskristallen [7] und vieles mehr. Ein Spezialfall ist die Wasserstoffbrückenbindung. Sie ist stark gerichtet und führt zur Bildung von Strukturen wie Helices in DNA und Proteinen. Die schwächeren intermolekularen Bindungen sind trotzdem bei Zimmertemperatur teilweise stabil und können mit geringem Energieaufwand gelöst werden. Sie sind daher in der Biologie essentiell: Sie garantieren einerseits die Stabilität einer Doppelhelix, ermöglichen aber andererseits die Replikation des genetischen Codes.

Schwingungen und Rotationen sind ebenso charakteristisch für die gebundenen Elemente und die Struktur. Stark vereinfacht können wir eine Molekülschwingung visualisieren, indem wir zwei Körper mit einer bestimmten Masse durch eine Feder verbinden, wobei die Feder die Bindung repräsentiert. Die Frequenz einer Schwingung wird reduziert, wenn die Feder- bzw. Kraftkonstante klein wird. In Analogie entspräche dies einer schwachen intermolekularen Bindung durch Wasserstoffbrücken und van-der-Waals Wechselwirkungen. Die Frequenz einer Schwingung wird auch reduziert, wenn wir die Massen vergrößern.

Im relativ niederfrequenten THz-Licht gibt der spektrale Fingerabdruck damit Informationen über schwache intermolekulare Wechselwirkungen und andererseits über langsame Schwingungen, Rotationen und Torsionen, insbesondere von Molekülgruppen wie u.a. Gerüstschwingungen in Proteinen. In der DNA werden THz-Signaturen von Torsionen innerhalb von Basenpaaren, Twist-Moden, und Rotationen des ganzen Basenpaars, Propeller-Moden, vorhergesagt [8]. Durch einen iterativen, wechselseitigen Prozess zwischen experimenteller Messung im THz-Bereich und Theorie

erwartet man, dass die Modellierung von intermolekularen Wechselwirkungen für große Moleküle möglich wird. Somit könnten wir mehr über die Eigenschaften und die Dynamik von Proteinen, u.a. über die Proteinfaltung, lernen und versuchen Funktionen zu entschlüsseln. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die beteiligten Energien, Wellenlängen, Zeitskalen und Frequenzen im THz-Frequenzbereich.

100 Jahre THz-Forschung

Auch wenn für viele das THz-Licht neu erscheint ist es für die Physiker, Chemiker und Astronomen, insbesondere für die Molekülspektroskopiker, ein alter Bekannter unter dem Namen „ferninfraroter Spektralbereich“, kurz FIR. Dieser Frequenzbereich hat immer schon eine bedeutende Rolle in der Forschung gespielt. Ein detaillierter Rückblick auf 100 Jahre THz-Forschung sowie zahlreiche historische Referenzen finden sich im Artikel meines früheren Mentors Prof. Maurice Kimmitt: „Restrahlen to T-Rays – 100 Years of Terahertz Radiation“ [9].

Die ersten Arbeiten, von denen wir behaupten können, sie liegen im FIR oder THz-Bereich, erschienen bereits zum Ende des 19. Jahrhunderts in Deutschland. Sie waren instrumental in der Formulierung des Strahlungsgesetzes durch Max Planck. Heinrich Rubens und seine Kollegen erweiterten in Berlin den Messbereich ihres Spektrometers bis $20 \mu\text{m}$ [10]. Die Mitarbeit des amerikanischen Physikers Ernest Fox Nichols führte zu einem weiteren „Quantensprung“, als er die im infraroten – nahezu – metallischen Reflektionseigenschaften der Salze und insbesondere von Quarz entdeckte [11]. Ihr neues Spektrometer nutzte mehrfache Reflektionen an solchen ionischen Reststrahlen-Kristallen, um monochromatisches Licht zu erzeugen. Rubens und Nichols konnten damit bis über $50 \mu\text{m}$ (6 THz) hinaus genaue Datenpunkte zur Strahlungskurve heißer Körper aufnehmen. Noch am gleichen Tag im Jahr 1900

Frequenz ν	1 GHz (10^9 Hz)	1 THz (10^{12} Hz)	1 PHz (10^{15} Hz)	1 EHz (10^{18} Hz)
Wellenlänge λ	0,3 m	0,3 mm	0,3 μm	0,3 nm = 3 Å
Wellenzahl	0,033 cm^{-1}	33 cm^{-1}	33.333 cm^{-1}	33.333.333 cm^{-1}
Periode = 1/Frequenz	1 ns	1 ps	1 fs	1 as
Energie = $h\nu$	0,4 J/mol	0,4 kJ/mol	400 kJ/mol	400 MJ/mol
Energie = $h\nu$	4 μeV	4 meV	4 eV	4 keV

Tabelle 1: Spektralbereiche in verschiedenen Einheiten.

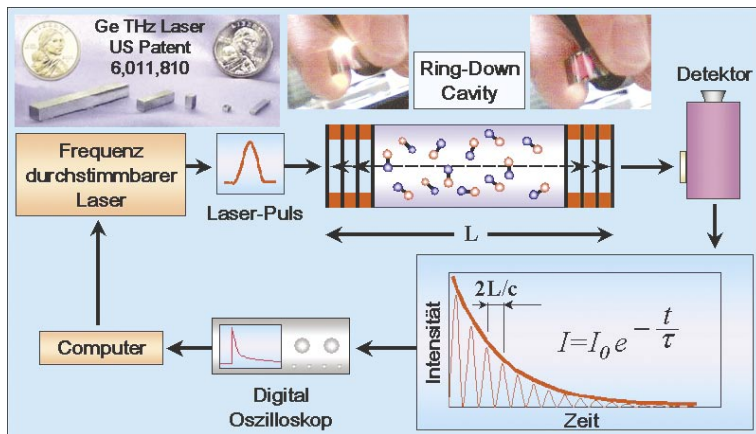


Abbildung 3: Cavity-Ring-Down Spektrometer mit Germanium THz-Laser und THz-Multilagenspiegel aus dünnen, optisch transparenten Siliciumscheiden

gelang es Max Planck, die Gleichung zum Planck'schen Strahlungsgesetz aufzustellen, an dem ihm Rubens seine Messdaten vorlegte [9].

Aber der alte Bekannte FIR ist in den letzten 15 Jahren noch interessanter geworden, da durch weitreichende technologische Innovationen THz-Techniken nun ihren Weg in den Alltag finden. Im wesentlichen haben dazu beigetragen: a) die Entwicklung von Femtosekunden-Festkörperlasern (Titan:Saphir-Laser) und von Halbleiterlasern. Randbemerkung: 1999 wurde der Chemie-Nobelpreis für die Femtosekundenspektroskopie vergeben, b) die Nanostrukturierung von Halbleitermaterialien, c) Fortschritte bei der Herstellung von hochreinen, bzw. durch den Chemiker kontrollierten Materialien, Festkörperkristalle und Halbleiter, d) die Möglichkeit der computergestützten Steuerung und damit bedienerfreundlichen Nutzung von THz-Spektrometern und bildgebenden Systemen (Imaging).

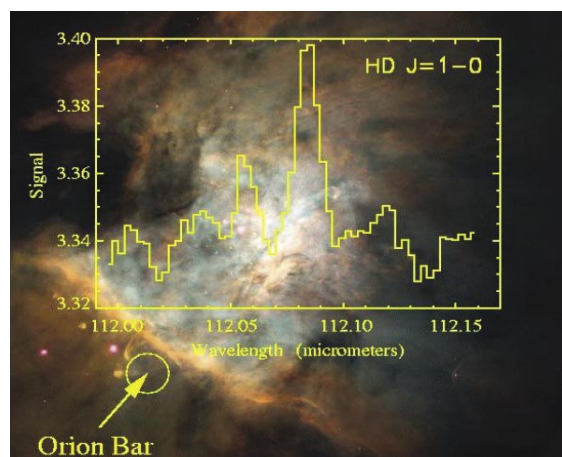
Es gibt mittlerweile eine große Palette von Systemen zur Erzeugung und Detektion von THz-Licht, die zum Teil auch vermarktet werden [12]. Welches System geeignet ist, entscheidet die geplante Anwendung. Es gibt im wesentlichen vier Kriterien für die Wahl eines Systems: Lichtleistung, Frequenzvariation, Frequenzauflösung, und nicht zuletzt eine einfache Handhabung des Instruments, so dass der Nutzer sich auf die Problematik seiner Probe konzentrieren kann. Je größer die Lichtleistung, um so tiefer kann man u.a. in Gewebeschichten eindringen. Oft verkürzen sich auch die

Messzeiten, was gerade bei reagierenden Substanzen wichtig ist, oder wenn die Substanz, wie bei Proteinen, nur in kleinen Mengen zur Verfügung steht. Ein Tuner für die Laserfrequenz ermöglicht es, den gleichen Laser bei verschiedenen Farben zu betreiben. Man erhält bei Variation der Frequenz ein Spektrum, welches insbesondere bei dem Verständnis der Strukturen und der Dynamik von komplexen Biomolekülen wie Proteinen und bei Molekülclustern notwendig ist, aber auch um verschiedene Gewebe in medizinischen Proben anhand ihres spektralen Fingerabdrucks zu unterscheiden.

Die Frequenzauflösung, d.h., wie gut können wir zwei Absorptions- oder Emissionslinien noch unterscheiden, sollte insbesondere für Untersuchungen von Molekülen in der Gasphase sehr hoch sein. Der von uns patentierte Germanium Halbleiterlaser [13] hat einen Durchstimmbereich von 1 bis 4 THz und eine Frequenzauflösung unter 1 MHz [14] bei einer Lichtleistung von bis zu einigen Watt [15]. In Analogie zu einem Radio kann man also damit mehrere Millionen „Molekülsender“ empfangen und unterscheiden bzw. „Molekülempfänger“ aufspüren. Abbildung 3 zeigt ein THz-Cavity-Ring-Down Spektrometer, das wir in unserer Arbeitsgruppe an der Ruhr-Universität Bochum entwickeln.

Bei Variation – tunen – der Frequenz kann über die Abklingzeit t des umlaufenden Laserpulses in der durch hochreflektierende Spiegel resonanten Probenzelle der Länge L ein Spektrum aufgezeichnet werden [16]. Die Abklingzeit verkürzt sich wenn eine Absorptionsfrequenz in der Substanz getroffen wird. Die Umlaufzeit des Pulses $2L/c$ ist gegeben durch die Länge des Probenbehälters und durch die Lichtgeschwindigkeit c . Bis vor kurzem existierten keine geeigneten, hochreflektierenden Spiegel mit Reflektionsgraden deutlich größer als 99,9% im THz-Bereich. Je näher die Reflektion bei 100% liegt, desto größer wird die effektive Länge der Absorptionszelle, da der Laserpuls viele Male im Resonator umläuft. Somit kann eine, wenige Zentimeter lange, resonante Zelle Empfindlichkeiten wie eine, mehrere Kilometer lange, Zelle im Bereich von ppm bis ppb erreichen. In Analogie zu Multilagenspiegel im optischen und infraroten Spektralbereich haben wir vor Kurzem erfolgreich einen Multilagenspiegel entwickelt, der sehr hohe Reflektionsgrade bei THz-Frequenzen hat [17]. Hierzu haben wir vier hochreine Siliciumkristallscheiben auf eine Dicke von $8 \mu\text{m}$ polieren lassen, um einen THz-Resonatorspiegel zu erhalten. Ein einzelner Wafer ist in der Abbildung 3 zu sehen. Aufgrund ihrer Dünne sind die Siliciumscheiden für rotes Licht transparent, auch lassen sich die Scheiben, obwohl kristallin, biegen ohne zu brechen. Bei erfolgreicher Kombination dieser Spiegel mit unseren Lasern zu einem Cavity-Ring-Down Spektrometer könnte eine hochempfindliche und hochauflösende THz-Spektroskopie insbesondere von Biomolekülen in der Gasphase möglich sein, da deren Dampfdruck sehr niedrig und deren Einbringung in die Gasphase oft sehr schwierig ist. Dieses Projekt wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft unter HA 2394/8 unterstützt.

Abbildung 4: HD im Orionnebel bei $2,7 \text{ THz} = 112 \mu\text{m}$, (Quelle Spektrum: ESA/ISO/LWS und E. Dishoek, C. Wright et al., Quelle optisches Bild: NASA/ESA/HST und O'Dell, S.K. Wong - Rice University).



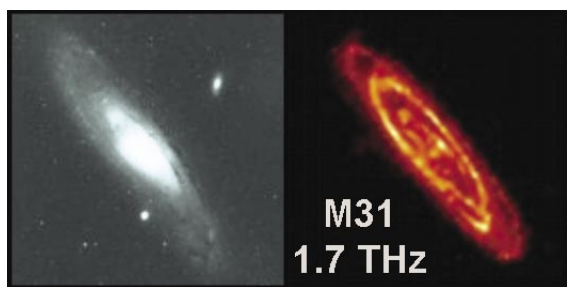


Abbildung 5: Links, optisches Bild von Andromeda M31, rechts THz-Bild (Imaging) des ISO Satelliten bei 1,7 THz = 175 µm, (Quelle: ESA/ISO/ISOPHOT und M. Hass et al.)

Anwendungen in der Astrochemie und der Atmosphärenchemie

THz-Fingerabdrücke existieren für zahlreiche neutrale und ionisierte Atome C^+ ($158 \mu\text{m} = 1,9 \text{ THz}$), O und O^{2+} ($146 \mu\text{m} = 2,1 \text{ THz}$ bzw. $88 \mu\text{m} = 3,4 \text{ THz}$) und N^+ ($122 \mu\text{m} = 2,5 \text{ THz}$ und $205 \mu\text{m} = 1,5 \text{ THz}$) [18]. Kohlenmonoxid ist das häufigste Molekül neben H_2 . Aufgrund seines Dipolmoments hat CO viele Emissionslinien im THz-Bereich. Die Bestimmung mehrerer Übergänge erlaubt den Rückschluss auf die Temperatur eines CO Gases. Durch eine räumliche Kartierung von warmen (heißen) Gebieten im interstellaren Raum können damit die Geburtsstätten von Sternen entdeckt und abgebildet werden [19]. Das HD Molekül ist von großer Bedeutung für die Kosmologie, da die relative Häufigkeit des Deuteriums ein Parameter der Big Bang Theorie, der Nukleosynthese und der Baryonen Dichte im Universum ist. Die Abbildung 4 zeigt die erste Messung von HD des ISO Satelliten bei 2,7 THz ($112 \mu\text{m}$) im Orionnebel im Jahr 1999. Die Forscher schlossen aus dem gemessenen Verhältnis von $H:D = 100\,000:1$, dass nicht genügend „normale“ Materie im Universum existiert, um eine Umkehrung des Big-Bang in den Big-Crunch zu ermöglichen [20].

Das OH-Radikal ($84 \mu\text{m}$, $85 \mu\text{m}$, $119 \mu\text{m}$, $120 \mu\text{m}$ bzw. $3,551 \text{ THz}$, $3,544 \text{ THz}$, $2,514 \text{ THz}$, $2,510 \text{ THz}$) ist keineswegs nur in der Astronomie wichtig, sondern auch in der Atmosphärenchemie beim Abbau des Ozons. Im THz-Bereich wurde es von einem Flugzeug aus mit einem Gaslaser Spektrometer in unserer Atmosphäre nachgewiesen [21]. Viele astronomische THz-Missionen müssen von Flugzeugen und Satelliten oberhalb der Troposphäre durchgeführt werden, da Wasser ein starker THz-Absorber ist und jede empfindliche Messung bei mehr als 1 THz am Boden verhindert. Ende 2004 soll dazu SOFIA, eine Boeing 747 mit Teleskop, in Betrieb gehen [22]. Abbildung 5 zeigt ein Bild des nahen Andromedanebels bei 1,7 THz. Es sind Ringe deutlich erkennbar, die im sichtbaren Bild nicht erscheinen. Auch wenn diese Frequenz nahe bei der StarTrek Voyager Frequenz des „Omega-Moleküls“ liegt, müssen wir uns wohl noch keine Sorgen machen.

THz-Bildgebung: Anwendungen in der Medizin

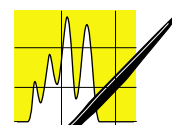
Um THz-Bilder zu erzeugen, können natürlich beliebige THz-Quellen verwendet werden. Bereits im Jahr 1972 haben Dean Hodges und seine Kollegen THz-Bilder von Metallobjekten in verschiedenen Verpackungen hergestellt. Als Quelle nutzten sie einen HCN Laser bei einer Wellenlänge von $337 \mu\text{m}$ (1 THz) mit einem sehr einfachen Bildscanner. Sie haben darüber hinaus die Transmission verschiedener Materialien untersucht wie Gaze, Baumwollbandagen, usw. im Bereich von 0,3 bis 1 THz [23]. Fritz Keilmann berichtete im Jahr 1995 [24] von den ersten mikroskopischen Aufnahmen im THz-Bereich mit Gaslasern unter Nutzung von Konzepten der Nahfeldmikroskopie, um die Beugungslimitierung der großen Wellenlänge zu umgehen [25].

Die auf Femtosekundenlasern basierenden THz-Time-Domain-Spektrometer oder THz-TDS sind die heutigen Vorreiter bei der medizinischen THz-Bildgebung. Diese Pulse werden oft auch als T-Rays in Analogie zu Röntgenstrahlung (X-Rays) bezeichnet, da THz-Licht Materialien wie Kunststoffe, Papier (Abbildung 6) und Kleidung durchdringen, dabei Metalle und andere Stoffe wie Chemikalien aufspüren kann. Auch sind T-Rays sehr niederenergetisch (Tab. 1, Abb. 2) im Gegensatz zu der energiereichen und zellschädigen Röntgenstrahlung. Abbildung 7 zeigt eine THz-Aufnahme von Tumorgewebe aufgenommen mit einem Zwei-Farben-Laser, der von unseren Kooperationspartnern Stefan Hoffmann und Prof. Martin Hofmann im Universitätszentrum Medizintechnik der Ruhr-Universität Bochum (RUB) entwickelt wurde. Das Bild bei 0,23 THz zeigt Strukturen, die im optischen Bild nicht erkennbar sind. Für den potentiell preiswerten weil relativ einfachen technischen Aufbau ihres Spektrometers in der Größe eines Schuhkartons, erhielten sie den Kaiser-Friedrich-Forschungspreis 2003 [26].

Die Zukunft

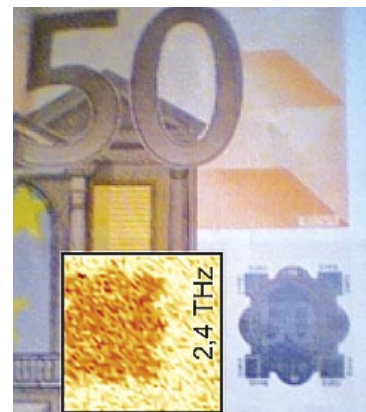
Generell werden spektrale THz-Fingerabdrücke weitreichende Auswirkungen in unserem Verständnis von intermolekularen Wechselwirkungen haben [27]. Untersuchungsgegenstände werden und sind bereits neben Nanopartikeln, Molekülen an Oberflächen auch Molekülcluster in der Gasphase. Proteine in der Gasphase und in Flüssigkeiten sind vielleicht die Highlights. Auch wenn die Technologie nun nicht mehr kompliziert erscheint, wird die Interpretation von Protein-Spektren aufgrund der Komplexität der Moleküle nicht trivial aber sehr interessant sein.

Durch die zunehmende Verbreitung von THz-Spektrometern und in Erwartung preiswerter Halbleitersysteme werden Materialwissenschaften, Pharmazie und Medizin



AUFSÄTZE

Abbildung 6: Geldschein Hologramm und Papier als Bild bei 2,4 THz aufgenommen mit dem THz Germanium Laser (EB, RUB).



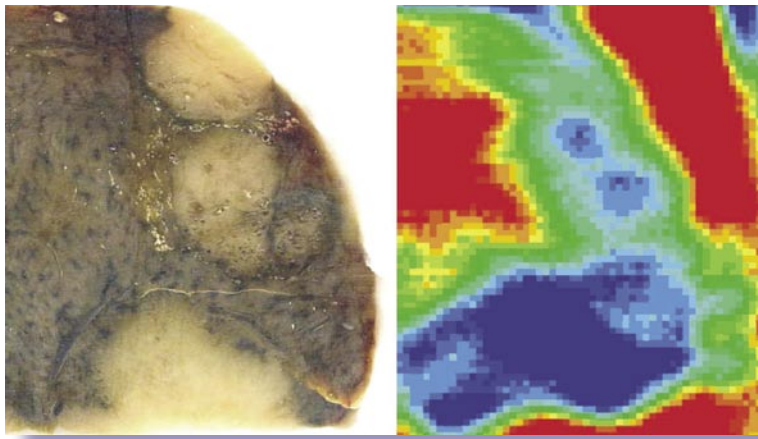


Abbildung 7: Links, histologisch präpariertes Präparat einer menschlichen Leber (Abmessungen 40 mm x 50 mm). Dunkle Flächen = gesundes Gewebe, helle Flächen = Tumore. Rechts, THz-Transmissionsbild bei 0,23 THz (blau = Tumore) zeigt zusätzliche Strukturen, die im optischen Bild nicht erkennbar sind. (Abbildung: S. Hoffmann, M. Hofmann, RUB).

künftig die Möglichkeit haben ihre Welt im THz-Licht zu sehen. Für medizinische Anwendungen stehen bildgebende THz-Systeme im Vordergrund. Es gibt hier erste Ansätze einer Katalogisierung von THz-Signaturen an Geweben [28], allerdings sind bisher nur wenige, fast abzählbar viele, Daten vorhanden. In Zukunft ist jedoch zu erwarten, dass der große Informationsgehalt in THz-Spektren bei der Analyse von Geweben, insbesondere beim Auffinden von Tumoren, einem Arzt eindeutige, frühzeitige und schnelle Diagnosen erlaubt, die zurzeit mit anderen Methoden nicht möglich sind.

Weiterführende Informationen

Zum Abschluss seien hier einige ausgewählte Bücher und Artikel aufgezählt. Klassische Methoden finden sich im Buch von M.F. Kimmitt, *Far-Infrared Techniques*, Pion Limited, London, 1970 und neuere Methoden, insbesondere THz-TDS Systeme, im Buch von D.M. Mittleman (Herausgeber): *Sensing with Terahertz Radiation*, Springer, Berlin (2002). Im Bereich der THz-Medizin geben die Proceedings folgender Konferenzen einen guten aktuellen Überblick: „The First International Conference On Biomedical Imaging And Sensing Applications of THz Technology“, *Physics in Medicine and Biology* Volume 47(21), 3667-3892 (2002) und THz-Bridge Workshop „Tera-Hertz radiation in Biological Research, Investigation on Diagnostics and study of potential Genotoxic Effects“, *J. of Biological Physics* 29, 77–338 (2003).

Literatur

- [1] "The Omega Directive", *StarTrek Voyager Sequenz #88* – Episode 189, Erstsending USA 15. April 1998.
- [2] H. Schmundt, Splitternackt auf dem Monitor, *Der Spiegel* 47/2002, Ausgabe: 18. November 2002
- [3] R. Kickuth, Terahertz-Wellen mit ungeahnten Anwendungen - Spektroskopie, *Astronomie, Mikroskopie, Sicherheit, CLB* 12/2002, 465-466.
- [4] Intel: <http://www.intel.com/research/>
- [5] K. Liu et al., Water Clusters, *Science* 271, 929-933 (1996) und M.G. Brown et al., Quantitative characterization of the water trimer torsional manifold by terahertz laser spectroscopy and theoretical analysis. II. (H₂O)₃, *J. Chem. Phys.* 111(17), 7789 (1999).
- [6] K. Autumn et al., Adhesive force of a single gecko foot-hair, *Nature* 405, 681 - 685 (2000).
- [7] K. Libbrecht, *The Snowflake: Winter's Secret Beauty*, Voyageur Press, 112 Seiten (2003) <http://www.snowcrystals.com>.
- [8] L.Young et al., Prediction of modes with dominant base roll and propeller twist in b-DNA poly(dA)-poly(dT), *Phys. Rev. A* 41, 7020-7023 (1990).
- [9] M.F. Kimmitt, Reststrahlen to T-Rays – 100 Years of Terahertz Radiation, *J. of Biological Physics* 29, 77–85, 2003.
- [10] H.Rubens, B.W.Snow, On the Refraction of Rays of Great Wavelength in Rock Salt, Sylvine, and Fluorite, *Phil. Mag.* 35, 35–45 (1893).
- [11] E.F. Nichols, A Method for Energy Measurements in the Infrared Spectrum and the Properties of the Ordinary Ray in Quartz for Waves of Great Wavelength, *Phys. Rev.* 4, 297–313 (1897).
- [12] Linkliste zu Arbeitsgruppen und Firmen, u.a. Bruker/TeraView über TeraVision Link, im Gebiet der THz-TDS unter <http://www.ece.rice.edu/~daniel/groups.html>.
- [13] E.E. Haller, Erik Bründermann, Doping of germanium and silicon crystals with non-hydrogenic acceptors for far infrared lasers, U.S. Patent 6,011,810, Date: 4 January 2000.
- [14] E. Bründermann et al., Mode fine structure of the FIR p-Ge intervalenceband laser measured by heterodyne mixing spectroscopy with an optically pumped ring gas laser, *Infrared Phys. Technol.* 36(1), 59 (1995).
- [15] E. Bründermann, Widely Tunable Far Infrared Hot Hole Semiconductor Lasers, in „Long-Wavelength Infrared Semiconductor Lasers“, Editor H. Choi, John Wiley and Sons, Kapitel 6, 90 Seiten (ISBN: 0-471-39200-6 (März 2004)).
- [16] A. O'Keefe und D.A.G. Deacon, Cavity ring-down optical spectrometer for absorption measurements using pulsed laser sources, *Rev. Sci. Instrum.*, 59(12), 2544 (1988).
- [17] R. Schiwon, G. Schwaab, E. Bründermann, M. Havenith, Far-infrared multilayer mirrors, *Appl. Phys. Lett.* 83, 4119 (2003).
- [18] G. Winnewisser, Instellar and laboratory spectroscopy in the terahertz region, *Journal of Molecular Structure* 408/409, 1-10 (1997).
- [19] H. P. Röser, Heterodyne spectroscopy for submillimeter and far-infrared wavelengths from 100 μm to 500 μm , *Infrared Phys.* 32, 385-407 (1991).
- [20] <http://www.iso.vilspa.esa.es/science/>
- [21] R. Titz et al., Observation of stratospheric OH at 2.5 THz with an airborne heterodyne system, *Infrared Phys. Technol.* 36, 883-891 (1995).
- [22] A. Krabbe et al., SOFIA oder: Warum Astronomen in die Luft gehen, *Sterne und Weltraum* 12, 1052-1063 (1999) und aktuell: <http://www.dlr.de/SOFIA> und <http://sofia.arc.nasa.gov>.
- [23] D.H. Barker, D.T. Hodges und T.S. Hartwick, Far Infrared Imagery, *Proc. SPIE* 67 (1975), 27–34.
- [24] F. Keilmann, FIR Microscopy, *Infrared Phys. Technol.* 36(1), 217-224 (1995).
- [25] F. Keilmann, Status of THz-to-Visible Nanospectroscopy Development, *J. of Biological Physics* 29, 195–199 (2003).
- [26] CLB 05/2003, 166.
- [27] Lehrstuhl Prof. M. Havenith, Physikalische Chemie II, Ruhr-Universität Bochum, <http://www.rub.de/pc2>.
- [28] A.J. Fitzgerald et al., Catalogue of Human Tissue Optical Properties at Terahertz Frequencies, *J. of Biological Physics* 129, 123–128, (2003).

CLB – Memory

Die CLB-Beilage für Ausbildung in Chemie, Labortechnik,

Chemietechnik, Biologie und Biotechnik

Februar 2004

Nachwachsende Rohstoffe Teil 8: Kollagen

Proteine aus Quallen und in Gummibärchen

Lübecker Molekularbiologen sind die wissenschaftlichen Kooperationspartner des Projekts „Marines Kollagen“, das jetzt der Bund und die EU mit 390 000 Euro fördern. Aber auch aus Rindern und Raupen gewinnt man Kollagen. Es macht bis zu 25 Prozent des Proteingehaltes des menschlichen Körpers aus.

Das Wort Kollagen stammt vom griechischen kolla (Leim) und gennan (erzeugen) und ist ein zu den Skleroproteinen zählendes, wasserunlösliches, faserig aufgebautes Protein. Es ist besonders am Aufbau von Bindegeweben – zum Beispiel der Haut, der Blutgefäße, Bänder, Sehnen und Knorpel – sowie am Aufbau von Knochen und Zähnen beteiligt. Die Grundeinheit des Kollagens ist das Tropokollagen. Dieses besteht aus drei gleich langen Peptidketten mit je etwa 1000 Aminosäuren. In den Ketten ist die Tripeptidsequenz Gly-X-Y vielfach wiederholt. Dabei steht Gly für Glycin, X und Y für eine beliebige Aminosäure, wobei X häufig Prolin und Y häufig Hydroxyprolin ist (Abbildung 1). Die drei Peptidketten haben eine linksläufige Helixstruktur und sind zu einer rechtsdrehenden Tripelhelix verdrillt.

Kollagene sind organ- beziehungsweise entwicklungspezifisch verschieden aufgebaut. Die Anordnung der Kollagen-Fibrillen zueinander ist den biologischen

Funktionen der betreffenden Gewebe angepasst: In Sehnen liegt eine parallele Ausrichtung vor (Kraftübertragung), in der Haut und – besonders dicht gepackt – in der Faserhaut des Auges bilden die Kollagen-Fibrillen ein flächiges Netzwerk (Reißfestigkeit). Im Glaskörper des Auges bilden sie dagegen ein räumliches, lichtdurchlässiges Netz (Formfestigkeit). Beim Kochen von Kollagen lösen sich solche Strukturen auf: Es entsteht als wasserlösliches Produkt Gelatine.

Kollagenprodukte in der Medizin

Ziel der norddeutschen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ist es, Meeres-Kollagen zu isolieren, seine biochemischen und biophysikalischen Eigenschaften zu charakterisieren und Produkte für den Gesundheitsmarkt zu entwickeln.

Prof. Dr. Holger Notbohm vom Lübecker Universitätsinstitut für Medizinische Molekularbiologie und dem Kompetenzzentrum Tissue Engineering in Lübeck erläutert die wissenschaftlichen Perspektiven des Projekts: „Kollagen ist eines der wichtigsten Bestandteile im menschlichen Körper und ein äußerst hilfreiches Werkzeug in der modernen Medizin. Unsere ersten Ergebnisse haben gezeigt, dass es sich lohnt, Kollagen aus bestimmten Meeresorganismen, zum Beispiel den Quallen einmal genauer unter die Lupe zu nehmen.“

Der Anwendungsbereich für Kollagen ist groß. Es wird als Feuchtigkeitsreservoir in Kosmetika zur Hautstraffung verwendet und spielt eine bedeutende Rolle in der plastischen Chirurgie. Neben anderen medizinisch-pharmazeutischen Funktionen ist Kollagen ein effektiver Hämostat, es dient als Matrix für Zell-Kulturen und als Therapeutikum bei rheumatischer Arthritis. Dabei hat die BSE-Problematik den Markt in eine Versorgungslücke gestürzt. Viele Kollagenhersteller sind intensiv auf der Suche nach Alternativquellen.

„Die industrielle Forschung an marinem Kollagen stellt einen Nukleus für weitere Entwicklungen in der marinen Biotechnologie dar, zum Beispiel für den Einsatz vernetzungsfähiger Kollagen-Moleküle in der Transplantationsmedizin und wir freuen uns in diesem Zusammenhang ganz besonders auf die Zusammenarbeit mit der Universität zu Lübeck“, erläutert Dr. Monika Kock, Meeresbiologin und leitende Wissenschaftlerin im Team „Marine Biotechnologie“ beim Projektträger „Coastal Research & Management CRM in Kiel.“

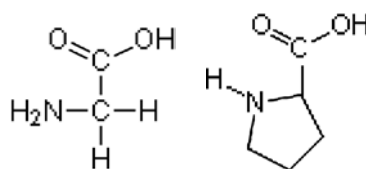


Abbildung 1: Die Aminosäuren Glycin (links) und Prolin sind Bestandteile der Peptidketten, aus denen Kollagen aufgebaut ist.

Reinhold Pientak von der Technologie-Transfer-Zentrale Schleswig-Holstein (ttz, Bewilligungstelle für dieses Fördervorhaben) ist überzeugt: „Die Kooperation und der Know-How-Transfer zwischen CRM und der Universität zu Lübeck ist ein wichtiger Eckpfeiler für die Freisetzung vorhandener Wirtschaftspotentiale auf dem Gebiet der Kollagenforschung in Schleswig-Holstein“. Das Projekt „Marines Kollagen“ schaffe die Voraussetzungen für eine großtechnische Verwertung von Kollagen aus marinen Ressourcen und soll in den folgenden sieben Jahren 36 Arbeitsplätze generieren.

Bisher haben sich allerdings für die Biotechnologie-, Pharma- und Medizintechnikbranche die Umsetzungshoffnungen des „Tissue Engineering“ nicht erfüllt, wie eine Studie des Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung ISI zeigt (siehe diese CLB Seite 72).

Gummibärchen gegen Arthrose

Auch in der Lebensmittelherstellung setzt man Kollagen ein: So gibt es zum Beispiel Eiweißfolie aus Kollagen. Die Kollagenfolie setzt man bei der Herstellung von Pökelfleisch, Braten, Wurst, Fischprodukten und Pasteten ein. Sie schützt, hält frisch und reduziert Saftverluste.

Bislang führte das Kollagenprodukt Gelatine aus ernährungsphysiologischer Sicht eher ein Schattendasein. Doch neueste Studiendaten zeigen, dass Kollagen-Hydrolysat, ein Spezialtyp der Gelatine, für den Gelenkknorpel biologisch wertvoll ist. Streng genommen ist dies keine neue Erkenntnis, hat doch schon Hildegard von Bingen (1098–1179) empfohlen, gegen Gelenkschmerzen ausgekochten Kalbsknorpel anzuwenden. Kollagen-Hydrolysat entspricht in seiner Zusammensetzung dem Kollagen der Knorpelmatrix. Es enthält im Vergleich

zu anderen Proteinen einen dreifach so hohen Anteil an Prolin und Glycin, die essentiell sind für den Kollagen-Aufbau im Knorpel. Im Tierexperiment ließ sich zeigen, dass die bei der Verdauung von Kollagen-Hydrolysat entstehenden Peptide resorbiert werden und vermehrt im Knorpelgewebe nachweisbar sind. Experten raten auf Grund der Studienergebnisse zur Einnahme von zehn Gramm Kollagen-Hydrolysat täglich. Eine Menge, die über normale, gesunde Ernährung nicht umsetzbar ist. Handelsübliche Gelatine wird in der Lebensmittelindustrie bei der Herstellung von Fruchtgummis, Gummibärchen, Joghurts und Müsliriegeln als Dickungs- und Bindemittel eingesetzt. Präventiv die Kost auf den Verzehr von Gummibärchen auszurichten ist nicht denkbar, da im Schnitt 200 Gram täglich konsumiert werden müssten, um die genannte Dosis von zehn Gramm zu erreichen.

Europäische Kreditpunkte an deutschen Hochschulen

Das europäische System zur Erfassung von Studienleistungen ECTS (European Credit Transfer System) soll in den deutschen Hochschulen noch stärkere Verbreitung finden. Das fordert der Senat der Hochschulrektorenkonferenz (HRK). „Die Zeiten, in denen ECTS ausschließlich für international mobile Studierende angewandt wurde, sind vorbei“, erklärt dazu HRK-Praesident Professor Dr. Peter Gähtgens. „ECTS hat in den vergangenen Jahren durch den Bologna-Prozess eine große zusätzliche Dynamik erhalten und setzt sich in allen Ländern des Europäischen Hochschulraums als das europäische Leistungspunktsystem durch“.

Die HRK plädiert dafür, die Möglichkeiten von ECTS auch national verstärkt zu nutzen. Gemeinsam mit der Organisation des Studiums in Modulen können Studienverlauf und -leistungen transparenter gemacht werden. ECTS fungiert dann als Akkumulationsinstrument, das heißt im Laufe des gesamten Studiums werden Leistungspunkte gesammelt. So sind beispielsweise für einen Bachelor-Abschluss mindestens 180 ECTS-Punkte nötig.

Die Senatsempfehlung sieht auch vor, die Praxis der Notengebung der in anderen euro-

päischen Staaten stärker anzugleichen. Die absolute Note des deutschen Systems soll weiter vergeben werden, jedoch ergänzt um eine relative ECTS-Note, um dadurch die Aussagekraft des Zeugnisses und des Diploma Supplements zu erhöhen. Die ECTS-Note drückt aus, zu welcher Leistungsgruppe der Studierende innerhalb seiner Kohorte gehört. Damit werden die unterschiedlichen Notengebungspraktiken ausgeglichen. Eine Umrechnung soll nicht mehr erfolgen.

Gähtgens hält die zügige und umfassende Einführung von ECTS auch im Hinblick auf das derzeit von der EU-Kommission erstmals ausgeschriebene „ECTS-Label“ für wichtig, das an Hochschulen vergeben werden soll, die ECTS in allen Studiengängen korrekt anwenden: „Vorläufig wird das Label nur dazu dienen, dass eine Hochschule zeigen kann, wie „europäisch“ sie ist. Es ist aber wahrscheinlich, dass die vollständige Anwendung von ECTS in der nächsten Generation der EU-Bildungsprogramme die Voraussetzung für zumindest einen Teil der Fördermaßnahmen werden wird. ECTS wird damit zu einem Element des Wettbewerbs, und wer sich rechtzeitig darauf einstellt, wird klare Vorteile haben.“

Seidenraupen produzieren artfremdes Kollagen

Japanischer Forscher haben gentechnisch veränderte Seidenraupen kreiert, die in ihrer Seide Kollagen einlagern. Es kann nach Meinung der Forscher leicht von der Seide gelöst und dann wie menschliches Kollagen eingesetzt werden.

Da die Haltung von Seidenraupen in Ländern wie Japan, China oder Indien weit verbreitet ist, hoffen die Forscher aus Hiroshima nun auf eine günstige Produktion von Kollagen in großtechnischem Maßstab. Bisher scheiterte die Herstellung von Proteinen mit Hilfe gentechnisch veränderter Organismen oftmals daran, dass die entsprechenden Tierarten nur schwer zu halten sind. Für ihre Studien haben die Forscher das Gen für das menschliche Protein in die Erbanlagen für das Drüsengewebe der Seidenraupen integriert. Sie verwendeten dafür Standardverfahren der Biotechnologie und hoffen daher, mit Hilfe von Seidenraupen auch andere für das Tier artfremde Proteine herstellen zu können.

MB

Forschung an Fachhochschulen im Verbund mit der Wirtschaft

Enzym verhindert Korkfehler bei Wein und Sekt

Mit Unterstützung der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ (AiF) haben Wissenschaftler der Fachhochschule Wiesbaden ein enzymatisches Verfahren zur Verhinderung von Korkfehltonen in Wein und Sekt entwickelt.

Der Einsatz von Naturkorken in der Weinproduktion verursacht in oft erhebliche wirtschaftliche Schäden. Dafür sind vor allem die als „Korktöne“ bekannten sensorischen Fehler verantwortlich, die zu einer geschmacklichen Beeinträchtigung führen. Sie entstehen meist durch Mikroorganismen auf oder im Korken.

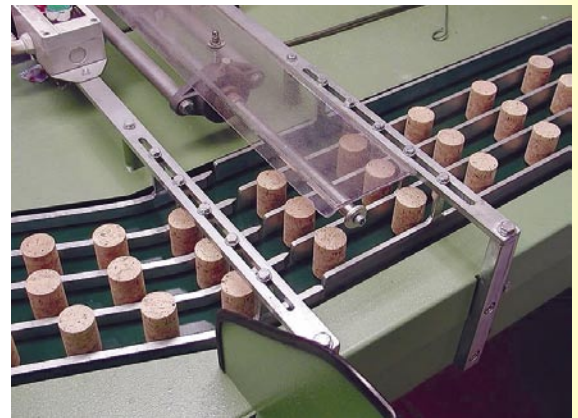
Das Enzym Suberase hemmt oder verhindert das Bewachsen des Korkmaterials mit den schädlichen Mikroorganismen. Der sensorische Befund der behandelten Korken zeigte nach vier Wochen feuchter Lagerung keine negativen Aromenoten. Die stark entkeimende Wirkung mit Hilfe des Enzyms Suberase führt zur Senkung des Mittel- und Energieeinsatzes bei Korkproduktion und -veredlung und zur Verminderung von meist chemischen Abfällen im Produktionsprozess.

Suberase verwendet man schon länger zur Korkwaschung, um anwesende Phenole umzuwandeln, die in den Wein übergehen und einen adstringierenden Fehlton verursachen können. Außerdem entfernt Suberase die Vorläufer für die Anisole, so dass 2,4,6-Trichloranisole (TCA), die auslösende Substanz für den Korkton, nicht mehr entstehen kann. Man wäscht aber auch mit 15 prozentigem Alkohol – mit diesem dem Wein Gehalt lösen sich schon bei der Waschung viele schädliche Bestandteile aus dem Korken, die sonst erst in der Flasche mit dem Weinalkohol ausgewaschen wurden. Weiterhin setzt man noch ein

wenig Speiseessig zum Absenken des pH-Wertes hinzu. Der ideale pH-Wert für Suberase beträgt 5,5. Nach der Waschung (etwa 45 Minuten) spült man noch mit klarem Wasser nach.

Bislang versuchte man, das Wachstum von Mikroorganismen durch verschiedene chemische Zusätze während der Korkproduktion zu unterdrücken, etwa durch eine Peroxid- oder Chlorlaugebehandlung. Beide Methoden führen allerdings nicht zu einer kompletten Abtötung von Mikroorganismen, so dass es weiterhin zur Bildung von TCA kommt. Bei alternativen physikalischen Methoden, wie Elektronenbestrahlung, Mikrowellenbehandlung oder Begasung mit Ethylenoxid, war entweder die Abtötungsrate zu gering oder Reinfektionen durch die in den Produktionsbetrieben vorhandenen Luftkeime, vor allem Schimmelpilze, führten zur erneuten Fehltonbildung.

Mehr über Zusätze im Wein finden Sie im Artikel „Moderne Ionenanalytik (Teil 9) in der CLB 11/2003 auf Seite M82.



Die Produktion von Sektkorken ist heute weitgehend automatisiert (Fotos: AiF).



Die Qualitätskontrolle erfolgt weiterhin manuell.

Rezession adé – Mitarbeiter gesucht

Der Verband deutscher Biologen und biowissenschaftlicher Fachgesellschaften e.V. (vdbiol) und BioBerufe.de veranstalten gemeinsam mit der biotechnologischen Studenteninitiative (btS) das „Karrierefórum LifeSciences“ am 24. März 2004 in der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf.

Unter anderen nehmen folgende Unternehmen teil: Bayer Healthcare, Düsseldorf Business School, eppendorf AG, Henkel AG, Integra Biosciences GmbH, Invitrogen, Management Consulting Merx - McM GmbH, Merck Biosciences GmbH, Qiagen GmbH, Roche Diagnostics GmbH, ... Statt Rezessionsängste treibt diese Unternehmen wohl die konkrete Hoffnung auf Besserung an, schon heute nach den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern von morgen Ausschau zu halten.

Das Programm ist auf Hochschulabsolventen, arbeitssuchende Spezialisten und dieses Jahr erstmalig auch für Technische Assistenten aus dem Lifesciences-Bereich abgestimmt. Mehrere BTA-Schulen sind mit ihren Absolventen direkt vor Ort.

Neben einem Vortrags- und Präsentationsprogramm erhält der Besucher auch anschauliche Tipps für eine erfolgreiche Karriere, etwa in der Veranstaltung „Vorstellungsgespräch - live“ oder der Podiumsdiskussion mit Personalverantwortlichen.

Im Jahr 2002 besuchten über 3000 interessierte Absolventen das „Karrierefórum“ an der Heinrich-Heine-Universität. Eingebettet ist die Veranstaltung in das Fachsymposium „LifeCom“. Weiteres unter www.bioberufe.de/karrierefórum/.

Weiterbildungs-Innovationspreis WIP 2004

Neue Konzepte in der beruflichen Weiterbildung

Mit dem Weiterbildungs-Innovations-Preis (WIP) hat das Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) zum vierten Mal fünf Qualifizierungsmaßnahmen für innovative Ansätze in der beruflichen Weiterbildung mit insgesamt 12 500 Euro ausgezeichnet.

Zum Wettbewerb wurden insgesamt 101 Maßnahmekonzepte eingereicht. Die Jury wählte folgende fünf Maßnahmen der beruflichen Weiterbildung aus:

„**Advanced Skills In Applied Analytics**“ – ein Qualifizierungsprogramm für technische Labormitarbeiter der provadis Partner für Bildung und Beratung GmbH in Frankfurt. Das Weiterbildungs-

angebot richtet sich an Chemielaboranten, die sich bereits während der Berufsausbildung vertieft mit dem Bereich Analytik beschäftigt haben, diese Kenntnisse in ihrem Beruf ausbauen konnten und sich nun weiterqualifizieren möchten. Die 300 Stunden umfassende Weiterbildung, die auch erprobte E-Learning-Systeme einsetzt, umfasst fachliche und berufsübergreifende Qualifikationen (Fremdsprachen, Recht, Informationsmanagement) und kann um die Vermittlung von Soft Skills wie auch um berufsbegleitende Inhalte erweitert werden. Die (einzelfallbezogene) Anrechnung von Prüfungsleistungen stellt die Brücke zu weiterführenden Studiengängen her.

Berufliche Qualifizierung für Migrantinnen „**Außenwirtschaft und länderkundlicher Berater**“. Preisträger: Ländliche Erwachsenenbildung in Niedersachsen e.V. (LEB), Bildungsstätte Bad Zwischenahn

„**CNC-Qualifizierungsoffensive**“. Preisträger: DMG Trainings-Akademie GmbH, Bielefeld.

Zusatzqualifikation „**Energiekaufmann/-frau**“. Preisträger: Bildungs- und Entwicklungszentrum der Stadtwerke Leipzig GmbH, Leipzig.

„**Fachpädagoge/Fachpädagogin für über- und außerbetriebliche Bildung**“. Preisträger: Berufsförderungswerk Hamburg GmbH, Hamburg.

Weiterbildung für Professoren

Neue Medien, Moderation und Zeitmanagement

Die Hochschulen und ihr Lehrpersonal stehen – abgesehen von Kürzungsaufgaben – in den nächsten Jahren vor enormen Herausforderungen: Studiengänge sind auf modularisierte Strukturen umzustellen, die Lehre durchgängig zu evaluieren, Schlüsselqualifikationen und Neue Medien in die Lehrpläne zu integrieren. All dies erfordert von den Lehrenden Fähigkeiten, die über didaktische Kompetenzen im engeren Sinne hinausreichen.

Dieser Entwicklung trägt die Arbeitsstelle für Hochschuldidaktik (AfH) an der Technischen Universität Braunschweig Rechnung, indem sie in ihrem modularisierten Angebot „Weiterbildung in der Hochschullehre (WindH)“ didaktisches Wissen und Können mit aktuellen Themen und Trends der Hochschulentwicklung verbindet.

Niedersachsen

WindH vermittelt hochschuldidaktisches Wissen und Können: Planung von Lehrveranstaltungen, didaktische Gesprächsführung, Methodenkompetenz, Durchführung von Prüfungen, Beratung von Studierenden, Einsatz neuer Medien in der Lehre sowie Schlüsselqualifikationen wie Moderation, Coaching, Zeitmanagement. Die Teilnehmer können zum Nachweis ihrer Qualifikation ein Zertifikat erwerben. Es umfasst 160 Unterrichtsstunden und entspricht damit internationalen Standards. Das Angebot richtet sich insbesondere an den wissenschaftlichen Nachwuchs. Eine Besonderheit an der TU Braunschweig stellt das E-Learning-Zertifikat dar, Handlungskompetenzen im Umgang mit den Neuen Medien in der Lehre vermittelt.

Franken

Die vier fränkischen Universitäten in Bamberg, Bayreuth, Erlangen-Nürnberg und Würzburg haben jetzt ein „Fortbildungszentrum für Hochschullehre“ vertraglich vereinbart. Ein Vorläufer des neuen Zentrums hatte bereits vor mehr als einem Jahr seine Arbeit aufgenommen und Fortbildungsveranstaltungen angeboten. Das Zentrum untersteht einem Steuerungsgremium, das von den vier beteiligten Universitäten paritätisch besetzt wird. Aufgabe eines Koordinators ist es, ein Fortbildungskonzept zu erstellen, Veranstaltungen zu organisieren und zu koordinieren, ein Referentennetz aufzubauen und eine Evaluierung der Veranstaltung zur Hochschullehre in Gang zu bringen. An den vier Universitäten werden Beauftragte für Hochschullehre bestellt.

Aufgabe, Funktion und Wirkung der zentralen Studienplatzvergabe

ZVS vergibt 20 Prozent aller Studienplätze

Die Hochschulen sollen sich ihre Studierenden und die Studierenden ihre Hochschule aussuchen können.

„Ich begrüße es, dass Bundesministerin Bulmahn die Zentralstelle für die Vergabe von Studienplätzen (ZVS) als Bewirtschaftungsinstrument für die Hochschulzulassung aufgibt“, erklärte der Niedersächsische Minister für Wissenschaft und Kultur, Lutz Stratmann. Den Studiengang Betriebswirtschaftslehre sollte man laut Stratmann aus dem Verfahren herausnehmen. Die Länder sollten gemeinsam überlegen, wie die Studienplätze in den Studiengängen Medizin, Zahnmedizin, Tiermedizin und Pharmazie verteilt werden. Für die Studiengänge Biologie und Psychologie werde sich ein zentrales Verfahren nach Umstrukturierung in Bachelor- und Masterabschlüsse ohnehin erübrigen. „Für weniger als fünf Prozent der Studienbewerber brauchen wir keine länderübergreifende, kostspielige Zentralverteilungsstelle“, erklärte Stratmann.

Stellungnahme der ZVS

Die ZVS erhält ihren Auftrag von den Ländern. Sie setzt die von der Politik durch das HRG und den ZVS-Staatsvertrag vorgegebenen

Regeln um. Das in Deutschland seit mehr als 30 Jahren praktizierte Zulassungsverfahren basiert auf einem Urteil des Bundesverfassungsgerichts aus dem Jahre 1972. Eine zentrale Studienplatzvergabe ist nur dann notwendig, wenn die Zahl der Bewerber deutlich die Zahl der verfügbaren Studienplätze übersteigt. Zur Zeit werden knapp 20 Prozent der Studienanfängerplätze zentral vergeben. In den sieben bundesweiten NC-Fächern liegt die Nachfrage nach Studienplätzen um das Zwei- bis Vierfache über dem Angebot. Die Hochschulen können auch jetzt schon im ZVS-Verfahren 24 Prozent der Studienplätze in einem eigenen Auswahlverfahren besetzen. Sie nutzen dies nur zu einem verschwindend kleinen Teil aus. Die technischen und organisatorischen Voraussetzungen für die Umsetzung der neuen Zulassungsregeln, die nach den Vorstellungen der Länder künftig gelten sollen, hat die ZVS bereits geschaffen.

Vorschläge des Wissenschaftsrats

Der Beirat der ZVS, die Vertretung der Hochschulen im Vergabeverfahren, begrüßt die Empfehlungen des Wissenschaftsrates zur Neugestaltung des Hochschulzugangs.

Insbesondere befürwortet der Beirat, dass die Hochschulen das Recht erhalten sollen, den überwiegenden Teil der Studierenden selbst auszuwählen. Der Beirat appelliert an Bund und Länder, sich auf dieser Grundlage schnellstmöglich zu verständigen und die erforderlichen rechtlichen Grundlagen zu schaffen.

Im Rahmen der Neugestaltung der Hochschulzulassung hält der Beirat es für notwendig, einen zentralen Bewerbungsdienst zu schaffen, der allen Hochschulen Dienstleistungen für die Bearbeitung der Bewerbungen anbietet. Der Aufbau dieser Einrichtung sollte die Erfahrungen, die Kompetenz und die Ressourcen der ZVS nutzen. Der gemeinsame Bewerbungsdienst könnte insbesondere die Hochschulen von der Bearbeitung von Mehrfachbewerbungen, von der Prüfung formaler Voraussetzungen und der Gewichtung einzelner Schulnoten entlasten.

Für die Studienbewerber wäre der gemeinsame Bewerbungsdienst geeignet, Informationsmöglichkeiten zu bündeln, mit einem einzigen Antrag alle Zulassungschancen auszuschöpfen und die Aufnahme in eine Hochschule zu beschleunigen.

Aus der Bildungslandschaft

- Die Technische Universität München hat durch Umwidmung aus eigenen Ressourcen den neuen **Lehrstuhl für „Mikrobielle Ökologie“** geschaffen. Vor dem Hintergrund steigender Anforderungen an die Produktion von mikrobiologisch sicheren Lebensmitteln ist die Erforschung der Ökologie von pathogenen, durch Lebensmittel übertragenen Mikroorganismen sowohl im Lebensmittel als auch im Gastrointestinaltrakt vordringlich. Es gilt insbesondere, die heute verfügbaren DNA-Sequenzen sowohl auf genetischer (Genomik, Microarrays) als auch auf Proteinebene (Proteomik) für die Anwendung im Bereich der Lebensmittelsicherheit nutzbar zu machen.

- Im Rahmen der „Trilateralen Initiative“ zur Entwicklung der Biotechnologie im Saarland zwischen der Universität des Saarlandes, der HTW, der Fraunhofer-Gesellschaft und der Landesregierung,

wurde die erste gemeinsame Juniorprofessur von Universität und Fraunhofer-Gesellschaft gestartet. Der Vorteil dieser Kooperation ist die exzellente Mittelausstattung an einem Fraunhofer-Institut bei gleichzeitig engem Kontakt zu Lehre und Forschung der Universität. Der „Juniorprofessor“ Dr. Heiko Zimmermann ist Physiker mit der Spezialisierung in Biophysik und Biotechnologie. Angesiedelt in der Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät III – Chemie, Pharmazie und Werkstoffwissenschaften, wird er das Lehrangebot der Universität des Saarlandes ergänzen und gleichzeitig eine Abteilung am Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik (IBMT) in St. Ingbert/Sulzbach führen. Die Professur erfüllt eine **Brückenfunktion zwischen Nanobiotechnologie, Biophysik und Bioinformatik** und ist eng mit dem Zentrum für Bioinformatik der Universität des Saarlandes verknüpft.

Nützliche Ratgeber 5: Computerlernprogramm für Molekularbiologie Trockentraining für's Nasslabor

ViPGen, ein multimediales, interaktives Computerlernprogramm für Molekularbiologie, steht kurz vor seiner Marktreife. Vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert, arbeiteten Wissenschaftler der Universitäten Tübingen, Oldenburg und Düsseldorf an ViPGen.

Das CD-basierte Lernprogramm besteht aus einem dreidimensionalen Labor und einem Seminarraum, der verschiedene Lernorte bietet, zum Beispiel Computerarbeitsplatz und Mediathek. Die Mediathek dient zur Vorbereitung auf die virtuellen molekularbiologischen Experimente, die im Labor durchgeführt werden können. Darüber hinaus enthält sie ein multimediales Lehrbuch mit Schwerpunkt Genidentifizierung.

Dieses ist vor allem für den Einsatz an Universitäten gedacht und kann von den Lehrenden mittels Konfigurationswerkzeugen dem Kursniveau angepasst, ergänzt und aktualisiert werden. Der Lernstoff ist auf drei Tiefenebenen angelegt, so dass der Nutzer selbst entscheidet, wie viel er über ein bestimmtes Thema wissen möchte. Per Mausklick kann er außerdem das eigene Wissen testen und Fachbegriffe nachschlagen. Die vielen Interaktionsmöglichkeiten erhöhen die Lernmotivation und fördern das vernetzte Denken.

Die praxisorientierte Komponente des Lernprogramms, das dreidimensionale Labor „GenLab“, ermöglicht vor allem Studierenden im Grundstudium, sich auf die realen Praktika vorzubereiten. Im GenLab führt der Nutzer Arbeitsschritt

für Arbeitsschritt aus und wird sofort auf Fehler hingewiesen, sei es auch „nur“ die schmutzige Pipette. Experimente, die die Studierenden virtuell geübt haben, können sie im Praktikum schneller und selbstständiger durchführen. Denkbar ist es auch, einzelne Experimente ganz in das GenLab zu verlegen. Für Schüler der Leistungskurse Biologie ist GenLab ebenfalls geeignet. Sie können im virtuellen Raum molekularbiologische Versuche machen, für die die Schullabore nicht eingerichtet sind.

Das Computerlernprogramm ViPGen will und kann aber weder Vorlesungen noch Laborpraktika ersetzen, sondern es bietet eine sinnvolle Ergänzung, indem es dem Lehrenden wie dem Lernenden die Arbeit erleichtert und außerdem Spaß macht.

Nützliche Ratgeber 6: CD zum Thema „Nachwachsende Rohstoffe“ Von der Pflanze zum Produkt

Eine CD-ROM zum Thema „Nachwachsende Rohstoffe“ erstellten jetzt Mitarbeiter der Professur für Pflanzenzüchtung der Justus-Liebig-Universität Gießen. Parallel zu der Internetseite (www.nawaro-hessen.de) informiert die CD-ROM über alternative Nutzungsmöglichkeiten von Pflanzen und die gestiegene Bedeutung der Nachwachsenden Rohstoffe auch als Alternative zu Produkten aus Erdöl.

Die CD stellt über 70 verschiedene Rohstoffpflanzen ausführlich vor. Neben biologischen Merkmalen werden sowohl die Verwendungs-

möglichkeiten und Anbauverfahren der jeweiligen Pflanzen als auch aktuelle Entwicklungen in der Rohstoffpflanzenforschung und -züchtung beschrieben. Man findet allgemeine Berichte über Rohstoffe, Verarbeitung, Produkte und über die Forschung, die zum grundlegenden Verständnis der jeweiligen Themen beiträgt. Eine Literatur- und Adressenliste verweist auf weiterführende Informationsquellen, auf Forschungseinrichtungen sowie auf Ministerien und Ämter. Daneben enthält die CD eine umfangreiche Bilddatenbank.

Die Bereitstellung von Informationen über Nachwachsende Roh-

stoffe auf CD macht das Thema auch Interessenten zugänglich, die das Online-Internetangebot nicht nutzen können. Außerdem eignet sich der Datenträger besonders für den Einsatz in Schulen und anderen Bildungsstätten.

Die neue CD-ROM ist an der Professur für Pflanzenzüchtung, Justus-Liebig-Universität Gießen (Heinrich-Buff-Ring 26-32, 35392 Gießen) sowie beim Hessischen Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz, Referat: Forschung und Innovation (Hölderlinstr. 1-3, 65187 Wiesbaden) auf Anfrage kostenlos erhältlich.

Weniger Institute für Toxikologie an deutschen Universitäten

Pharmakologie ist nicht gleich Toxikologie

Durch eine verfehlte Strukturpolitik ist es zu einer dramatischen Entwicklung für das Fach Toxikologie an deutschen Universitäten gekommen, meinen Prof. Dr. Gerhard Eisenbrand und Prof. Dr. Dieter Schrenk, Fachrichtung Lebensmittelchemie und Umwelttoxikologie im Fachbereich Chemie der TU Kaiserslautern.

Die nicht abgestimmte Umsetzung massiver Sparauflagen führt meist dazu, dass kleine, als nicht absolut notwendig angesehene Fächer ohne entsprechenden Einfluss an der Hochschule weggespart werden. Dies geschieht derzeit mit den Instituten für Toxikologie an medizinischen Fakultäten deutscher Universitäten. Wenigstens kommt es zu einer Reduzierung der toxikologischen Institute zu Abteilungen unter dem Dach eines Institutes für Pharmakologie und Toxikologie, so geschehen in Erlangen oder Tübingen

und derzeit drohend in Hamburg und Göttingen.

Die leitenden Lehrstuhlinhaber für Pharmakologie und Toxikologie sind nahezu ausschließlich Pharmakologen, also Arzneimittelforscher. Die gestiegenen Anforderungen an die Teilnahme in Experten- und Beratungsgremien auf nationaler und internationaler Ebene sowie an die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses und die Bearbeitung drängender Fragen in der Forschung kann die deutsche Toxikologie so nicht mehr erfüllen.

Auf europäischer Ebene bedeutet dies, dass Entscheidungen auf den Gebieten Chemikalien-, Arzneimittel- und Lebensmittelsicherheit künftig weitgehend ohne Sachverstand aus deutschen Universitäten vorbereitet werden. Das gestiegene Risikobewusstsein der Bevölkerung bezüglich Gesundheits- und Verbraucherschutz (zum Beispiel Lebensmittel-, Umwelt- und Arz-

neimittelsicherheit) sowie immer wieder auftretende Problemfälle und Skandale machen eine wissenschaftliche Bewertung erforderlich.

Die Kultusminister von Bund und Ländern schieben die Verantwortung auf die Zuständigkeit der Universitäten, die wiederum den Einspardruck ins Feld führen. Die Industrie verweist auf die Zuständigkeit der öffentlichen Hand. Staatliche Einrichtungen wie die zuständigen Ministerien für Gesundheit, Verbraucherschutz, Umwelt etc. der Länder und des Bundes, das Umweltbundesamt, das Bundesinstitut für Risikobewertung sowie die pharmazeutische und chemische Industrie haben bisher dieser Entwicklung nahezu tatenlos zugesehen. Hier Abhilfe zu schaffen, kann nur durch ein Lehrstuhlerhaltungs- und Entwicklungsprogramm „Toxikologie“ von Bund und Ländern ermöglicht werden.

Nanowissenschaftspreis für magnetische Strukturen

Vom Werftarbeiter zum Nanophysiker

Die Hamburger Forschungsgruppe Rastersondenmethoden unter der Leitung von Prof. Roland Wiesendanger ist im Erkennen und Abbilden winzigster magnetischer Strukturen weltweit führend. Oswald Pietzsch – der 56jährige Nachwuchswissenschaftler – hat mit seiner Arbeit zu diesem Erfolg wesentlich beigetragen.

Pietzsch und seine Kollegen dektieren den Magnetismus nicht anhand magnetischer Kräfte sondern anhand der elektronischen Eigenschaften magnetischer Materialien. Sie arbeiten mit einem Spinpolarisierten Rastertunnelmikroskop. Durch konsequente Anwendung der Mikroskopiemethode bei tiefen Temperaturen hat

Pietzsch dem Abbildungsverfahren eine völlig neue Qualität verliehen. Bei der Konstruktion des Mikroskops kam dem Nanophysiker seine jahrzehntelange Berufserfahrung im Maschinenbau zu gute.

Pietzsch ist sicher einer der ältesten Nachwuchswissenschaftler der Universität Hamburg. Mit 41 Jahren entschied sich der damalige Werftarbeiter noch für eine akademische Laufbahn, studierte Physik und schloss das Studium 2001 im Alter von 53 mit einer Promotion „mit Auszeichnung“ ab.

Der Nanowissenschaftspreis wurde 2000 das erste Mal vom Kompetenzzentrum Nanoanalytik verliehen. Seit 2003 wird der mit 5000 Euro dotierte Preis vom Kompetenzzentrum HanseNanoTec aus-

geschrieben. Die Verleihung des Nanowissenschaftspreises 2004 wird im Rahmen der zweiten deutschen Nanotechnologie-Tagung „NanoDE“ in Wiesbaden erfolgen (21./22. Juni 2004).

Der 56jährige Nachwuchswissenschaftler beobachtet Magnetismus zwischen einzelnen Atomen mit einem Spinpolarisierten Rastertunnelmikroskop (Foto: Kompetenzzentrum Nanoanalytik).

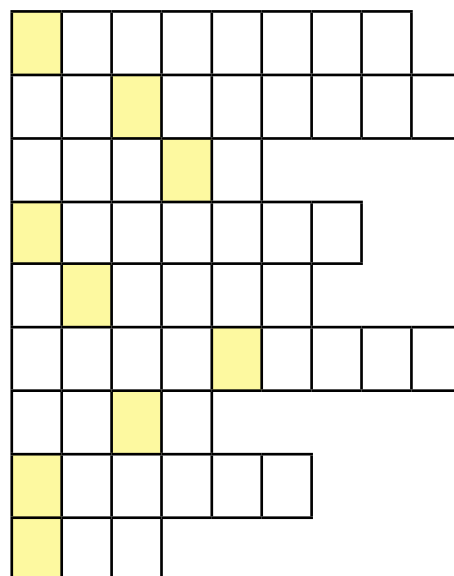


Rätsel aus der Chemie

Wir suchen einen der Mitbegründer der modernen Spektroskopie ...

Das Lösungswort ergibt sich, wenn Sie die unten stehenden Fragen beantworten und die Buchstaben in den gelb gekennzeichneten Feldern richtig ordnen.

- Strahlung, die man als Wärmestrahlung bezeichnet:
- Die Frequenz, bei der etwa der optische Bereich endet:
- Material, das im Infrarot-Bereich nahezu metallische Reflektionseigenschaften zeigt:
- Ein anderes Wort für Schwingungszahl:
- Wenn ein Elektron in einen angeregten Zustand übergeht, wird dieses Teilchen absorbiert:
- Der Frequenz-Bereich, in dem heutige Computer arbeiten:
- Gas, das in der Atmosphärenchemie eine große Rolle spielt:
- Element, das als erstes mit Spektralanalyse entdeckt wurde:
- Akkürzung für Spektralbereich, dem THz-Licht entspricht:



Lösungswort:

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Die Antworten zu diesem Rätsel finden Sie im nächsten Heft.

Des Rätsels Lösung (aus Heft 01/2004)

Das Lösungswort des Preisrätsels aus der CLB 01/2004 lautet DOKIMASIE. Eine Ecosphere (siehe Seite 61) bzw. ein kostenloses Jahresabonnement haben gewonnen

Cindy Ivenz, Stuttgart (Ecosphere); **Kerstin Becker**, Mitterteich (Jahresabonnement). Herzlichen Glückwunsch!

Die Antworten auf die einzelnen Fragen lauten:

Ein ständiger Begleiter von Gold in seinen Lagerstätten ist Silber.

Ein Element der achten Nebengruppe ist Nickel.

Die Mischung aus Salpetersäure und Salzsäure heißt Königswasser.

„Scheidewasser“ nannte man früher Salpetersäure.

Der Oberbegriff für Gold, Silber, Platin, ... ist Edelmetall.

Ein Katalysatormaterial ist Platin

Den Schmelzprozess zur Trennung von edlen und unedlen Metallen nennt man Kupellation.

Eines der seltensten Elemente der Erde ist Gold.

Das größte Goldlager der Welt findet man in Witwatersrand.



Teil 4: Textverarbeitung

Röbbe Wünschiers

In dieser Ausgabe befassen wir uns mit dem Erstellen, Betrachten und Editieren von einfachen Textdateien. Dies ist die Grundlage um zum einen Programme schreiben zu können und zum anderen aber auch um Konfigurationsdateien zu editieren.

Textdateien erstellen und editieren

Bevor wir uns daran machen kleine Programme zu schreiben und anzuwenden, müssen wir uns mit dem Erstellen und Betrachten von Textdateien befassen. Schließlich ist ein Programm nichts anderes als eine Textdatei die entsprechende Programmbeefehle enthält. Unix und seine Derivate bietet eine unüberschaubare Vielzahl mehr oder weniger komfortabler Texteditoren – und, im Gegensatz zu Textverarbeitungssoftware wie Word, soll hier nur von Editoren die Rede sein. Viele Editoren sind auf bestimmte Aufgaben spezialisiert, wie z.B. die farbliche Hervorhebung der Syntax von HTML Dokumenten (*Hypertext Markup Language*, die Grundlage von Internetseiten). Dann gibt es Universalgenies wie *Emacs*. Dieser Editor kann dem Anwender fast jeden Wunsch erfüllen, wenn man ihn zu bedienen weiß, was wiederum nicht einfach ist. Ich möchte hier den Editor *Vim* vorstellen. Vim steht für *vi improved* und *vi* steht für *visual editor*. Vim ist sicherlich nicht der komfortabelste Editor. Er hat aber den großen Vorteil, dass er auf allen Unix/Linux Installation, inklusive Mac OS X, vorhanden ist. Wenn man mit Vim umgehen kann, gerät man auch dann nicht in Schwierigkeiten, wenn man über ein Netzwerk auf einem Hochleistungsrechner am anderen Ende der Welt Proteinfaltungen berechnen lassen will und dazu eine Konfigurationsdatei editieren muss. Das kommt doch eh nicht vor sagen Sie? Das kann schneller passieren als Sie denken, antworte ich Ihnen.

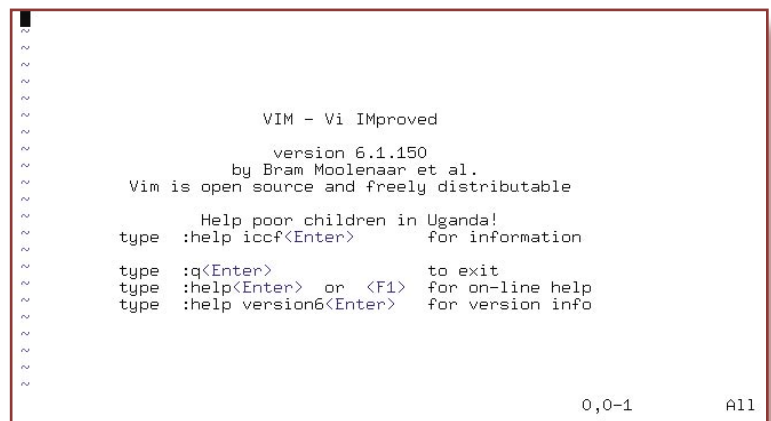
Also, rufen wir Vim einmal auf. Dazu geben Sie im Terminal den Befehl `vi` ein. Dies startet automatisch Vim und Sie sehen etwas wie in Abbildung 1. Vim arbeitet in zwei unterschiedlichen Modi: dem Kommandomodus und dem Eingabemodus. Unmittelbar nach dem Aufruf von Vim befinden Sie sich im Kommandomodus. Durch Drücken der Taste `/` (*input*) gelangen Sie in den Eingabemodus. Sie sehen am Anfang jeder Zeile eine „Schlange“ – dies ist das Tildezeichen und besagt lediglich, dass in dieser Zeile kein Text enthalten ist.

Nun können Sie mit der Texteingabe starten. Geben Sie ein paar Zeilen Text ein. Durch Drücken der

`ENTER` Taste erzeugen Sie einen Zeilenumbruch. Wenn Sie die Texteingabe abgeschlossen haben, drücken Sie `ESC`. Damit gelangen Sie wieder zurück in den Kommandomodus. Bis jetzt ist der eingegebene Text noch nicht gespeichert. Dies erreichen Sie mit dem Befehl `:w dateiname.txt`. Dabei steht `:` `w` für den Befehl *write* (schreiben), gefolgt von dem gewünschten Dateinamen. Die Datei wird in das Verzeichnis geschrieben, von dem aus Sie Vim aufgerufen haben. Mit `:x` beenden Sie Vim. Dabei werden die letzten Änderungen gespeichert. Verwenden Sie `:q!` um Vim abzubrechen, d.h., alle Eingaben und Änderungen seit dem letzten Speichern (durch den Befehl `:w`) gehen verloren. Dies sind bereits die Grundlagen vom Vim. Das Wichtigste ist sich zu merken, dass man durch Drücken der Taste `/` von dem Kommandomodus in den Eingabemodus, und durch Drücken der Taste `ESC` von dem Eingabemodus in den Kommandomodus wechselt.

Mit `vi dateiname.txt` öffnet Vim direkt die angegebene Datei. Öffnen Sie die Textdatei die Sie gerade erstellt haben. Sie befinden sich im Kommandomodus und sehen den Text, den Sie vorhin erstellt haben. Mit den Pfeiltasten können Sie sich durch den Text bewegen. Jetzt löschen wir Text. Durch Drücken der Taste `X` löschen Sie das Zeichen an der aktuellen Cursorposition; durch Drücken der Tasten `D D` (in rascher Folge) löschen Sie die aktuelle Zeile. Mit `:w` werden die Änderungen gespeichert (den Dateinamen brauchen Sie jetzt nicht mehr anzugeben, da wir Vim ja diesmal mit Angabe eines Dateinamens gestartet haben). Durch Drücken der Taste `/` gelangen Sie wieder in den Eingabemodus und können an der aktuellen Cursorposition Text eingeben. Verwenden Sie `ESC` gefolgt von `:x`, um Vim wieder zu beenden und alle Änderungen zu spei-

Abbildung 1: Das Startfenster von Vim.



chern. Nun sind Sie in der Lage die wahrscheinlich weltweit verbreitetsten Texteditoren zu bedienen: Vim und seinen Vater Vi. Neben diesen Grundfunktionen bietet Vim aber noch eine lange Liste weiterer Befehle, von denen die wichtigsten in Tabelle 1 aufgeführt sind. Eine vollständige Übersicht erhalten Sie durch aufrufen der Manual-Seiten (siehe Unix 3 in CLB Heft 1/2004) mit `man vim`.

Textdateien betrachten

Ebenso wichtig wie das Erstellen von Textdateien ist das Betrachten von Textdateien. Die primitivste Möglichkeit bietet der Befehl `cat` (*concatenate*, zusammenhängen), der eigentlich den Inhalt zweier Dateien zusammenfügt. Mit `cat dateiname.txt` wird der Inhalt der Datei namens *dateiname.txt* auf den Bildschirm ausgegeben. Dieser Befehl ist eher ungeeignet bei langen Texten. Natürlich können Sie auch Vim verwenden um Texte zu lesen. Komfortabler ist dagegen `less`. Rufen Sie `less` zusammen mit dem Namen der zu betrachtenden Datei auf: `less dateiname.txt`. Mit den Pfeil- und `PgUp` bzw. `PgDn` Tasten können Sie nun durch die Textdatei scrollen. Durch Drücken der Taste `Q` beenden Sie `less` und gelangen wieder zurück in die Kommandozeile. `less` verwendet übrigens ähnliche Befehle wie Vim. So können Sie mit `/text` nach dem Vorkommen von *text* suchen. Sie sehen, die Anwendung von `less` ist extrem einfach und die Kenntnis der Vim Befehle ist universell einsetzbar. Manchmal möchte man aber nur den Anfang oder das Ende einer Datei betrachten. Auch hierfür gibt es eigene Befehle. Mit `head dateiname.txt` werden die ersten 10 Zeilen der Textdatei namens *dateiname.txt* angezeigt. Sollen mehr oder weniger Zeilen angezeigt werden, so lässt sich dies mit der Option `-n` beziffern. So zeigt `head -n5 dateiname.txt` nur die ersten 5 Zeilen an. Ebenso werden mit dem Befehl `tail dateiname.txt` nur die letzten 10 Zeilen der Datei *dateiname.txt* angezeigt. Auch hier kann die Anzahl der anzuzeigenden Zeilen mit der Option `-n` gesteuert werden.

Textdateiwerkzeuge

Die große Stärke von Unix und seinen Derivaten liegt in einer Vielzahl kleiner Programme die einem das Leben versüßen (zumindest vereinfachen). In Bezug auf Textdateien haben Sie soeben `less`, `head` und `tail` kennen gelernt. Diese Befehle dienen lediglich dem Betrachten von Textdateien. Mit dem Befehl `sort dateiname.txt` können Sie den Inhalt von Textdateien sortieren. Dies ist insbesondere dann interessant, wenn die Datei z.B. Zahlenkolonnen enthält. Enthält die Datei mehrere Zahlenkolonnen, die z.B. durch ein Leerzeichen oder Tabulator getrennt sind, dann kann man mit der Option `-k` die zu sortierende Datenspalte angeben. `sort -k2 dateiname.`

`txt` sortiert bspw. die Zeilen nach den Einträgen in der zweiten Spalte. Das folgende Beispiel in Terminal 1 soll dies verdeutlichen.

Terminal 1

```
01 $ cat zahlen.txt
02 1 2
03 3 9
04 2 4
05 5 0
06 $ sort zahlen.txt
07 1 2
08 2 4
09 3 9
10 5 0
11 $ sort -k2 zahlen.txt
12 5 0
13 1 2
14 2 4
15 3 9
16 $
```

Mit Vim wurde die Datei *zahlen.txt* mit zwei durch Leerzeichen getrennte Datenkolonnen erstellt. In Zeile 1 von Terminal 1 geben wir den Dateiinhalt mit dem Befehl `cat` auf den Bildschirm aus. In Zeile 6 verwenden wir `sort` um die Zeilen zu sortieren. In Zeile 11 von Terminal 1 weisen wir `sort` durch Angabe der Option `-k2` an, die Zeilen nach der zweiten Spalte zu sortieren. Das Ergebnis sehen Sie in den Zeilen 12 bis 15. Bei allen Manipulationen bleibt der Inhalt der Datei *dateiname.txt* unverändert. Die Ausgabe erfolgt ausschließlich auf den Bildschirm. Sie lässt sich aber in eine Datei umleiten (*redirect*). Dazu dient der Befehl `>`. Ja, dies ist kein Druckfehler. Der Befehl besteht tatsächlich aus einem einzelnen Zeichen. D.h., `sort dateiname.txt > sortiert.txt` sortiert den Inhalt der Datei *dateiname.txt* und speichert das Ergebnis in der Datei *sortiert.txt*. Durch die Verwendung von Umleitungen (*redirections*) können Sie die Ausgabe jedes Befehls in eine Datei umleiten – eine Riesenstärke von Unix. Ein weiteres nützliches Werkzeug ist der Befehl `wc` (*word count*). Mit `wc dateiname.txt` lässt sich Anzahl von Zeilen, Wörtern und Zeichen zählen. Wie in Terminal 2 gezeigt, erfolgt die Ausgabe in dieser Reihenfolge, gefolgt von dem Dateinamen.

Terminal 2

```
01 $ wc zahlen.txt
02 4      8      16 zahlen.txt
03 $
```

Die Datei *zahlen.txt* enthält aber doch nur 8 und nicht 16 Zeichen. Der Befehl `wc` zählt auch Leerzeichen, Tabulatoren und Zeilenumbrüche als Zeichen.

Textsuche

Schließlich möchte ich Ihnen noch ein komfortables Textsuchprogramm vorstellen: **grep** (greifen). **grep** sucht in Textdateien nach bestimmten Textstellen. Die Syntax ist: **grep 'muster' dateiname**. Bei der Angabe des Dateinamens können Sie auch Wildcards verwenden, die Sie in Unix 3 (CLB Heft 1/2004) kennen gelernt haben. Zusätzlich bietet **grep** eine Vielzahl von Optionen an. Hier möchte ich nur die Option **-r** (*recursively*) erwähnen, die **grep** veranlasst Dateien im aktuellen und allen Unterverzeichnissen zu durchsuchen. **grep -r 'Baum' *.txt** etwa durchsucht alle Dateien im aktuellen und allen Unterverzeichnissen die auf *.txt* enden nach Zeilen die das Wort Baum enthalten. Die zutreffenden Zeilen werden auf den Bildschirm ausgegeben. In Terminal 3 suchen wir die Zahl 2 in dem File *zahlen.txt* aus Terminal 1.

Terminal 3

```
01 $ grep '2' zahlen.txt
02 1 2
03 2 4
04 $
```

Wenn wir in der kommenden Ausgabe über reguläre Ausdrücke (eine Erweiterung von Wildcards) sprechen, werden wir noch einmal auf **grep** zu sprechen kommen. Dann werden Sie in die Lage versetzt werden, nach komplizierten Mustern zu suchen.

h	Cursor nach links bewegen
l	Cursor nach recht bewegen
k	Cursor nach oben bewegen
j	Cursor nach unten bewegen
\$	Cursor an das Zeilenende bewegen
0	Cursor an den Zeilenanfang bewegen
G	Cursor an die letzte Zeile der Datei bewegen
nG	Cursor an die n-te Zeile der Datei bewegen
x	Lösche das aktuelle Zeichen
dd	Lösche die aktuelle Zeile
/text	Suche vorwärts nach text
?text	Suche rückwärts nach text
:s/text1/text2/gc	Ersetze (substitute) text1 durch text2 im gesamten Dokument und frage vor jeder Ersetzung

Neue, in dieser Ausgabe behandelte Befehle

cat	Ausgabe des Dateinhaltes auf den Bildschirm
grep	Sucht in Textdateien nach Wörtern
head	Zeigt die ersten 10 Zeilen einer Textdatei an
less	Tool für die Betrachtung großer Textdateien
sort	Sortiert den Inhalt einer Textdatei alphabetisch
tail	Zeigt die letzten 10 Zeilen einer Textdatei an
vi	Startet den Texteditor Vim
wc	Gibt die Anzahl von Zeilen, Wörtern und Zeichen einer Textdatei aus

Tabelle 1: Eine kleine Auswahl des Befehlsschatzes der Texteditoren Vim und Vi.

Halten Sie ein Ökosystem mit Tieren und Pflanzen in Ihren Händen: Eine Glaskugel im ökologischen Gleichgewicht

Hellrote Garnelen, Mikroorganismen und Algen leben gemeinsam in Wasser mit Meerwasser-ähnlicher Salzkonzentration. Sie sind vollständig von Glas umschlossen; es findet kein Gas- oder anderer Stoffaustausch mit der Umwelt außerhalb des Glases statt! Triebfeder für das Leben im Glas ist einzig das eingestrahlte Licht.



Winzige Algen, zum Teil an getrockneten Gorgonien, erzeugen aus Kohlendioxid Sauerstoff. Dazu benötigen sie Lichtenergie. Die Garnelen atmen den Sauerstoff und fressen Algen sowie im Wasser vorhandene Bakterien. Diese wiederum formen die tierischen Abfallstoffe in Nährstoffe für die Algen um. Ebenso erzeugen Garnelen und Bakterien Kohlendioxid für die pflanzlichen Lebensformen...

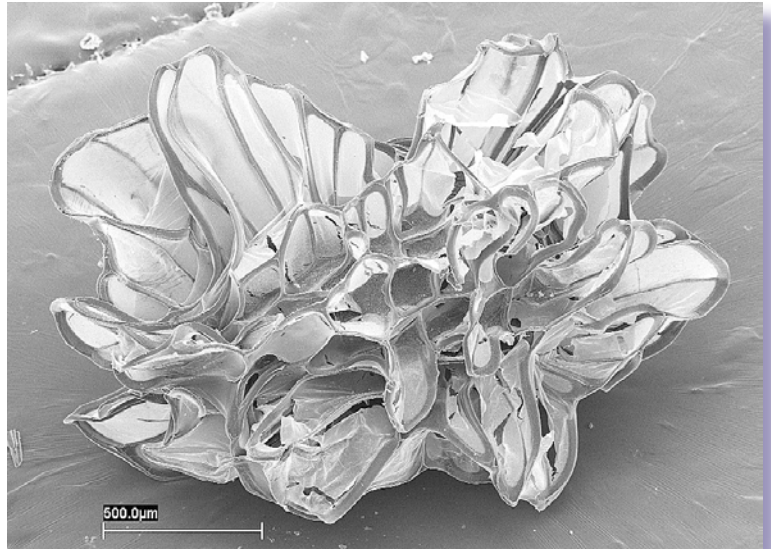
In solch einer Ecosphere leben die Garnelen typischerweise zwei Jahre, können aber auch bis zu zehn Jahre alt werden. Dafür galt es beispielsweise, Garnelen zu finden, die sich nicht gegenseitig fressen. Auch jeder Besitzer einer Ecosphere muss das Gleichgewicht des Lebens im Auge behalten. So führt zuviel Licht zu starkem Algenwachstum – und darüber hinaus zu für die Garnelen unverträglichen pH-Werten im Wasser. Ebenso ist eine möglichst gleichmäßige Raumtemperatur nötig.

Wie Sie Ihre Ecosphere erhalten: Siehe letzte Seite dieser CLB!

Essentiellen Fettsäuren mit pharmakologischen Wirkungen Wohl billiger aus Blumennessel-Pflanzen

Wissenschaftliche Untersuchungen weisen auf ein breites Spektrum von positiven pharmakologischen Wirkungen bestimmter essentieller Fettsäuren hin. Diese wurden jetzt in den Samen der südamerikanischen Blumennessel-Pflanzen entdeckt. Damit lassen sie sich wohl billiger als bisher für Anwendungen aufbereiten.

Die Samen enthalten eine bestimmte Sorte essentielle Fettsäuren, die wegen ihrer pharmakologischen Wirkung entscheidende Bedeutung in der Vorsorge zahlreicher Erkrankungen von Akne bis Krebs besitzen. Bislang wurde das stearidonsäurereiche Öl vor allem aus der Pflanze Natternkopf gewonnen, die in der jedoch im Anbau nicht besonders ertragreich ist. „Die Entdeckung von stearidonsäure- und gamma-



Caiophora-Samen (oben) und Nasa-Blüte (unten; Abb.: FU Berlin).

linolensäurehaltigem Öl in den Samen von Blumennessel-Pflanzen ist eine Sensation und könnte zum kommerziellen Anbau von

Blumennesseln führen, womit der Weltmarktpreis für die beiden speziellen Fettsäuren sinken könnte“, berichtet Dr. Maximilian Weigend vom Institut für Biologie der Freien Universität Berlin.

Der FU-Forscher beschäftigt sich bereits seit längerem in einem zuletzt von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projekt mit verschiedenen Gattungen der Blumennesseln. Das Auffinden der beiden essentiellen Fettsäuren bei der erst 1997 entdeckten Pflanzengattung Nasa war für Dr. Weigend, Prof. Dr. Kurt Aitzetmüller und Dr. Ludger Bruhl (Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel- und Fettforschung) ein Zufallsfund. „Wir haben zunächst verschiedene Gattungen der Blumennesseln untersucht und dabei keine interessanten Fettsäuren gefunden“, so Weigend. Erst im vergangenen Jahr standen ausreichende Samen der Gattung Nasa aus den südamerikanischen Anden zur Verfügung, und es zeigte sich, daß diese nennenswerte Mengen von Stearidon- und Gamma-Linolensäure enthalten.

Diesen beiden Fettsäuren, besonders die Stearidonsäure, ha-



ben positive Auswirkungen unter anderem auf den Hautstoffwechsel (z.B., Akne, Sonnenschäden) und bei der Verlangsamung der Hautalterungsprozesse, bis hin zu vorbeugender und heilender Wirkung bei den verschiedensten Entzündungsprozessen im Körper, in der Begleittherapie von Prostata- und Darmkrebs und in Therapie und Vorbeugung von neurologischen Störungen (z.B. Dyspraxie, Schizophrenie). Deswegen spielen diese Fettsäuren auch in der Kosmetikindustrie und bei Nahrungsmittelzusätzen eine große Rolle. Bislang wird das stearidonsäure-reiche Öl vor allem aus Natternkopf (Echium) gewonnen. Natternkopf wird vor allem in Südengland angebaut und ist keine besonders ertragreiche Pflanze, da jede Blüte nur maximal vier Samen produziert und die Samen direkt auf den Boden fallen, was die Ernte erschwert. Bei einer ersten Untersuchung von neun Arten zeigte sich, dass sich die Stearidon- und Gamma-Linolensäuregehalte bei Nasa zwischen vier und zehn Prozent bewegen, etwas weniger als beim Natternkopf. Da die Nasa jedoch leicht anzubauen ist, rechnen die Forscher mit einem rund zehnfachen Hektarertrag verglichen mit dem Natternkopf.

„Derzeit konzentriert sich unsere Forschung darauf, Arten von Blumennessel-Pflanzen zu entdecken, die einen höheren Fettsäuregehalt als die bisher untersuchten besitzen – es gibt schließlich über 100 Arten in der Gattung Nasa“, so Weigend. Außerdem werden in der Vegetationsperiode dieses Jahres einige Arten von Nasa experimentell angebaut werden, damit die Forscher abschätzen können, mit wieviel Ertrag an stearidonsäure-reichem Öl zu rechnen ist. „Wir hätten nie gedacht, dass das Nasa-Projekt kommerziell nutzbar ist,“ sagt der Botaniker Weigend. Eigentlich habe man im Rahmen der Grundlagenforschung lediglich die Verwandtschaftsbeziehungen innerhalb der Blumennesselsamen auf Grund ihrer Samenfette untersuchen wollen.

Proteine, Gene und Hormone

Neutransmitter stimulieren oder hemmen die Aktivität von Nervenzellen. Nach ihrer Freisetzung werden sie entweder rasch abgebaut oder durch Transporter-Systeme beseitigt. Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Hirnforschung zeigten, dass der Verlust des Glycin-Transporters in Gliazellen zu einer verstärkten Hemmung der motorischen Aktivität führt, in hemmenden Neuronen jedoch Übererregung und schwere Krämpfe auslöst. Diese Erkenntnisse sind von Bedeutung für neue Therapie-Ansätze unter anderem bei Schizophrenie.

Frühgeborenen Babies fehlt offenbar im Gegensatz zu reifgeborenen Babies das „Lipopolysaccharidbindende Protein“ in der Lunge. Deshalb können Bakterien bei einer Infektion der Lunge im gesamten Körper eine Entzündungsreaktion auslösen. Forscher der Universität Würzburg prüfen nun, ob sich über diesen Faktor bei Frühgeborenen die Entzündung beeinflussen lässt.

Das Signalprotein „Wnt“ spielt eine Schlüsselrolle bei der Steuerung der Vermehrung von Stammzellen. Forscher der ETH Zürich und vom MPI für Immunbiologie in Freiburg zeigten, dass dieses Protein bei Stammzellen des peripheren Nervensystems nicht die Vermehrung steuert, sondern vielmehr die Art der Nervenzellen bestimmt, die aus diesen Stammzellen hervorgehen. Danach scheinen Stammzellen verschiedener Herkunft unterschiedlich auf Signalproteine zu reagieren.

Der Prozess der Genaktivierung verläuft schrittweise und wird von Proteinen, die an die zu aktivierenden Genorte binden ausgelöst. Forscher vom Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin in Berlin haben die Verbindung des Genregulators C/EBP-beta mit dem Mediator-Proteinkomplex identifiziert, die offenbar den letzten Ausschlag dafür gibt, ob ein Gen abgelesen wird oder nicht. C/EBP-beta wird über den ras-Signalpfad verändert und kann so die Genregulation unterschiedlich steuern.

Bösartige Tumoren des Eierstocks, Ovarialkarzinome, sind gefährliche Krebserkrankungen bei Frauen, da sie meist erst spät erkannt werden. Forscher der Universitäts-Frauenklinik und des DKFZ in Heidelberg haben ein Protein (Drop1) entdeckt, das in einem DNS-Bereich liegt, der in vielen Tumorzellen fehlt. In gesundem Epithelgewebe ist das Gen aktiv, in Ovarialkarzinomen ist seine Aktivität vermindert. Mit Hilfe monoklonaler Antikörper gegen Drop1 lässt sich das Protein nachweisen und kann deshalb möglicherweise als diagnostischer Test eingesetzt werden.

Für Pflanzen ist es überlebenswichtig, nicht zu früh nach großer Kälte wieder zu blühen, denn nächtlicher Frost würde die Bemühungen vernichten. Am Beispiel der Ackerschmalwand oder Arabidopsis thaliana zeigten Wissenschaftler der University of Wisconsin-Madison, dass das Gen VIN3 dafür zuständig ist, das Protein FLC (Flowering Locus C) zu deaktivieren und damit den Blühvorgang zu beginnen. VIN3 braucht einen kalten Winter, um eingeschaltet zu werden. Die Gene VRN1 und VRN2 dagegen sorgen bei Luftherwärmung im Frühjahr dafür, dass FLC ausgeschaltet wird und die Ackerschmalwand ihre Blütenstängel austreibt.

Die Bewegungsrichtung eines biologischen Motorproteins gezielt umgekehrt haben jetzt erstmals Wissenschaftlern aus Hannover und Heidelberg. Spezielle Proteine mit gewünschten Eigenschaften maßschneidern zu können ist ein wichtiges Ziel der Bio- und Nanotechnik. Von besonderem Interesse ist hierbei Myosin, ein winziger molekularer Motor, der auch unsere Muskeln bewegt. Die Forscher haben nun einen nur wenige Nanometer großen „künstlichen“ Myosin-Motor aus drei molekularen Bausteinen zusammengebaut, der sich gezielt rückwärts bewegen kann. Dieser Erfolg hat Bedeutung für die Biotechnik sowie die molekulare Medizin und Analytik.

Nanobiotechnik im Aufwind

2015 bereits 180 Milliarden US-Dollar Umsatz?

Vieffältige und äußerst interessante Möglichkeiten eröffnet die noch junge Disziplin der Nanobiotechnik. Nach einer neuen Analyse von Technical Insights, einem Unternehmensbereich von Frost & Sullivan, könnte mit nanotechnischen Verfahren in der Medizin im Jahr 2015 ein Umsatzvolumen von bis zu 180 Milliarden US-Dollar erwirtschaftet werden. Dabei reichen die Anwendungsgebiete von einer schnelleren und genaueren Diagnose über Effizienzsteigerungen bei Wirkstoffforschung bis hin zu einer Optimierung der Wirkstoffverabreichung.

„Neben dem Aufspüren kleinster Mengen von Krebszellen oder Krankheitserregern könnten nanostrukturierte Materialien und Nanoapparate eine bessere Diagnose komplexer Erkrankungen ermöglichen“, sagt Girish Solanki, Analyst bei Technical Insights. Quantenpunkte, die die Fähigkeit haben, sich chemisch an biologische Moleküle zu binden und helles Fluoreszenzlicht ausstrahlen, könnten besonders effektive Krebs-Früherkennung sein. Sie könnten zur Codierung von Genen und Proteinen eingesetzt werden, „um die Empfindlichkeit von diagnostischen Verfahren für schwer aufzuspürende Moleküle zu erhöhen, wie dies bei Krebs, AIDS oder Hepatitis erforderlich ist“, erläutert Solanki. Mit einer neuen Generation von Nanochips ließe sich die riesige Menge potenzieller Wirkstoffe schneller und effizienter analysieren.

Fortschritte bei der Nanoverkapselung

Entwicklungen in der Nanoverkapselung könnten für eine verbesserte Wirkstoffverabreichung und -absorption genutzt werden. Die relativ reaktionsträge Nanokapsel umschließt den Wirkstoff

und gibt ihn erst im Zielgewebe frei, wodurch Komplikationen durch die Toxizität des Wirkstoffs vorgebeugt werden kann. Probleme mit Immunreaktionen beim Einsatz modifizierter Viren als Vektor in der Gentherapie lassen Kohlenstoff-Nanoröhren als interessante Alternative erscheinen, die nun als Mittel der Wirkstoffverabreichung ins Auge gefasst werden. Außerdem werden die Möglichkeiten des Einsatzes magnetischer Nanopartikel zum Transport von Wirkstoffen mittels eines magnetischen Feldes an bestimmte Körperstellen untersucht. Damit könnten ebenfalls die Nebenwirkungen auf andere Organe minimiert werden.

Die Mikrofluidik verzeichnet ähnlich ermutigende Fortschritte, durch die eine Beeinflussung der Wirkstoffkonzentration innerhalb des Körpers in Echtzeit ermöglicht und Schwankungen der Wirkstoffkonzentration vermieden werden können. Implantierte Nanosensoren könnten bei Diabetikern ein Signal an die Insulinpumpe senden, mehr Insulin freizusetzen. Dieses Verfahren könnte dann auch für andere Medikamente eingesetzt werden.

Knochen, Gewebe und Verbandmaterialien aus nanostrukturierten Materialien

Ebenfalls erhebliche Fortschritte gibt es im Bereich neuartiger nanostrukturierter Materialien, die als Muster für die Gewebsbildung dienen und dadurch eine bessere Behandlung von Brandwunden oder den Ersatz von Knochengewebe ermöglichen können. Während dieses Verfahren im Falle von Verbrennungen bereits deutlich zur Verringerung der Todesfälle beigetragen hat, befindet sich die Forschung bei der Induzierung des Wachstums von Knochengewebe durch Polymermuster noch in den Anfängen.

Daneben wird an Verbandmaterial geforscht, welches Fasern beinhaltet, die durch Elektrosplennen gewonnen werden, und eine attraktive Alternative zu herkömmlichen Mull- und Elastikverbänden darstellen. Diese neuen Verbände, die aus einem flanelartigen Material bestehen, stillen Blutungen sofort und können auf der Wunde verbleiben, da sie vom Körper absorbiert werden.

Die Nanotechnik dürfte auch Verbesserungen für biomolekulare bildgebende Verfahren mit sich bringen. Ein Schwerpunkt der Forschung liegt auf der Anwendung von AFM (Atomic Force Microscopy - Rasterkraftmikroskopie) bei organischem Material, um dieses minimal zu beeinflussen und es in vivo schnell und genau zu untersuchen. Andererseits dürften es nichtinvasive bildgebende Verfahren wie die Tensor-Diffusions-Kernspintomographie (DT-MRT) den Ärzten ermöglichen, Entwicklung, Degeneration, Erkrankung und Alterung von Weichteilgewebe auf der Basis der Erzeugung detaillierter Bilder seiner Struktur besser zu beobachten.

Bereitschaft für hohe Investitionen vorhanden

Die Investitionen in biomedizinische Nanotechnikfirmen scheinen die optimistische Stimmung widerzuspiegeln. Mit jeweils zehn Millionen US-Dollar oder mehr übersteigen sie die für Firmen in vielen anderen Nanotechnik-Sektoren üblichen Summen. Solanki konstatierte bei seiner Recherche erste Anzeichen dafür, dass die intensiven Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in der Nanobiotechnik schon bald zu realen Anwendungen führen könnten, bei denen komplizierte Laborverfahren von leistungsfähigen Mikrochips übernommen werden.

Bauen mit DNA (Teil 1):

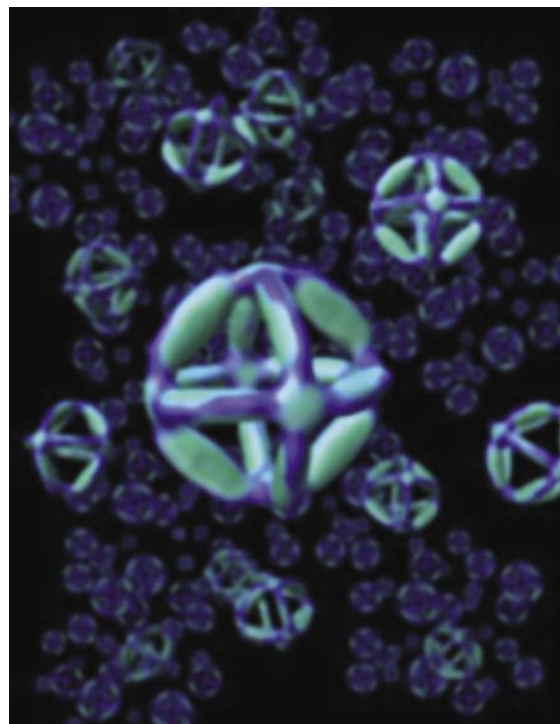
Massenweise Oktaeder

Erstmals steife geometrische molekulare Strukturen aus einsträngiger DNA haben jetzt Wissenschaftler des „The Scripps Research Institute“ (TSRI) im kalifornischen La Jolla hergestellt. Grundsätzlich lässt sich eine größere Menge der im Durchmesser 22 Nanometer kleinen Oktaeder herstellen. Mögliche Anwendungen können durch das Einschließen von Proteinen oder anderen Molekülen entstehen, aber auch durch die Organisation solcher Oktaeder zu Strukturen für nanoskalige Computerkomponenten.

Das Geheimnis der Herstellung liegt im Aufbau des DNA-Strangs aus 1669 Nucleotiden. Der Wissenschaftler William Shih und sein Chef Gerald Joyce entwarfen den Strang so, dass er geeignete selbst-komplementäre Regionen aufweist. Sie führen dazu, dass sich der Strang von selbst zu dem Oktaeder faltet. Der Strang selbst lässt sich mit der Polymerase-Kettenreaktion vermehren, sodass man über eine größere Menge Ausgangsmaterial verfügt.

Wird dieses in einer Lösung erst erhitzt und dann abgekühlt – ein einfacher Denaturierungs-Renaturierungs-Vorgang – falten sich die einzelnen DNA-Stränge zu den Oktaedern. In der Lösung befinden sich auch Magnesiumionen sowie fünf synthetische 40mer Oligodesoxynukleotide.

Da jede der zwölf Kanten des viereckigen Oktaeder-Moleküls über eine verschiedenartige Basensequenz verfügt, lässt sich jede von ihnen individuell durch geeignete DNA-Koppler adressieren. Daher könnten solche Oktaeder vielseitige Bausteine darstellen, um selbstorganisierende Strukturen höherer Ordnung zu erzeugen. Schließt man in ihnen Proteine ein, liegt ein „reverser Virus“ vor, mit der DNA außen und dem Protein innen statt wie bei natürlichen Viren umgekehrt: Die Protein-Virushülle schließt die Virus-DNA oder -RNA ein (siehe Kasten unten). Käfigaufbauten aus den beschriebenen Oktaedern könnten Proteine auch kristallartig fixieren, um deren Struktur mit röntgenanalytischen Methoden aufzuklären. Nach Vorstellung der Forscher könnten sich die Oktae-



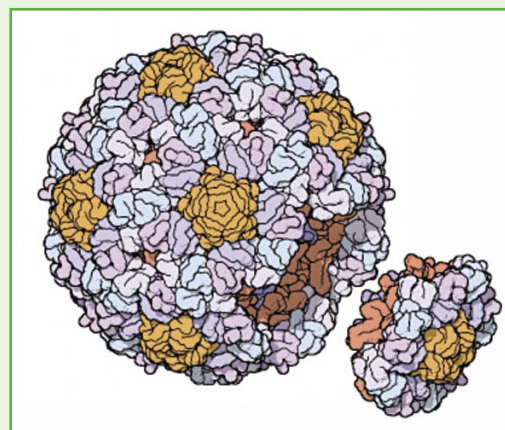
der auch eignen, um nanoskalige Computerschaltkreise zusammenzusetzen.

Mit Kryoelektronenmikroskopie konnten die Forscher zusammen mit ihrem Kollegen Joel Quispe feststellen, dass die Strukturen eine hohe Uniformität aufweisen. Daher ließ sich auch aus mehreren dieser zweidimensionalen elektronenmikroskopischen Aufnahmen im Computer die dreidimensionale Struktur darstellen. *Rolf Kickuth*

Geklonte DNA-Oktaeder in der Dimension kleiner Viren. Die Farben entsprechen Elektronendichten des Moleküls (Abb.: TSRI / Mike Pique; siehe dazu auch das Titelbild).

Bauen mit DNA (Teil 2): Virus künstlich in zwei Wochen hergestellt

Craig Venter – bekannt durch die Entschlüsselung des menschlichen Genoms – und seine Kollegen haben jetzt ein Virus in nur zwei Wochen aus seinen Komponenten zusammen gebaut. Dabei handelt es sich um den Bacteriophagen PhiX174, dessen kreisförmiges Genom in einer Proteinhülle aus 5368 Basenpaaren besteht (siehe nebenstehende Abbildung; Abb.: Protein Data Bank). Die Wissenschaftler setzen das Genom mittels der Polymerase-Kettenreaktion aus kurzen, künstlich hergestellten Oligonucleotiden zusammen. Das künstlich hergestellte Virus war in der Lage, sich fast genau so wie seine natürlichen Verwandten in das Genom des Bakteriums *Escherichia coli* einzubauen, sich darüber zu reproduzieren und die Wirte zu töten. Die DNA des Virus – die erste, die vollständig entschlüsselt wurde und die zwölf Gene kodiert – ist umschlossen von einer Proteinhülle. Sie besteht aus Kapselproteinen und zwölf pentagonalen spitzenartigen Proteinen (im Bild orange). PhiX174 formt seine Proteinhülle mit strukturbildenden Proteinen (im Bild hellblau und blaurot). Die Kapsel- und Spitzenproteine falten sich damit spontan zu pentagonalen Einheiten (eine ist im Bild herausgelöst). Diese fünf-eckigen Bausteine führen die strukturbildenden Proteine dann zu einem kompletten Icosaeder zusammen, der die DNA enthält. *rk*



Nanoröhren (Teil 1: Kohlenstoff)

Nanotubes-Transistor steuert kleine Motoren

Kohlenstoff-Nanoröhren können die Basis für Leistungsbaulemente sein. Dies zeigten jetzt erstmals Forscher des Chipherstellers Infineon. Die Arbeiten wurden an einem Testchip durchgeführt, bei dem die Nanoröhren mit dem gängigen Verfahren der chemischen Abscheidung aus der Dampfphase (CVD) hergestellt wurden. Der Leistungstransistor-Prototyp kann kleine Motoren und auch LEDs steuern.

Sämtliche Prozessparameter wie Temperatur und verwendete Materialien sind mit herkömmlichen Prozessen in der Halbleiterherstellung vereinbar. Der Vorgang des Aufwachsens der Carbonröhren dauert dabei nur wenige Minuten. Bereits Mitte 2002 hatten Forscher des Münchener Konzerns auf sich aufmerksam gemacht, als sie erstmals Kohlenstoff-Nanoröhren gezielt an vordefinierten Stellen auf Silizium-Wafern aufwachsen ließen (siehe dazu auch CLB 12/2002, Seiten 461 – 464).

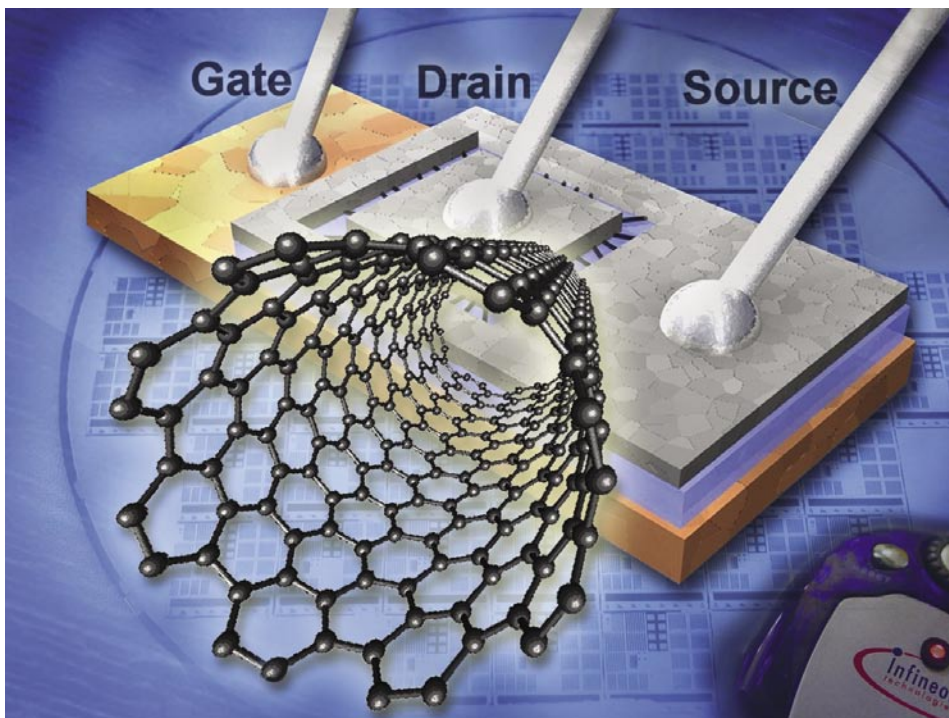
Leistungs-Halbleiter wie Power-MOSFETs treiben elektronische Lasten in zahlreichen Anwendungen wie Motoren oder Steuerungen. Entscheidendes Kriterium ist dabei, dass die Leistungsschalter selbst möglichst wenig Verlustleistung aufweisen, obwohl sie hohe Spannungen bzw. Ströme schalten. Die wichtigsten Kennwerte für Leistungstransistoren sind daher der Schaltwiderstand und die Stromdichte. Moderne MOSFETs erreichen Schaltwiderstände von 20 Milliohm pro Quadratmillimeter und Stromdichten von 2000 Ampere pro Quadratcentimeter. Die hohe Leit- und Stromtragfähigkeit von Carbon-Nanoröhren können diese Werte erheblich steigern. Die neuen Experimente bewiesen, dass mit damit aufgebaute Leistungstransistoren einen 20mal geringeren Schaltwiderstand und damit eine entsprechend geringere Verlustleistung erreichen. Darüber hinaus widerstehen die Kohlenstoff-basierten Transistoren etwa 200mal höheren Stromdichten als ihre Silizium-Pendants.

„Ein wichtiges Merkmal der Nanotubes ist, dass sie nicht nur metallisch, sondern auch halbleitend sein können“, sagte Dr. Franz Kreupl, Projektleiter im Forschungsgebiet Carbon Nanotubes von Infineon. „Damit lassen sich auch aktive Schaltelemente wie Feldeffekttransistoren zum Schalten von elektronischen Lasten aufbauen, wie wir jetzt als weltweit erste erfolgreich demonstrieren konnten.“

Da ein einzelnes Kohlenstoff-Röhrchen von einem Nanometer Durchmesser nur etwa 24 Mikroampere liefern kann, besteht die Herausforderung darin, Hunderte oder Tausende der winzigen Röhrchen für die gewünschte Stromtragfähigkeit parallel anzuordnen. Der erste von dem Münchener Chiphersteller entwickelte Prototyp besteht aus etwa 300 parallelen Röhrchen und liefert zwei Milliampere bei 2,5 Volt. Damit lassen sich bereits LEDs oder kleine Motoren betreiben. Der Prototyp kann darüber hinaus nach Firmenangaben in einfacher Weise für höhere Leistungen skaliert werden.

Bei der Fertigung des Nanoröhren-Leistungstransistors gelang es den Forschern unter anderem, die einwandigen (Single Walled) Carbon-Nanoröhren schon bei 600 Grad Celsius in hoher Qualität aufwachsen zu lassen; bisher waren dazu Temperaturen von etwa 900 Grad erforderlich. Für den Bau des ganzen Transistors mit den Drain-, Source- und Gate-Kontakten ist nur ein einziger Lithographieschritt erforderlich. Bei dem Demonstrator von Infineon wurden die Drain- und Source-Kontakte aus Palladium hergestellt. Als Substrat setzte man Silizium ein, wobei sich aber auch ein beliebiges anderes leitendes Material verwenden lassen soll. Auf einem high-k Aluminiumdioxid-Gatedielektrikum haben die Forscher dann die Carbon-Nanoröhren wachsen lassen. Bei dem relativ einfachen Verfahren sind die

Kohlenstoff-Nanoröhren-Transistoren für Leistungsanwendungen: CNT-basierte Transistoren steuern Motoren und LEDs; die Forschungen bei Infineon fördert das BMBF (Abb.: Infineon).



Kohlenstoffröhren beliebig angeordnet, wobei eine ausreichend große Anzahl in paralleler Ausrichtung für die Verbindung zwischen Drain und Source genutzt werden kann.

Eigenschaften von CNTs

Kohlenstoff-Nanoröhren (abgekürzt auch CNTs nach dem englischen Ausdruck Carbon-Nanotubes) sind Makromoleküle, die sich aus Kohlenstoffatomen zusammensetzen, angeordnet in einem Gerüst von Sechsecken zu winzigen langgestreckten Hohlzylindern. Sie können bis zu einem Millimeter lang werden und weisen einen Durchmesser von 0,4 bis zu über 100 Nanometer auf, je nachdem, wie viele der Röhren ineinander stecken. Man unterscheidet prinzipiell zwischen Single-Walled-CNTs (SWCNTs), also einwandigen Nanoröhren, und Multi-Walled-CNTs (MWCNTs), den mehrwandigen Nanoröhren. Der Durchmesser von SWCNTs liegt zwischen 0,4 und fünf Nanometer. Im Vergleich dazu befindet sich die klassische Silizium-Prozesstechnik gerade im Übergang zu Strukturen mit kleinsten Abmessungen von 90 Nanometern. Nanotubes können sowohl metallisch als auch halbleitend sein, was wiederum von der Geometrie der Nanotubes abhängig ist.

Neben den metallischen Eigenschaften ist der wichtigste Vorteil die extrem hohe Ladungsträgerbeweglichkeit von halbleitenden SWCNTs, die die von Silizium um den Faktor 200 übertrifft. Dabei widerstehen CNTs Stromdichten von bis zu 10 Milliarden Ampere pro Quadratzentimeter; Kupfer beginnt bereits bei einer Stromdichte von etwa 10 Millionen Ampere pro Quadratzentimeter zu schmelzen.

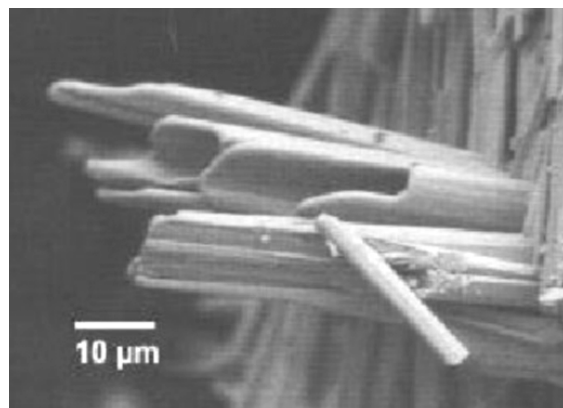
Mit den beschriebenen Eigenschaften und dem – ähnlich der Polymerelektronik – kostengünstigen Fertigungsverfahren haben Koh-CNTs das Potenzial für vielfältige Anwendungen, von der Alternative zu Silizium und Metallisierung in Halbleiter-Chips über Displays und Sensoren bis hin zu den hier dargestellten Leistungshalbleitern.

Nanoröhren (Teil 2: Metallsulfide)

„Geonische Materialien“

Nanoröhren und Nanofäden komplexer Metallsulfide auf der Basis von Nanomineralen ließen sich jetzt erstmals herzustellen. Auf Grund ihrer variablen strukturellen, chemischen und physikalischen Eigenschaften sollen entsprechende Syntheseprodukte für unterschiedliche Anwendungsbereiche zur Verfügung gestellt werden.

Die neuartigen Nanoröhren und Nanofäden, deren Herstellung Wissenschaftlern am Institut für Mineralogie, Kristallographie und Materialwissenschaft der Universität Leipzig gelang, nennt man auch „geonische“ Materialien. Sie sollen in Dicke bzw. Wandstärke nanodimensionale und in der Längsausdehnung möglichst mikrodimensionale Größen aufweisen. Die Verbindungen gehören zur Gruppe halbleitender und weniger häufig auch magnetischer komplexer Sulfide. Sie zeichnen sich kristallstrukturell im wesentlichen durch Ketten und Blöcke mit un-



terschiedlichen Metallordnungen aus, die die physikalischen Eigenschaften beeinflussen.

Wie der Projektleiter Prof. Dr. Klaus Bente mitteilte, beruht die Arbeitsstrategie auf bisherigen Forschungsergebnissen extrem seltener natürlicher Nanofäden. Für die Synthese entsprechender Nanoröhren und zu Mikroringen verwobener Nanofäden werden Ausgangsmaterialien synthetischer Vorprodukte sowie von Mineralen eingesetzt.

Das Bild zeigt eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme synthetischer Nanoröhren eines komplexen Sulfides, deren Wandstärken bei ca. 100 Nanometern mit Längen bis 100 Mikrometern liegen (Abb.: Uni Leipzig).

Nanolampen in Polymerketten

Voneinander abhängig

Jetzt ist es gelungen, die Wanderung von Anregungsenergie innerhalb eines einzelnen elektrisch leitenden Polymermoleküls zu beobachten und sogar zu beeinflussen.

Damit konnte nach Aussagen der Projektleiter Dr. John Lupton und Prof. Jochen Feldmann an der LMU München erstmals die Emission einzelner leuchtender Untergruppen des Moleküls spektroskopisch identifiziert und charakterisiert werden. Zeitaufgelöste Messungen haben gezeigt, dass sich die individuellen Chromophore jedoch keineswegs unabhängig voneinander verhalten. Vielmehr tauschen sie die von einem Anregungslaser nur auf

ein Chromophor übertragene Energie untereinander aus. „Derartige molekulare Anregungen wandern dann von Chromophor zu Chromophor“, so Lupton. „Sie sind über das gesamte Molekül hinweg mobil.“ Besonders interessant sei, dass die Beweglichkeit der molekularen Anregungen keineswegs nur von der Art des Polymermoleküls abhängt, sondern auch von der Temperatur. Während die „Nanolampen“ bei tiefen Temperaturen weitgehend unabhängig voneinander leuchten, tritt bei hohen Temperaturen eine starke Wechselwirkung auf. „Das hat zur Folge, dass die gesamte Kette erlischt, wenn auch nur eine der Lichtquellen beschädigt wird.“

Drittmittleinwerbung an Universitäten Riskanter Drahtseilakt?

„Wir Mediziner sind doch kein krimineller Berufsstand!“ empörte sich zu Beginn der Veranstaltung „Drittmittleinwerbung – Strafbare Dienstpflicht?“ ein Tagungsteilnehmer des im November letzten Jahres in Heidelberg stattgefundenen Symposiums. Seine Äußerung zeigte die tiefe Verunsicherung der industrienah kooperierenden Hochschulmedizin.

Hochschullehrerinnen und Hochschullehrer agieren ständig im Grenzbereich strafbaren Verhaltens, wenn sie ihrer Dienstaufgabe, Drittmittel einzuwerben, nachkommen. Die Verbesserung von Arbeits- und Forschungsbedingungen unter dem Einsatz von Drittmitteln ist derzeit mit dem Odium des Strafbaren belegt. Die Gefahr strafrechtlicher Ermittlung, Anklage und Verurteilung wegen Vorteilsannahme begleitet die Hochschulangehörigen, die Gefahr der Verurteilung wegen Vorteilsgewährung begleitet die universitätsnah kooperierende Industrie.

Ziel des Symposiums war es, Möglichkeiten einer schärferen Grenzziehung zwischen der erwünschten, sozialadäquaten Drittmittleinwerbung und dem Bereich strafbarer Korruption zu diskutieren.

Seit dem „Herzklappenskandal“, der seit 1994 über tausend Ärzte und Mitarbeiter medizinischer Einrichtungen im gesamten Bundesgebiet in Strafverfahren verwickelte, ist die Drittmittelforschung ins Blickfeld der Straffjustiz geraten. Bisher ist nicht hinreichend geklärt, welche Formen der Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Industrie zulässig und wann sie strafbar sind. Das Symposium hatte zum Ziel, Lösungen der offenen Rechtsfragen zu entwickeln. Der Rektor der Ruperto Carola zu Heidelberg, Prof. Dr. jur. Dr. h.c. Peter Hommelhoff, forderte die Anwesenden auf, dem „unerträglichen Zustand der Rechtsunsicherheit“ ein Ende zu bereiten. Den ersten Schritt

unternahmen die Vertreter der an der Drittmittelforschung beteiligten Interessengruppen. Prorektor Prof. Dr. med. Jochen Tröger referierte aus Sicht der Universität, gefolgt von Vorträgen aus dem Blickwinkel der Industrie und den Forschungsförderungseinrichtungen. Hierbei wurde die immense Bedeutung der Drittmittel für die wissenschaftliche Forschung und Lehre veranschaulicht.

Zur Verdeutlichung der Problematik gab Prof. Dr. med. Siegfried Hagl freimütig Einblicke in das gegen ihn wegen Vorteilsannahme, Bestechlichkeit und Untreue initiierte Strafverfahren, das im Februar 2003 endgültig beendet wurde. Nach acht Jahren Strafverfolgung blieb nur der Vorwurf der Vorteilsannahme. Dieser bewegte sich nach dem zwischenzeitlich erstrittenen Urteil des BGH am unteren Rande des Strafbaren. Dazu erläuterte der vorsitzende Richter des 1. Strafsenats am BGH a.D. Dr. iur. Gerhard Schäfer, dass die Drittmittleinwerbung nicht strafbar ist, wenn sie Forschung und Lehre dient und das hochschulrechtlich vorgehene Verfahren eingehalten wird. Dr. jur. Petra Alexa Römer entfaltete hierzu den Standpunkt der Staatsanwaltschaft. Aufgrund des deutlich gewordenen Spannungsfeldes sicherte MdB Ulrike Flach (FDP), Vorsitzende des Forschungsausschusses des Deutschen Bundestages, dem Auditorium zu, die Drittmittelproblematik erneut in Berlin zu thematisieren.

Die Referate zum Umgang mit Drittmittelforschung in den deutschsprachigen Nachbarländern ergaben folgendes: In der Schweiz gibt es klare praxisgerechte Regelungen, in Österreich wird das Problem ignoriert. Am zweiten Tag des Symposiums sprach Prof. Dr. jur. utr. Brigitte Tag zur Novellierung der Vorteilsannahme. Einführend erläuterte die Zürcher Professorin die durch das Korruptionsbekämpfungsgesetz von 1997 geänderten Bestechungstatbestände und zeigte die Berührungspunkte zur Drittmittleinwerbung

auf. Sie kam zu dem Schluss, dass insbesondere die in § 331 Abs. 1 StGB (Vorteilsannahme) erfolgte Tatbestandsverschärfung den praktischen Anforderungen der heutigen Drittmittelproblematik nicht standhalte. Im Folgenden ging die Hochschullehrerin die schwierige Aufgabe an, wie man in Zukunft die notwendige Kooperation zwischen Hochschulen und Drittmittelgebern vom Odium des Strafbaren befreien könne. Sie plädierte für die Notwendigkeit einer Änderung des Strafgesetzbuches und eine in allen Bundesländern einheitliche Drittmittelregelung. Unter der Prämisse, dass sich die Länder nicht bzw. in nicht absehbarer Zeit auf eine einheitliche Drittmittelregelung verständigen, räumte die Referentin Bedenken gegen die Gesetzgebungskompetenz des Bundes aus. Die Vorträge zur Wechselwirkung zwischen ärztlichem Standesrecht und dem Korruptionsstrafrecht, zum Dienst- und Nebentätigkeitsrecht sowie zum Umgang mit Drittmitteln in Baden-Württemberg zeigten die Facetten der Drittmittleinwerbung. Prof. Dr. jur. Paul Kirchhof beleuchtete die steuerrechtlichen Aspekte drittmittelfinanzierter Forschung.

In der tagungsschließenden Diskussion bestand überwiegend Einigkeit darin, dass die herrschende Rechtsunsicherheit beseitigt werden müsse. Eine praxisgerechte Lösung sollte die Kriterien der Transparenz, Dokumentation und Äquivalenz klar umschreiben und einen adäquaten Umgang mit dem häufig geforderten, im Detail jedoch nicht letztlich überzeugenden Trennungsprinzip aufzeigen. Die Teilnehmer richteten einen deutlichen Appell an den Gesetzgeber: Die Drittmittleinwerbung benötigt eine verlässliche Rechtsgrundlage. Für die Vorteilsannahme wurde ein konkreter, auf dem Vortrag von Prof. Dr. jur. utr. Brigitte Tag beruhender Novellierungsvorschlag formuliert. Danach soll eine Vorteilsannahme nach § 331 Abs. 1 StGB nicht vorliegen, wenn der Vorteil dienst- bzw. hochschulrechtlich erlaubt ist. MdB Siegfried Kauder (CDU) versprach, sich dafür und für die Drittmittelfrage insgesamt einzusetzen. *Bernhard Lewerich / DRG*

Novelle des Gentechnikgesetzes

„Bürokratisch, einseitig, innovationsfeindlich“

Als „bürokratisch, einseitig und innovationsfeindlich“ kritisieren die Professoren Rudi Balling und Hans-Jörg Jacobsen die Novelle des Gentechnikgesetzes. „Grundsätzlich ist es sinnvoll, endlich die europäische Richtlinie zur Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen in deutsches Recht umzusetzen. Hier werden aus meiner Sicht jedoch Vorgaben ohne triftigen Grund verschärft. Mit Innovationsoffensive hat das nichts zu tun“, sagt Balling.

Balling ist Präsident der Gesellschaft für Genetik (GfG) und wissenschaftlicher Geschäftsführer der Gesellschaft für Biotechnologische Forschung (GBF) in Braunschweig, Jacobsen ist Präsident des Verbandes deutscher Biologen (vdbiol) und Professor an der Uni Hannover.

Bürokratisch: „Die deutsche Forschung leidet bereits an zuviel Bürokratie. Viele unserer besten Wissenschaftler haben kaum noch Zeit für Forschung, sie schreiben Anträge und Berichte oder erstellen detaillierte Projektrechnungen, die wiederum intensiv bis zur Briefmarke geprüft werden“, meint Balling. Für ihn führe die Gesetzesnovelle nicht zu Verfahrenserleichterungen oder höherer Sicherheit, sondern nur zu neuen bürokratischen Hürden.

„Zudem werden neue, zusätzliche Kontrollinstanzen geschaffen wie das Bundesamt für Naturschutz oder ein separater Ausschuss für Freisetzungen und Inverkehrbringen. Das erzeugt zusätzliche Kosten und verzögert Forschung und Entwicklung.“

Einseitig: Die europäische Richtlinie definiert ein Nebeneinander von ‚Gentechnik verwendender Landwirtschaft‘ mit ‚konventioneller‘ und ‚ökologischer Landwirtschaft‘. „Das Gesetz geht jedoch nur auf vermutete Gefahren ein und die Chancen durch Erkenntnisgewinn in der Forschung und bessere Produkte bleiben unberücksichtigt“, kritisiert Jacobsen. „Man könnte fast denken, dass dieses Gesetz grüne Gentechnik in Deutschland verhindern soll. In der Praxis würde das durch die zusätzlichen Auflagen vermutlich auch so kommen.“ Dafür spreche auch die kurze Äusserungsfrist von 14 Tagen, in der eine konstruktive Kritik und Dialog kaum zu leisten sei.

Innovationsfeindlich: Jacobsen weiter: „Das Gesetz schränkt die Freiheit der Forschung massiv ein, denn die Bedingungen von Freisetzungen zu wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Zwecken werden gleichgestellt. Das gilt für die Voraussetzungen ebenso wie für die Rechtsfolgen, zum Beispiel der Haftung.“

Durch die hohen Auflagen werden auch die Chancen einer wirtschaftlichen Umsetzung von Ergebnissen deutlich verringert. Deutschland verabschiedet sich damit aus diesem zukunftsorientierten Wirtschaftszweig mit großem Markt- und Arbeitsplatzpotenzial. Als besonders ärgerlich empfindet Jacobsen, dass nun die Gefahr drohe, dass Schlüsselpositionen nicht ausgewogen besetzt würden.

„So werden über viele Jahre Entscheidungsprozesse beeinflusst. Wie man so eine Innovationsoffensive starten will, bleibt mir schleierhaft“, sagt Jacobsen. „Wenn sich diese Linie durchsetzt, kann man der deutschen Wissenschaft nur empfehlen, sich ausländische Partner zu suchen um eine Verwertung ihrer Forschungsergebnisse sicher zu stellen.“

Förderung durch VolkswagenStiftung

3-Milliarden-Grenze überschritten

Drei Milliarden Euro zur Förderung von Wissenschaft und Technik in Forschung und Lehre: Diese Summe hat die VolkswagenStiftung seit ihrer Arbeitsaufnahme im Jahr 1962 zur Verfügung gestellt. Mit diesem privaten Beitrag für das Gemeinwohl wurden in den 42 Jahren rund 27 500 Vorhaben unterstützt.

Die VolkswagenStiftung als grösste private wissenschaftsfördernde Einrichtung in Deutschland verfügt derzeit über ein Kapital von rund 2,4 Milliarden Euro. Bis zu 100 Millionen Euro schüttet sie jährlich an Fördermitteln aus, ist damit die leistungsstärkste Stiftung hier zu Lande und eine der grössten Europas. Ihr besonderes Augenmerk gilt dem wissenschaftlichen Nachwuchs und der Zusammenarbeit von Forschern über disziplinäre

und staatliche Grenzen hinweg. Sie vergibt Mittel für alle wissenschaftlichen Bereiche und fördert Geistes- und Gesellschaftswissenschaften ebenso wie die Natur- und Ingenieurwissenschaften und die Medizin.

Die Stiftung versteht ihr Engagement vielfach auch als Beitrag zur Völkerverständigung. So entwickelt sich mit Unterstützung der Stiftung seit einigen Jahren in Budapest, Sofia und Bukarest eine neue Forscherelite: eine Initiative einhergehend mit dem Stabilitätspakt der Europäischen Union für diese Region. Ziel ist es, vor Ort Institutionen zu schaffen, die in den gesamteuropäischen Bildungsraum eingebunden sind. Das Collegium Budapest ist eine solche, das Centre for Advanced Study in Sofia ebenso, gleichermassen das New Europe College in Bukarest.

Markt für künstliche Gewebe

Entwicklung hinter den Erwartungen geblieben

Eine Studie zum Markt für künstliche Gewebe in der Medizin zeigt, dass die Entwicklung der Branche bisher hinter den hohen Erwartungen zurückgeblieben ist.

Kaputte Kniegelenke, die sich selbst regenerieren, verbrannte Haut, die von alleine nachwächst – mit künstlichem Gewebe aus dem Reagenzglas ist dieser Traum für Patienten in den letzten Jahren wahr geworden. Doch für

die Biotechnologie-, Pharma- und Medizintechnikbranche haben sich die Umsatzhoffnungen des „Tissue Engineering“ bislang nicht erfüllt, wie eine Studie des Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI) in Karlsruhe für die EU-Kommission zeigt. Danach erzielte die Branche weltweit nicht mehr als 60 Millionen Euro Umsatz pro Jahr. Zum Vergleich: Die Landesbank Baden-Württemberg schätzt allein das

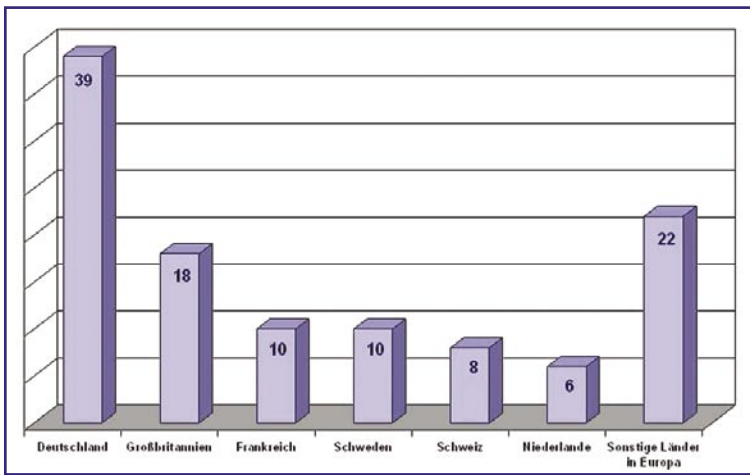
Gewebeersatz – die meisten von ihnen sind kleine, forschungsorientierte Unternehmen. Projektleiterin Bärbel Hüsing sieht als einen Grund für den ernüchternden Befund, dass künstliche Gewebe erst noch beweisen müssten, ob sie als Ersatz für etablierte Behandlungsmethoden langfristig wirksamer oder Kosten sparender seien. Häufig hapere es noch bei der Kostenübernahme durch die Krankenkassen.

Marktpotenzial für künstliche Knorpel auf jährlich 6,5 Milliarden Euro.

113 Unternehmen befassten sich zum Zeitpunkt der Untersuchung in der EU (inklusive Beitrittsstaaten) mit der Herstellung von künstlichem

Dennoch plädiert Hüsing dafür, weiter daran zu arbeiten, die Potenziale des Tissue Engineering zu verwirklichen. Ein Hemmschuh – die rechtliche Unsicherheit – soll nach Angaben der EU-Kommission schon bald ausgeräumt werden. „Es wird eine spezielle Verordnung für das Inverkehrbringen von Produkten des Tissue-Engineering erarbeitet“, verspricht EU-Kommissar Erkki Liikanen. Hierfür erstellt das Fraunhofer-ISI zurzeit eine Gesetzesfolgenabschätzung, die voraussichtlich im Frühjahr vorgelegt wird.

Anzahl der Tissue-Engineering-Firmen in Europa (Abb.: FhG/ISI).



Studie der Uni Witten: Noch mehr Fusionen und Übernahmen – die 6. M&A-Welle

Die Zahl der Fusionen und Übernahmen, der Mergers & Akquisitions, wird schon im Laufe dieses Jahres deutlich steigen und zwischen 2005 und 2007 zu einer starken Zunahme von M&A-Transaktionen führen. Diese kommende, sechste M&A-Welle wird dabei andere Charakteristika als in der Vergangenheit aufweisen. Zu diesen Ergebnissen kommt die jetzt veröffentlichte Studie „M&A-Strategien und Übernahmewellen: Die Zukunft des M&A-Marktes“. Die Studie des Institute for Mergers & Acquisitions (IMA) der Universität Witten/Herdecke basiert auf einer umfangreichen Befragung von 192 Führungskräften aus Unternehmen, Finanzierungs- und Beratungsgesellschaften.

Das M&A-Geschäft ist in Zukunft weitgehend unabhängig von der Unternehmensgröße. Neben großen Unternehmen entdeckt vor allem der Mittelstand die Bedeutung von Fusionen und Übernahmen. Nach der technologiefokussierten fünften M&A-Welle (1993-2000) werden sich in der kommenden sechsten Welle die M&A-Aktivitäten über alle „klassischen“ Branchen ausbreiten. Netzwerken, Joint Ventures und strategischen Kooperationen als „sanften Zusammenschlüssen“ messen die Befragten keine große Bedeutung bei. Dies gilt auch für Minderheitsbeteiligungen. Der Trend geht zu Mehrheitsübernahmen und vollständigen Übernahmen.

Die fünfte Welle war durch Internationalisierung und Kostensynergien geprägt. Empirisch betrachtet haben sich die avisierten Kostensyner-

gien, die als Prämie bereits an die Verkäufer-Gesellschafter ausgezahlt wurden, im Post Merger-Management jedoch nicht realisieren lassen. Daher bilden Wachstumsmotive wie die Erhöhung von Marktanteilen, die Erschließung neuer Märkte sowie der Erwerb von Kompetenzen die bedeutendsten Ziele zukünftiger M&A-Transaktionen:

- Kostenmerger, konglomerale Merger und durch die Kapitalmärkte getriebene Motive haben sich als wenig zielführend herausgestellt. Die Maximierung des Shareholder Value wird als explizites Ziel von M&A-Transaktionen seltener als in der Vergangenheit angeführt.
- Finanzmotive spielen bei der Identifikation von Akquisitionskandidaten eine geringe Rolle. Demnach ist auch die geringe Wahrnehmung der Chancen und Gefahren feindlicher Übernahmen verständlich, zumal freundliche Übernahmen empirisch mit höheren Erfolgsquoten einhergehen.
- Der geographische Fokus künftiger M&A-Aktivitäten unter deutscher Beteiligung wird auf innereuropäischen Transaktionen liegen.

Das Besinnen auf Kernkompetenzen steht im Zentrum des unternehmerischen Kalküls. Die anhaltenden Restrukturierungsaktivitäten werden zu weiteren Unternehmensverkäufen führen. Die eigene Aktie ist konjunkturbedingt keine geeignete Transaktionswährung. Probleme in der Post Merger-Phase werden von den meisten Akteuren im M&A-Markt weiterhin nicht ernst genug genommen oder nicht klar genug identifiziert.

Bilanz der Tarifrunde 2003

Grundvergütungen: Ein Plus von 2,5 Prozent

Die tarifliche Abschlussrate für das Jahr 2003 betrug im gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt 2,0 Prozent. Berücksichtigt man zusätzlich auch die höheren, bereits im Vorjahr für 2003 vereinbarten Tarifierhebungen, dann ergibt sich eine jahresbezogene Tarifsteigerung der tariflichen Grundlöhne und -gehälter für 2003 gegenüber dem Vorjahr von durchschnittlich 2,5 Prozent. Diese Erhöhung fiel in den neuen Ländern mit 3,0 Prozent höher aus als in den alten Ländern mit 2,4 Prozent. Die Daten veröffentlichte jetzt das Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Institut (WSI) der Hans Böckler-Stiftung in Düsseldorf.

Damit ist es der gewerkschaftlichen Tarifpolitik 2003 wie bereits im Vorjahr gelungen, über den Ausgleich der Steigerung der Lebenshaltungskosten von 1,1 Prozent hinaus auch eine deutliche reale Steigerung der Tarifeinkommen sicherzustellen. Der kurzfristig kostenneutrale Verteilungsspielraum von rund 2,0 Prozent (Arbeitsproduktivität + 0,9 Prozent, Preise + 1,1 Prozent) wurde mehr als ausgeschöpft. Gemessen an der trendmäßigen Entwicklung dieser Größe von 3 Prozent (Arbeitsproduktivität und Preise jeweils + 1,5 Prozent) liegen die Tarifsteigerungen etwas unterhalb dessen, was verteilungspolitisch kostenneutral möglich gewesen wäre. Allerdings: Aufgrund der starken negativen Lohndrift sind jedoch die effektiven Bruttoeinkommen je Arbeitnehmer im vergangenen Jahr lediglich um 1,2 Prozent gestiegen. Zu diesem Ergebnis kommt eine Bilanz der Tarifpolitik des Jahres 2003, die das Tarifarchiv des Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Instituts in der

Hans-Böckler-Stiftung (WSI) am Montag in Berlin vorlegte.

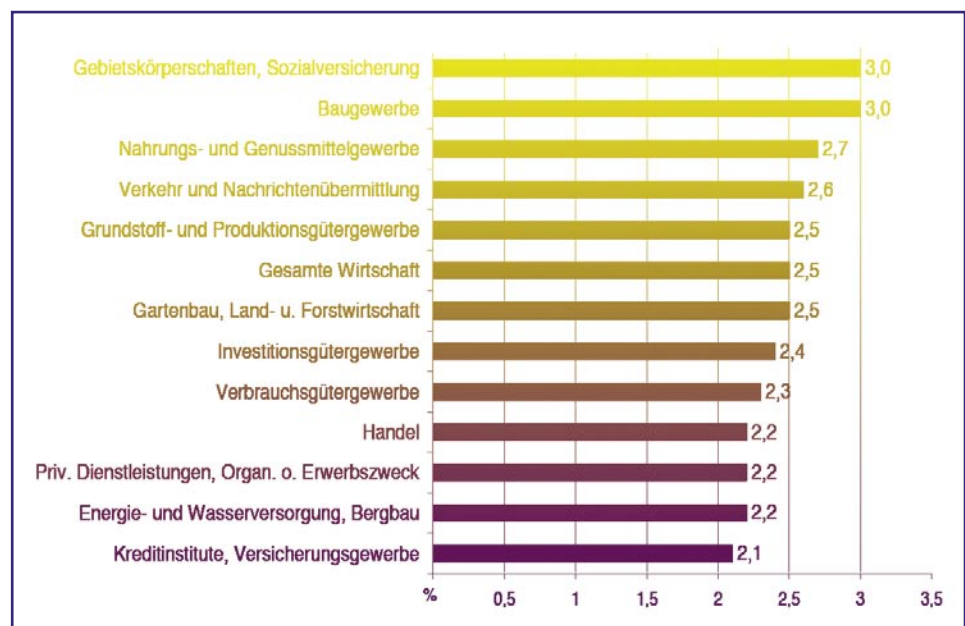
Insgesamt schlossen die DGB-Gewerkschaften in Deutschland im vergangenen Jahr Lohn- und Gehaltstarifverträge für rund 8,9 Mio. Beschäftigte ab, darunter 7,7 Mio. in den alten und 1,2 Mio. in den neuen Bundesländern. Für rund 82 Prozent dieser Beschäftigten gab es Tarifabschlüsse mit verzögerter Anpassung der Lohn- und Gehaltserhöhungen. Als Ausgleich vereinbarten die Gewerkschaften für rund 49 Prozent der davon betroffenen Beschäftigten Pauschalzahlungen, die durchschnittlich 35 Euro (West: 33 Euro, Ost: 48 Euro) im Monat betragen. Die Laufzeit der Verträge beläuft sich durchschnittlich auf 20,5 Monate (2002: 18,3). Für weitere fast 9 Mio. Beschäftigte traten Erhöhungen in Kraft, die bereits 2002 oder früher vereinbart wurden.

Am höchsten fiel die jahresbezogene Tarifsteigerung, auf ganz Deutschland bezogen, mit 3,0 Prozent in den Bereichen Gebietskörperschaften, Sozialversicherung sowie im Baugewerbe

aus, gefolgt vom Nahrungs- und Genussmittelgewerbe (2,7 Prozent), dem Bereich Verkehr und Nachrichtenübermittlung (2,6 Prozent) und den Bereichen Grundstoff- und Produktionsgütergewerbe sowie Gartenbau, Land- und Forstwirtschaft (beide 2,5 Prozent). Dann schließt sich das Investitionsgütergewerbe (2,4 Prozent) und das Verbrauchsgütergewerbe (2,3 Prozent) an sowie die Bereiche Energie- und Wasserversorgung, Bergbau (2,2 Prozent), Handel sowie private Dienstleistungen, Organisationen ohne Erwerbszweck (ebenfalls 2,2 Prozent). Das Schlusslicht bilden Kreditinstitute und Versicherungen (2,1 Prozent).

In den neuen Bundesländern hat sich das Tarifniveau im Vergleich zum Westen gegenüber dem Vorjahr um gut einen halben Prozentpunkt erhöht. Das Tarifniveau Ost/West betrug Ende 2003 bezogen auf die tariflichen Grundvergütungen 93,4 Prozent gegenüber 92,8 Prozent zum Ende des Vorjahres.

Tarifsteigerung 2003 nach Wirtschaftsbereichen (jahresbezogene Erhöhung der tariflichen Grundvergütung 2003 gegenüber 2002 (Quelle: WSI-Tarifarchiv 2004).



ATR-Sonde

Neu im Sortiment der optischen Tauchsonden von Hellma in Müllheim ist eine ATR-Sonde mit kompakter Bauform und Kalrez-Dichtung. Die Sonde zur UV-ATR-Flüssigkeitsspektroskopie hat einen Rohrdurchmesser von 6,35 Millimeter (1/4"). Sie lässt sich sowohl im Labor als auch in der Prozesskontrolle einsetzen.

Wegen des sehr kleinen Durchmessers eignet sich die neue Hellma ATR-Sonde besonders für den Einbau in dünne Rohre oder zur Untersuchung kleiner Probenvolumen im Labor.

Abgedichtet ist die Mini-ATR-Sonde mit Kalrez Compound 4079. Dieser Perfluorelastomer übertrifft in Chemikalienbeständigkeit und

gleichzeitig hoher Temperaturfestigkeit jeden Klebstoff als Dichtmittel.

ATR bedeutet „Abgeschwächte Total Reflexion“. ATR-Sonden kommen bei stark absorbierenden Proben zum Einsatz, bei denen Messungen mit Transmissionssonden nicht möglich sind, so zum Beispiel bei Messungen an Elektrolyten, phenolischen Komponenten oder Farbstoffen. Das Saphir-Prisma der Sonde arbeitet mit drei Reflexionen und wird in das Medium eingetaucht oder mit dem Medium benetzt.

Die Produktpalette der Hellma-Tauchsonden reicht von Ultra-Mini-Sonden mit einem Durchmesser von 3,2 Millimeter bis zu den Hochdruck/Hochtemperatur-Sonden mit einem Durchmesser von



32 Millimeter. Es stehen Sonden zur Verfügung, die vollständig aus Quarzglas gefertigt sind und solche mit austauschbaren Spitzen.

Hellma GmbH & Co. KG
79379 Müllheim
Tel +49 7631 182 14
Fax +49 7631 182 332
www.hellma-worldwide.com

AFM misst Rauheit

Atomic Force Mikroskope von Pacific Nanotechnology (PNI) sind ideale Werkzeuge, wenn es darum geht, Rauheiten oder Texturen in der Größenordnung weniger Nanometer quantitativ zu erfassen und sichtbar zu machen.

Die Kontrolle der Rauheit und der Textur sind in vielen Bereichen der Forschung und Industrie wichtig. Von der Nano-Rauheit hängen optische und/oder mechanische Eigenschaften von Materialien ab.

Es gibt verschiedene Techniken zur Oberflächencharakterisierung. Beim Arbeiten mit einem AFM ist eine Oberflächenbetrachtung von Details kleiner als ein Mikrometer zusätzlich zur analytischen Darstellung möglich.

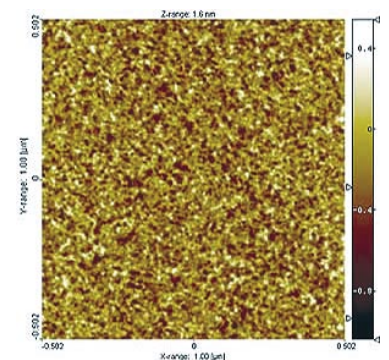
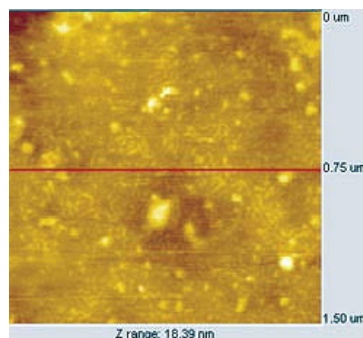
Es können Schnitte durch das Bild gelegt werden und verschiedene Parameter wie beispielsweise der arithmetischen Mittelrauwert R_a , der quadratische Mittelrauwert R_q oder die mittlere Rautiefe R_z längs dieser Schnitte quantitativ bestimmt und angezeigt werden. Gleichzeitig können die linearen Kenngrößen auch auf eine flächenhafte Auswertung (S_a und S_q) erweitert werden.

Bei der Messung von Rauheiten und Texturen mit dem AFM müs-

sen insbesondere die Geometrie der Spitze und die Skalierung des Scans beachtet werden. Wenn der Spitzenradius größer ist als die Oberflächendetails, werden die Messergebnisse (zum Beispiel der R_a -Wert) fehlerhaft.

Die Skalierung des Scans ist gleichzusetzen mit der Abtastrate. Für den Vergleich von zwei Oberflächen ist die gleiche Abtastrate empfehlenswert, wenn die Rauheiten auf einen Standard zurückgeführt werden sollen.

L.O.T.-Oriel GmbH & Co. KG
64293 Darmstadt
Tel 06151 8806 12
www.lot-oriel.de



Magnetrührer

Die neue RH Serie von IKA besteht aus drei Magnetrührern für unterschiedlichste Anforderungen:

Der RH basic 2 ist ein preisgünstiger Standard-Magnetrührer mit runder Edelstahlheizplatte (Durchmesser 125 Millimeter), Rührmenge 10 Liter (H₂O), Drehzahlbereich 100 bis 2000 1/Minute und einer Heizleistung von 400 Watt.

Der RH basic KT/C safety control und RH digital KT/C safety control zeichnen sich besonders durch die große, quadratische, chemisch sehr beständige Aufstellfläche aus.

Die Geräte sind mit einer Heizung und Buchse nach DIN 12878 für den Anschluss eines elektronischen Temperaturreglers, beispielsweise ETC 1 ausgestattet.

Der RH digital KT/C safety control besitzt zusätzlich eine digitale Anzeige für Soll- und Isttemperatur sowie Istdrehzahl. Rührmenge 15 Liter (H₂O), Drehzahlbereich 100 bis 2000 1/Minute, Heizleistung 500 Watt, einstellbarer Sicherheitskreis der Heizplattentemperatur 100 bis 400 Grad Celsius. Durch die Folienheizung mit Halb-



RH basic KT/C



RH digital KT/C



RH basic 2

leiterschalter zur Heizungsregelung wird eine hohe Lebensdauer garantiert. Zusätzliche Sicherheitsüberwachung: Bei Blockieren oder Motordefekt wird die Heizfunktion ausgeschaltet. Diese Eigenschaften machen die safety control Geräte zu den Sichersten ihrer Klasse.

IKA-Werke GmbH & Co.KG
D - 79219 Staufen
Tel +49 7633 831 140
Fax +49 7633 831 901
www.ika.de

Handlesegerät

Bei der Identifikation von Data Matrix Codes auf Analyseröhrchen bietet der Handleser MAH 200 zahlreiche Vorteile.

Kompakt wie ein Mobiltelefon und nur 51 Gramm schwer verfügt das Gerät, besonders in der kabellosen Bluetooth-Version, über großen Bedienkomfort. Der 1,3 Megapixel-Sensor besitzt eine große Tiefenschärfe und deckt einen breiten Auflösungsbereich ab. Hohe Lesegeschwindigkeit und Lesesicherheit sind selbstverständlich.

Der Handleser kann mit Kabel und wahlweise USB, RS 232 oder PS2-Schnittstelle angeschlossen werden. Mit Batterie erhält man einen kabellosen, mobilen Offline-Leser mit bis zu 8 MB Speicherka-



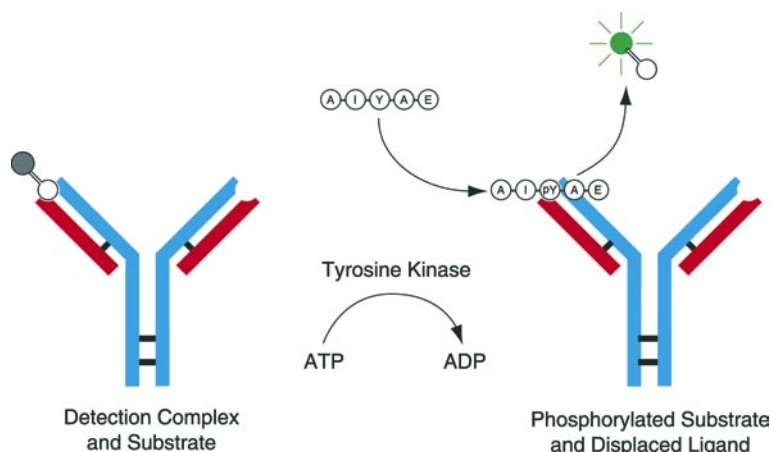
pazität. Für die Online-Erfassung auf PDA, Laptop und PC ist der MAH 200 Bluetooth mit Funkchnittstelle die geeignete Wahl. 1D- und 2D-Codes sind mit einem einzigen Gerät lesbar.

Omnitron AG
64347 Griesheim
Tel 06155 605314
Fax 06155 874012
www.omnitron-ag.de

Tyrosinase-Kit

Der neue Antibody Beacon Tyrosinase-Assaykit von Molecular Probes ist ein einfacher und robuster Test auf Lösungsmittelbasis zur Messung der Aktivität von Tyrosinasen. Er kann zur Beurteilung der Wirksamkeit potentieller Inhibitoren und Modulatoren verwendet werden. Tyrosinasen spielen eine wichtige Rolle bei einer Vielzahl zellulärer Übertragungswege und -prozesse sowie bei Krebserkrankungen.

Das Tyrosinase-Kit arbeitet mit dem farbstoffmarkierten Indikator-Liganden Oregon Green 488, der eine grüne Fluoreszenz zeigt. Die Fluoreszenz wird gelöscht, wenn der Ligand an einen Anti-Phosphotyrosin-Antikörper gebunden wird. In Gegenwart eines Phosphotyrosin enthaltenden Peptids wird der Tracer-Ligand freigesetzt, wodurch der Löschvorgang gemindert wird. Dabei lässt sich ein vierfacher Anstieg der Fluoreszenz beobachten, wodurch sich das Verhältnis Sig-



nal-zu-Hintergrund unterscheiden lässt. Die sofortigen Ergebnisse ermöglichen eine Analyse in Echtzeit.

Die Absorptions- und Emissionsspektren von Oregon Green entsprechen denen von Fluorescein, wodurch der Assay mit Multiwell-Plattenlesern auf Fluoreszenzbasis kompatibel ist und keine spezielle Ausrüstung benötigt wird. Da der Antikörper spezifisch gegenüber Phosphotyrosinresten ist, funk-

tiert der Assay bei jeder beliebigen Tyrosinase. Phosphotyrosin enthaltende Peptide können in so geringen Konzentrationen wie 50 nM ohne Einschränkungen nachgewiesen werden.

Molecular Probes Europe BV
2333 AA Leiden, The Netherlands
Tel +31 71 524 1894
Fax +31 71 524 1883
www.probes.com

Labormühle für fette oder feuchte Tabletten

Bei der Probenaufbereitung von Tabletten und Kapseln zur nachfolgenden Analyse der Wirk- und Inhaltsstoffe ist darauf zu achten, dass die einzelnen Tabletten zu

einem homogenen Probengemisch vermahlen werden. Die dafür eingesetzte Labormühle sollte so gewählt werden, dass der Zerkleinerungsvorgang nicht zu einer Veränderung oder Verunreinigung der einzelnen Wirkstoffe führt. Besondere Anforderungen an die Labormühlen stellen beschichtete Tabletten, deren Glasur zumeist aus Zuckerlösungen oder Gelatine besteht. Setzt man für die Zerkleinerung Mörser- oder Kugelmühlen ein, neigt diese Tablettenart dazu, aufgrund der für sie nicht geeigneten mechanischen Beanspruchung zu verkleben und dadurch ein unzureichendes, inhomogenes Probengemisch zu erzeugen.

Für diese Anwendung hat sich die Retsch Messermühle Grindomix GM 200 im praktischen Einsatz bewährt. Die GM 200 ist in der Lage, in wenigen Sekunden 20 mit Gelatine überzogene Tabletten zu zerkleinern und eine homogene Probe für die Analytik zu erzeugen.

Die Messermühle eignet sich besonders für die Zerkleinerung großer Tabletten und Pflanzen mit hohem Fett- oder Feuchtigkeitsgehalt (Aufgabengröße von 10 – 40 Millimeter, Endfeinheit bis etwa 0,3 Millimeter, Parametereinstellung für reproduzierbare Ergebnisse).

Weitere Retsch-Mühlen, die für die Zerkleinerung von Tabletten und Homöopathika zum Einsatz kommen, sind die Schwingmühle MM 301, die Ultra-Zentrifugalmühle ZM 200 und die Mörsermühlen RM 100 und KM 100. Diese Mühlen ermöglichen jedem pharmazeutischen Labor eine effiziente und wirtschaftliche Analysenvorbereitung von Tabletten und Kapseln.

Retsch GmbH & Co. KG
D-42781 Haan,
Tel 0 21 29/55 61 155
Fax 0 21 29/87 02
www.retsch.de



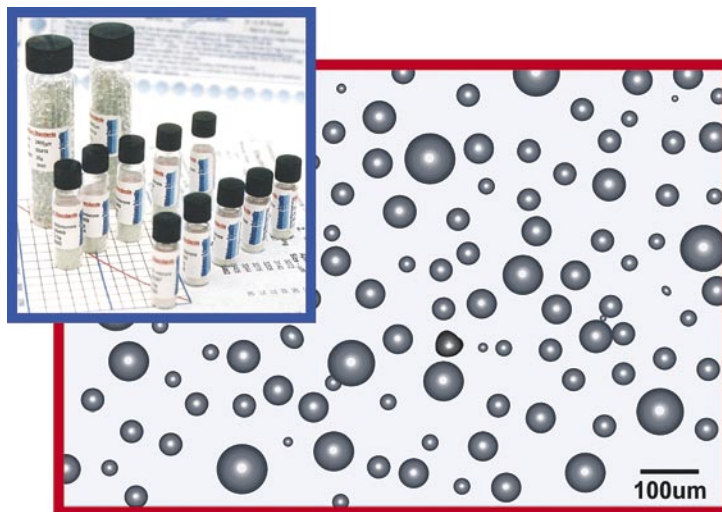
Partikel: Kalibrierung

Das Unternehmen Whitehouse Scientific präsentiert auf der Powtech 2004 (16. bis 18. März, Nürnberg) sein Sortiment von Kalibrierungsstandards für die Partikelgrößenbestimmung, darunter polydisperse, monodisperse und Siebkalibrierungsstandards.

Neu ist der polydisperse Standard im Submikronbereich, der als fertiges Trockenpulver für die Dispergierung in einer Tropfpipetten-Flasche angeboten wird.

Neu ist auch eine Monodispers-Auswahl im Multipack mit zehn Einzelgrößen von 20 bis 130 Mikron.

Die Siebkalibrierungsstandards wurden erweitert und decken jetzt Siebdurchmesser von 200 bis 40 Millimeter ab. Darüber hinaus wird ein Ultraschall-Filtertestsystem zur



Messung der Trennkorngrößen von Filtermedien vorgestellt.

Der Geschäftsführer des Unternehmens, Dr. Graham Rideal, beantwortet während der Ausstellung ihre Fragen.

Whitehouse Scientific Ltd.
Waverton, Chester CH3 7PB, UK
Tel +44 (0) 1244 33 2626
Fax +44 (0) 1244 33 5098
www.whitehousescientific.com

Chromatographiesäulen für Nieder- und Mitteldruckanwendungen

Omnifit's neues Sortiment an Glas-Chromatographiesäulen, erhältlich von msscientific Chromatographie-Handel GmbH, bietet eine komplette Lösung für Nieder- und Mitteldruckanwendungen. Die Säulen sind robust, einfach in der Handhabung, chemisch hochresistent, biokompatibel, und können, je nach Größe, mit bis zu 80 bar betrieben werden.

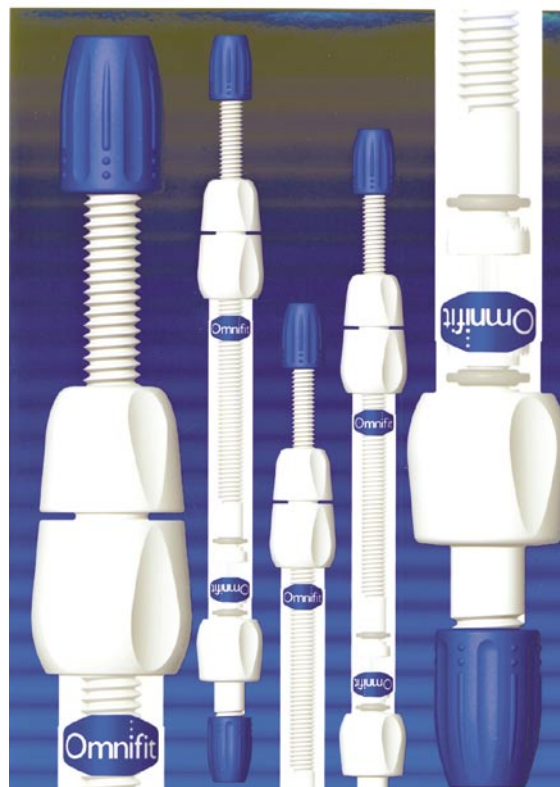
Aus präzisions-gebohrtem Borosilicatglas und mit benetzten Teilen aus inertem PTFE (Polytetrafluoroethylene) versehen, halten die Säulen extremen Bedingungen stand. Ihr Totvolumen ist minimal, so dass der Fluss gleichmäßig bleibt und Kontaminierungen ausgeschlossen sind.

Die Endstücke sind ergonomisch geformt und lassen sich schnell und einfach justieren (bis zu 80 Millimeter Bettlängenjustage). Jede Säule wird komplett montiert

geliefert. Zum Lieferumfang gehören alle notwendigen Fittings und diverse Fritten. Weitere Fritten mit Porengrößen bis zu zehn Mikrometer sind erhältlich. Die vormontierten PE-Fritten lassen sich jederzeit durch PTFE ersetzen.

Folgende Innendurchmesser sind erhältlich: 3-, 6,6-, 10-, 15-, 25-, 35- und 50,5 Millimeter. Je nach Durchmesser werden die Säulen mit einer Länge von 50 bis 1000 Millimeter angeboten. Zahlreiche Zubehörteile wie Entlüftungsventile und Fritteneinführungswerkzeuge runden das Angebot ab.

msscientific Chromatographie-
Handel GmbH
12049 Berlin
Tel 030 6270 6087
Fax 030 6270 6089
www.msscientific.de

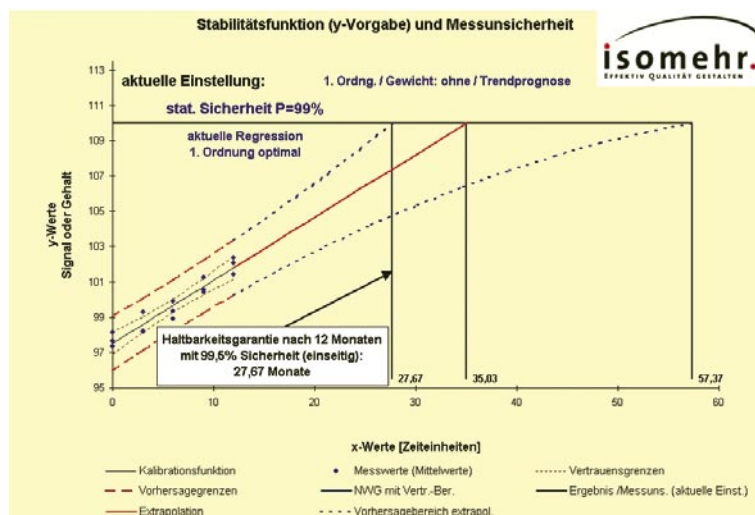


Datenanalyse

Die neue Version 4.0 von ProControl der isomehr GmbH ist die bisher einzige Software zur Stabilitätsvorhersage und Standardaddition mit Unsicherheitsangaben.

Die Standard-Leistungsmerkmale beinhalten:

- Statistische Tests und Kenndaten nach DIN-Normen,
- Interaktive Analyse, Dokumentation Ihrer Ergebnisse,
- Sofortige Kontrolle Ihrer Messwerte,
- Unabhängige Mittelwertvergleiche zeigen Ihnen unabhängig von Varianzenhomogenitäten Unterschiede von Mittelwerten,
- Vorhersagebereiche zeigen Ihnen unmittelbar in der Kalibration, in welchen Grenzen Sie Ihre späteren Analysenergebnisse mit zufälliger Streuung erwarten dürfen,
- Die frühest mögliche Einschätzung der Messunsicherheit erhalten Sie als Standardauswertung und Grafik auf Knopfdruck für alle wählbaren Kalibrationen und Gewichtungen,
- Trendanalyse mit Extrapolation unter Angabe der Prognoseun-



cherheit. Die Vorgabe zu Spezifikation (y-Wert) oder Zeitpunkt (x-Wert) wählen Sie selbst. Ausgewählte Gewichtungen werden ebenfalls berücksichtigt. Die Risiken der Prognose sind nach Ihrer Auswahl (1% oder 5%) im Ergebnis direkt berücksichtigt und grafisch angezeigt. Die Zuverlässigkeit der Rechnungen ist validiert. Ergebnisse sind rückführbar auf ISO und DIN Ergebnisse für Anpassungen 1. und 2. Ordnung.

Erweiterte Auswertemöglichkeiten zur Kalibrierung:

- Test auf Ausreißer der Regression nach Empfehlung der DEV,
- Regressionsmodelle einschließlich gewichteter Regression,
- Ergebnisse entsprechend Ihrer Auswahl,
- Ergebnisse als Grafik.

Die Software ist als deutsche, englische oder spanische Sprachversion erhältlich.

isomehr GmbH
66115 Saarbrücken
Tel 0681 9762 740
Fax 0681 9762 745
www.isomehr.com

Peptidsynthesizer

Die Protein- und Peptid-Produktion mit dem neuen Synthesizer Odyssey von CEM kann schneller als mit konventionellen Systemen erreicht werden. Die organischen Reaktionen laufen bei Verwendung von Mikrowellenenergie in Minuten ab, anstelle von Stunden, wie es bei der traditionellen Methode üblich war.

Das System ermöglicht nicht nur eine höhere Ausbeute, sondern erbringt auch noch ein sauberes und schnelleres Ergebnis als zuvor. Es sind sowohl manuell zu bedienende Systeme, als auch automatisierte Geräte lieferbar, bei denen automatisch bis zu zwölf unterschiedliche Peptide synthetisiert werden können.

Das System führt eine automatisierte Harzabspaltung durch und

deckt bei der Peptide-Synthese den Bereich zwischen 0,05 bis fünf Millimol ab. Bei Durchlaufzeiten von weniger als zehn Minuten pro Aminosäurezusatz und automatischer Abspaltung innerhalb von 15 Minuten können Sie Peptide in weniger als zwei Stunden herstellen. Doppelkoppelungen werden vermieden. Es können 25 Aminosäuren vorgehalten werden. Die flexibel einsetzbaren Reaktionsbehälter haben ein Volumen von 10 bis 100 Milliliter.

Kostenersparnis wird durch Einsatz preiswerterer Reagenzien und Reduzierung der Menge eingesetzter Reagenzien erreicht.

CEM liefert ein umfangreiches Zubehör für das Odyssey und macht es damit universell einsetzbar. Das kompakte Design des Systems passt auf jeden Arbeitstisch und unter eine Dunstabzugshaube.

CEM GmbH
47475 Kamp-Lintfort
Tel +49 (0)2842 96440
Fax +49 (0)2842 964411
www.cem.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

ARÄOMETER

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



ARBEITSSCHUTZARTIKEL

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



BSB-BESTIMMUNG

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

CHEMIKALIEN

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



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

DEUTERIUMLAMPEN

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



DICHTUNGSSCHEIBEN AUS GUMMI MIT AUFVULKANISIERTER PTFE-FOLIE

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

FTIR-SPEKTROMETER-ZUBEHÖR

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



GEFRIERTROCKNER

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

GEFRIERTROCKNUNGSANLAGEN

CHRIST
Gefriertrocknungsanlagen

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



STERIS®

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



HOHLKATHODENLAMPEN

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



KÜHL- UND TIEFKÜHLGERÄTE

Hettich
ZENTRIFUGEN

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



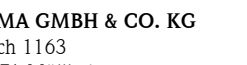
Kendro® Quality Products – Lifetime Care

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



KÜVETTEN

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



LABORCHEMIKALIEN

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



LABOREINRICHTUNGEN

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

Waldner Laboreinrichtungen
GmbH & Co. KG
Haidösch 1, D-88239 Wangen
Tel. 07522 986-480, Fax 07522 986-418
www.waldner.de, labor@waldner.de

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

LABORHILFSMITTEL

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



LABOR-SCHLÄUCHE UND -STOPFEN AUS GUMMI

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

LABORZENTRIFUGEN, KÜHLZENTRIFUGEN

Hettich
ZENTRIFUGEN

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



Kendro® Quality Products – Lifetime Care

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



SIGMA® Laborzentrifugen

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



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

LEITFÄHIGKEITS-MESSGERÄTE



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

LEITFÄHIGKEITSMESSUNG

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

MIKROSKOPE



**Labor- und Routine-
Mikroskope
Stereolupen und
Stereomikroskope**

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

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

OPTISCHE TAUCHSONDEN

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

PARTIKELANALYSE



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

PH/REDOX-ISE-MESSUNG

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

PH-MESSGERÄTE

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



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

PHOTOMETR. WASSERANALYSE GERÄTE UND TESTSÄTZE

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

POLARIMETER



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

REFRAKTOMETER



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

REINIGUNGSMITTEL FÜR LABORGLAS



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

SAUERSTOFF-MESSGERÄTE



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

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

STERILISATOREN

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

TEMPERATUR-MESSGERÄTE

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



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

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

THERMOMETER

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



TIEFSTTEMPERATURMESSUNG

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

VAKUUMKONZENTRATOREN

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

WASSERDESTILLIERAPPARATE



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

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

Künstliche Herstellung der Resonanzbedingung

Nachdem *W. Kuhn* 1927 auf die Möglichkeit des Auftretens einer Kernresonanz fluoreszenz hingewiesen hatte, war man lange bemüht, diese Erscheinung experimentell aufzufinden. Die Versuche mußten, wie wir soeben gesehen haben, wegen des Rückstoßeffektes vergeblich bleiben. Es erhob sich nun die Frage, ob man diese Impulseffekte bei der Absorption und Emission von γ -Quanten nicht künstlich kompensieren könne.

Der erste Versuch ging von *Moon* aus, der dann auch 1950 die Kernresonanz-Effekte experimentell nachweisen konnte. *Moon* versuchte, dem γ -Quant die fehlende Energie mechanisch mit Hilfe des *Doppler*-Effektes zuzuführen. Der *Doppler*-Effekt ist aus der Akustik bekannt: eine sich schnell nähernde Schallquelle gibt einen höheren Ton (größere Frequenz) als eine sich entfernende. Beim Vorüberfahren einer pfeifenden Lokomotive nimmt die Tonhöhe ruckartig ab.

Bewegt sich nun die Materie mit den untersuchten Atomkernen schnell — man bringt sie auf eine Zentrifugenscheibe —, so erhält das ausgedehnte Quantum eine zusätzliche Energie, die man nach dem Energie- und Impuls-Satz berechnen kann. *Moon* beschleunigte nun Hg-Kerne der Masse 198 mit einer Ultrazentrifuge (Umfangsgeschwindigkeit 700 m/sec) und konnte auf diese Weise Kernresonanz-Effekte nachweisen.

Allerdings war die Breite der gemessenen Resonanzlinie erheblich größer als die natürliche Niveaubreite des angeregten Zustandes (s. Abb. 1 b); es zeigte sich, daß noch ein anderer Effekt mitwirkte: die thermische Bewegung der Atomkerne. Die Linie war, wie man sagt, „thermisch verbreitert“.

Daraus entstand als nächste Frage, ob es nicht möglich wäre, allein durch Verstärkung dieser thermischen Bewegung der Kerne (entsprechend etwa der Bewegung der Korpuskeln in einem Gase) die Rückstoßverluste auszugleichen. Der dafür gegebene Weg war: Erhitzen der zu untersuchenden Substanz. Tatsächlich konnte *Malmfors* die Kernresonanzbedingung durch Erhitzen von ^{198}Hg erzwingen.

Das Experiment von Mössbauer

Damit war eine Temperaturabhängigkeit der Kernresonanz-Effekte gefunden; es kam nun darauf an, diese Abhängigkeit genauer zu bestimmen.

Mössbauer war gezwungen, einen Kern mit großer Masse und kleiner Anregungsenergie zu wählen, um schon bei bequemen Temperaturen eine thermische Rückstoßkompensation zu erhalten. Er wählte das Iridium-Isotop ^{191}Ir ; es entsteht aus ^{191}Os in einem angeregten Zustand durch einen β - und einen darauffolgenden γ -Zerfall. Die Anregungsenergie des Zustandes beträgt 129 KeV (s. Abb. 2).

Für ein Niveau mit so kleiner Anregungsenergie besteht eine große Wahrscheinlichkeit, daß der Zustand nicht durch Emission eines γ -Quants zum

Grundniveau übergeht (in Abb. 2 links, der geschlängelte Pfeil), sondern daß die Anregungsenergie auf ein Elektron der Atomhülle übertragen wird, das dann als sogenanntes „Konversionselektron“ emittiert wird (Abb. 2, rechts). Das bedeutet aber: die Resonanzanregung eines Iridium-Kerns im Absorber ist in diesem Falle „in Emission“ nicht zu erkennen, weil nur γ -Quanten nachgewiesen werden.

Mössbauer entschloß sich daher — anders als in allen früheren Experimenten — „in Absorption“ zu messen (s. Abb. 3). Neben dem größeren Wirkungsquerschnitt für die Resonanzabsorption bietet diese Anordnung weitere Vorteile, von denen nur einer genannt sei: Bei kleinen γ -Energien ist es sehr schwierig, die Resonanzstreuung von anderen Streuprozessen zu unterscheiden. Bei einer Absorptionsmessung sind die Verhältnisse einfacher zu übersehen, da die anderen Effekte wesentlich nur von der Kernladungszahl *Z* des Absorbers abhängen.

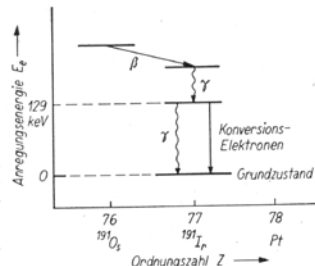
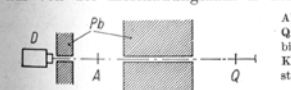


Abb. 2. Niveauschema des Iridium-Isotops-191.

Abb. 3. Die Versuchsanordnung des Mössbauerexperimentes. Q = Quelle aus angeregtem Iridium, A = Absorber: stabiles Iridium bzw. stabiles Platin, D = Detektor für 129 KeV- γ -Strahlung, Pb = Bleischilderung gegen Streustrahlung. A und Q befinden sich in Kryostaten zur Abkühlung durch flüssige Luft.

Mössbauer führte eine Vergleichsmessung durch mit Platin als Absorber, dessen Kernladung nur um 1 von der des Iridiums verschieden ist, das aber kein Anregungsniveau in der Umgebung von 129 KeV besitzt. So konnte er mit guter Näherung annehmen, daß die störenden Streueffekte an beiden Absorbern in gleicher Weise auftreten und somit eliminiert werden können. Die so gemessenen relativen Intensitätsverhältnisse der 129 KeV- γ -Strahlung hinter den 0,4 mm starken Absorbern wurden von *Mössbauer* 1958 veröffentlicht (Abb. 4): Zu höheren Temperaturen hin ergibt sich die erwartete Schwächung der Strahlung durch Resonanzabsorption im Iridium-Absorber auf Grund der zunehmenden Überlappung der thermisch verbreiterten Emissions- und Absorptions-Spektren (wie in Fig. 1b). Es handelt sich um einen $29/100$ -Effekt.

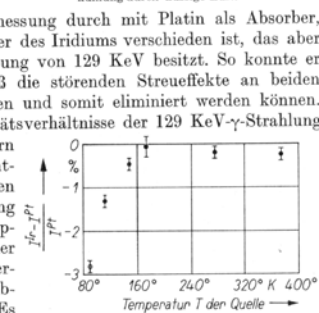


Abb. 4. Das relative Intensitätsverhältnis $(I^H - I^A)/I^H$ als Funktion der Temperatur der Quelle (Absorbertemperatur 88 °K).

Bei Abkühlung der Quelle zeigte

sich nun aber entgegen den Erwartungen ebenfalls eine — zudem weit größere — Schwächung der γ -Strahlung (bis zu 3%). Eine solche Resonanzabsorption an einem festen Körper bei tiefen Temperaturen war mit den bisherigen Vorstellungen über die Rückstoßkompensation nicht zu erklären. *Mössbauer* selbst brachte die erste Deutung dieser Erscheinung, die heute allgemein unter dem Namen *Mössbauer*-Effekt bekannt ist.

Die Deutung des Mössbauer-Effektes

Er vermutete einen Einfluß der Kräfte, die die Atome im Kristallgitter des Iridium-Metalls binden. Er konnte dann die Zunahme der Resonanzabsorption bei Abkühlung mit Hilfe einer Theorie erklären, die *W. E. Lamb jr.* bereits 1938 für die Streuung von Neutronen an festen Körpern entwickelt hatte:

Der Kern ist im Iridium-Kristallgitter gebunden und schwingt um seine Ruhelage auf Grund thermischer Energie. Auch die Energieaufnahme im Kristallgitter folgt den Gesetzen der Quantentheorie, es sind nur diskrete Energiesprünge zwischen einzelnen Schwingungszuständen möglich. Soll der Kern als Gitterbaustein Rückstoßenergie aufnehmen, so müssen entsprechende Gitterschwingungen des Kristalls angeregt werden können. Ist solche Anregung durch die Rückstoßenergie eines γ -Quants nicht möglich, so erhält nicht der Kern die Energie, sondern das gesamte Gitter „wird mitgenommen“, wirkt jetzt als Stoßpartner. Die Masse des Gitters entspricht aber der Masse des Iridium-Metallstücks, ist also ca. 10^{23} mal größer als die Masse des Einzelatoms (10^{23} Atome/Mol), d. h. aber nach dem Impulssatz, daß der Rückstoß, den der Kristall erhält, 10^{23} mal kleiner ist. Damit ist auch der Energieverlust E_r des γ -Quants um viele Zehnerpotenzen kleiner als die natürliche Kern-Niveaubreite:

Wenn in Quelle und Absorber keine Gitterschwingungen angeregt werden können, kann ungestörte Kern-Resonanzfluoreszenz stattfinden.

Die theoretische Begründung sei in einem vereinfachten Bild angedeutet: Die einzelnen Gitterbausteine führen thermische Schwingungen um ihre Ruhelage aus. Die thermische Energie ist auf alle Schwingungszustände verteilt. Nimmt die Temperatur ab, so wird der zur Verfügung stehende Energiebetrag ständig kleiner, d. h. er vermag immer weniger Schwingungszustände anzuregen. Die Zustände mit den höchsten Anregungsenergien fallen aus, dabei sind die Energieunterschiede zwischen ihnen klein, während bei den niedrigeren Zuständen die Energiesprünge immer größer werden. Ist eine genügende Abkühlung erreicht, so haben statistisch viele Oszillatoren schon so niedrige Energiestufen eingenommen, daß die γ -Rückstoßenergie zur Anregung eines höheren Schwingungszustandes nicht mehr ausreicht: Der Kern kann die Energie nicht aufnehmen, es kommt nur die Rückstoßübertragung an den gesamten Kristall zustande.

Da aber nur ein kleiner Bruchteil aller Oszillatoren bei den Experimenten „eingefroren“ war, tritt neben der „rückstoßfreien“ γ -Wechselwirkung auch die rückstoßgestörte (und thermisch beeinflusste) Wechselwirkung auf. *Mössbauer* hat nach der Theorie die Form von Emissions- und Absorptionsspektrum berechnet: Neben die aus Fig. 1b bekannten thermisch verbreiterten Linien tritt jetzt die unverschobene Emissions- bzw. Absorptionslinie (mit ihrer natürlichen Breite) an der Stelle E_0 mit 200fach größerer Intensität auf (Abb. 5).

Das bestätigende Experiment

Um die Schlüsse aus seinem ersten Experiment zu beweisen, hat *Mössbauer* ein zweites Experiment unternommen: Er hat die unverschobenen Emissions- und Absorptionslinien „heute allgemein „*Mössbauer*-Linien“ genannt werden, künstlich außer Resonanz gebracht: die Quelle wurde jetzt mechanisch bewegt. Die Absorptionserscheinung blieb wie erwartet aus. Man konnte durch Variation der Geschwindigkeit die Linienbreite messen. Die Resonanzabsorption war bereits bei einer Relativgeschwindigkeit Absorber-Emitter von 1,5 cm/sec auf die Hälfte abgesunken.

Die Anwendung des Mössbauer-Effektes

Seit der Veröffentlichung von *Mössbauers* Arbeit 1958 sind mehr als 200 Arbeiten von anderen Stellen veröffentlicht worden, die von *Mössbauers* Entdeckung ausgehend die verschiedensten Untersuchungen beschreiben.

So ist es zum Beispiel gelungen, Hyperfeinstruktur-Aufspaltungen von γ -Linien zu beobachten. Das sind Energieänderungen, die dadurch entstehen, daß der Atomkern durch das magnetische oder elektrische Feld der Elektronen seiner eigenen Atomhülle beeinflusst wird.

Die für den Nichtphysiker wohl interessanteste Anwendung ist die Möglichkeit zu untersuchen, ob die Kern-Resonanzfluoreszenz vom Schwerfeld der Erde beeinflusst wird: Es ist mit Hilfe des *Mössbauer*-Effektes zum erstenmal gelungen, die von *Einstein* geforderte Änderung der Quantenenergie durch die Gravitation im Laboratorium zu messen. Die Quantenenergie wurde im Schwerfeld der Erde bei einem Abstand zwischen Quelle und Absorber von 45 m so stark verändert, daß die Resonanzbedingung gestört wurde.

Dipl.-Phys. B.-A. Brandt

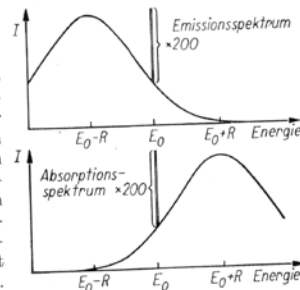


Abb. 5. Lage und Form der theoretischen Emissions- und Absorptionsspektren des ^{191}Ir für $T = 88^\circ\text{K}$. Die Höhe der unverschobenen „*Mössbauer*-Linien bei $E = E_0$ ist im Verhältnis 1:200 verkleinert gezeichnet.

CLB

**Kostenlos Probehefte anfordern unter
Fax: 06223-9707-41 oder
e-Mail: service@clb.de
www.clb.de**

FAX-Hotline: 06223-9707-41

**Für nur 87 Euro pro Jahr (incl. 7 % MWSt.,
zzgl. Versandkosten) erhalten Sie als persön-
licher Abonnent monatlich die CLB mit dem
MEMORY-Teil.**

**Top-Angebot: Jetzt gibt es für jedes neue
Abonnement eine kleine Ecosphere (Bild
hier; siehe auch Seite 63). Sie zahlen dafür
nur 10 Euro Versandkosten!**

Abo-Bestellcoupon

- JA, ich möchte die CLB abonnieren. Ich erhalte als persönlicher Abonnent die CLB zunächst für ein Jahr (=12 Ausgaben) zum Preis von 87 Euro zzgl. Versandkosten (Inland: 12,80 Euro, Ausland: 23,20 Euro). Das Abonnement verlängert sich automatisch um ein weiteres Jahr, wenn es nicht bis acht Wochen vor Ende des Bezugsjahres gekündigt wird.
- JA, ich möchte zusätzlich zu dem Abo für nur 10 Euro Versandkosten (incl. MWSt.) eine 10-cm-Ecosphere-Kugel.

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



CLB
vermittelt
Wissen
konzentriert
Monat für Monat
aus Analytik, Biochemie
und anderen Bereichen moderner Chemie.

**...diese kleine Welt für jedes neue Abo!
(zzgl. 10 Euro Versandkosten)**

