

# CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

- Lebensmittel und Genomik
- Tumor-Angiogenese
- Kokosnuss funktional
- Verantwortung vermitteln an hoch begabte Schüler
- Mikroskopie jenseits der Beugungsgrenze

Analytik  
 Biotechnik  
 Optimierte Prozesse  
 Komplexe Materialien  
 Maßgeschneiderte Moleküle

Mensch (19/495)  
 Ratte (21/398)  
 Hefe (2/394)

Menschen und Chemie  
 Bus- und Weiterbildung

Mensch  
 Ratte  
 Hefe

LKNDRDVLGISDTLIRLSVGLDEEEDLLEDLDQALKAHPPSGIHS  
 PEKDRATLGISDTLIRLSVGLDEEKDLEDLQALKAHP - - - - -  
 PKEAREASGVFDDLVRI SVGIEDTDDLEDIKQALKQATN - - - - -

## Ein neuer Begriff: Psychodemie

Von Dr. Hans-Joachim Flechtner, Marburg/Lahn.

Zwei Ereignisse aus der jüngsten Vergangenheit haben den Begriff der „Psychochemie“ wenn auch nicht geschaffen, so doch weiteren Kreisen bekannt gemacht: im Oktober 1955 trafen sich fünfzig bekannte Wissenschaftler in den USA, um über „Psychochemie“ zu diskutieren<sup>1)</sup> — die Anregung zu dieser Tagung ging vom Battelle-Institut für industrielle Forschung in Columbus, Ohio, und vom Fels-Research-Institut, Yellow Springs, Ohio, einem Institut für menschliche Verhaltensforschung, aus. Und im April dieses Jahres wurde in der New Yorker Akademie der Wissenschaften ein „Symposium zur Pharmakologie von Verbindungen mit psychomimetischer und psychotherapeutischer Wirkung“ abgehalten<sup>2)</sup>.

Auf den ersten Blick scheinen diese beiden Tagungen sich mit Problemen und Gegenständen befaßt zu haben, deren Namen ungewöhnlich sind oder zum mindesten in ungewöhnlichem Sinne gebraucht werden. Unter „Psychotherapie“ versteht man im allgemeinen gerade nicht eine Therapie mit Hilfe von Medikamenten, und der Begriff „psychomimetisch“ ist abgeleitet von den sympathicomimetischen und parasympathicomimetischen Stoffen, worunter man wörtlich zu verstehen hätte Stoffe, die die Wirkungen des Sympathicus und des Parasympathicus „nachahmen“ — wahrscheinlich dadurch, daß sie diese Nervensysteme spezifisch anregen. Psychomimetische Stoffe sind demnach Stoffe, die die Psyche spezifisch anregen — und zwar versteht man darunter jetzt nach H. Osmond (vom Saskatchewan Hospital in Weyburn) genauer diejenigen Stoffe, die schon in kleinsten — oft Gamma-Dosen — die Gedanken, die Wahrnehmungen, die Stimmung und die Geisteshaltung eines Menschen beeinflussen.

Der Bereich dessen, was man sinnvoll unter „Psychochemie“ verstehen kann, wird dadurch in groben Umrissen sichtbar. Doch erscheint es zweckmäßig, um diesen Begriff etwas genauer abzugrenzen und zu bestimmen, einmal schlicht vom Namen auszugehen und diesen auf seine Bedeutungsmöglichkeiten hin zu untersuchen. Wir werden dabei eine ganze Anzahl verwandter und benachbarter Problemgebiete entdecken, deren Kenntnis dann erlauben wird, den Standort dieses neuen Phänomens genauer zu begrenzen.

<sup>1)</sup> Vgl. Nachr. a. Chem. u. Technik 4, 156 [1956].

<sup>2)</sup> Vgl. Angew. Chemie 68, 419 [1956].

### Ein neuer Name?

Die Vereinigung von „Seele“ und „Chemie“ in einem neuen Begriffe wird bei vielen Menschen ein erhebliches Unbehagen hervorrufen. Selbst für viele Naturwissenschaftler ist das Seelische ein Bereich, der gegen das Eindringen allzu intensiver Forschung oder gar „Neugier“ geschützt sein sollte, und man kann es im Gespräch oft erleben, daß auch Forscher, die selbst die Geheimnisse des Lebens chemisch forschend ergründen wollen, dieser Forschung vor dem Bereich des Seelischen ein Halt zurufen. Und das sind seltsamer Weise dieselben Menschen, die gar keinen Anstoß daran nehmen, daß es seit 100 Jahren eine „Psychophysik“ gibt. Psychochemie, das ist eben etwas anderes als Psychophysik, sie geht den Problemen sozusagen intensiver zu Leibe — und am Ende steht als berechtigter Angsttraum die Vision einer Beherrschung des Seelenlebens mit Hilfe chemischer Mittel.

Genau genommen ist der Name „Psychochemie“ nun allerdings auch nicht neu, sondern ebenfalls schon mehr als 100 Jahre alt. Als in England in den zwanziger und dreißiger Jahren des vorigen Jahrhunderts die sogenannte Assoziationspsychologie ihre höchste Entwicklung erlangte, nahm sie sich die Chemie als Vorbild. Die kompliziertesten seelischen Vorgänge wurden bis in ihre Elemente bzw. Atome, nämlich die „Empfindungen“ zerlegt, und man glaubte nun, aus diesen Elementen die komplexen Erlebnisse wieder erklärend aufbauen zu können. Dabei galt als wichtigstes, manchmal sogar einziges Aufbauprinzip das Gesetz der Assoziation, nämlich die Tatsache, daß Erlebnisse, die gemeinsam erlebt worden sind, auch die Tendenz haben, wieder gemeinsam aufzutreten. Habe ich eine Frau, die bei der ersten Begegnung einen tiefen Eindruck auf mich machte, mit einem leuchtend roten Hut gesehen, so wird später das Sehen eines solchen roten Hutes mir das Bild jener Frau wieder vor die Augen und in die Erinnerung bringen. Dieses eine, besonders einfache Beispiel mag hier für die Fülle von Assoziationsmöglichkeiten durch räumliche oder zeitliche „Berührung“, Ähnlichkeit, unmittelbare und mittelbare Assoziation usw. stehen. In der Blütezeit jener Psychologie — deren spätere rein mechanische Form sehr bald scharfen Widerspruch hervorrief — galt die Chemie als methodisches Denkmodell, und der große englische Philosoph und Psychologe John Stuart Mill sprach ausdrücklich von einer „mental chemistry“ und erläuterte: „Wenn viele Empfindungen oder Ideen im Geiste zusammenwirken, dann findet oft ein Prozeß statt, der einer chemischen Verbindung durchaus ähnlich ist.“

„Mental chemistry“ — das ist im Grunde nichts anderes als eine Psychochemie, nur gleichsam mit umgekehrtem Vorzeichen: eine Psychologie nach chemischen Begriffen und mit der Chemie analogen Denkmethoden.

Der neue Begriff „Psychochemie“ faßt das Wort aber nicht als eine chemische Psychologie, sondern eher als eine psychologische Chemie auf: nämlich als systematische Anwendung der Chemie auf psychologische Pro-

bleme. Es darf daran erinnert werden, daß solche Doppeldeutungen von zusammengesetzten Wissenschaftsbegriffen uns auch sonst begegnen: so spricht Arnold Eucken in seinem großen Lehrbuch betont nicht von Physikalischer Chemie, sondern von „Chemischer Physik“, und so heißt auch das Lehrbuch von E. Lehmann nicht „Physiologische Chemie“, sondern „Chemische Physiologie“. In allen diesen Fällen ist das „Hauptwort“ auch in Namen das Haupt-Wort, genau wie in der modernen Psychochemie.

Anwendung der Chemie auf das Seelenleben, Erkenntnis der Seele mit chemischen Methoden — ist das nun aber überhaupt eine wissenschaftlich mögliche Fragestellung? Sind Seelisches und die Welt der Stoffe nicht so weltweit verschiedene Bereiche, daß es keine Brücke zwischen ihnen gibt, keine Brücke zwischen ihnen geben kann?

Es kommt, wie überall in den Wissenschaften, darauf an, die Problemstellung genau und exakt zu fassen. So allgemein, wie wir die Frage soeben gestellt haben, kann sie nicht beantwortet werden, da sie in ihrer Allgemeinheit keinen Sinn hat. Was heißt denn „weltweit verschiedene Bereiche“?

Im Jahre 1872 hat der große Physiologe E. Du Bois-Reymond in einem damals aufsehen erregenden Vortrage „Über die Grenzen des Naturerkennens“ sein berühmtes Wort „Ignoramus! Ignorabimus!“ ausgesprochen: wir wissen es nicht und werden es nicht wissen, und er meinte damit zwei Probleme, die seiner Ansicht nach der naturwissenschaftlichen Erkenntnis für immer verschlossen bleiben müßten:

1. Was Materie und Energie ihrem Wesen nach sind.
2. Die Entstehung des Bewußtseins — denn nicht einmal die einfachste Sinnesempfindung lasse sich aus der bloßen Mechanik der Atome heraus verstehen.

Es mag daran erinnert werden, daß Leibniz dasselbe schon sehr viel früher und sehr klar gesagt hat: „Man muß notwendig zugestehen“, so heißt es im § 17 seiner „Monadologie“, „daß die Perzeption und was von ihr abhängt, aus mechanischen Gründen, d. h. aus Gestalt und Bewegung, nicht erklärbar ist. Denkt man sich etwa eine Maschine, deren Einrichtung so beschaffen wäre, daß sie zu denken, zu empfinden und zu perzipieren vermöchte, so kann man sie sich unter Beibehaltung derselben Verhältnisse vergrößert denken, so daß man in sie wie in eine Mühle hineintreten könnte. Untersucht man alsdann ihr Inneres, so wird man in ihm nichts als Stücke finden, die einander stoßen, niemals aber etwas, woraus man eine Perzeption erklären könnte.“ Was hier über das Mechanische gesagt ist, das gilt genau so für das Chemische: auch wenn wir in ein fremdes Gehirn hineingehen und dort das chemische Geschehen in den 12 Milliarden Ganglienzellen bis in die letzten Einzelheiten und Feinheiten erkennen könnten — vom Entstehen auch nur einer einzigen Empfindung, Wahrnehmung oder eines einzigen Gedankens oder Gefühls wüßten wir trotzdem nichts. Darüber ist kein Zweifel — und so ist das Problem einer

„Psychochemie“ auch nicht zu verstehen. Die Möglichkeit einer echten psychochemischen Fragestellung beruht allein auf der Tatsache, daß es zwischen dem Seelischen und der Welt der Stoffe eben doch Brücken gibt, Beziehungen, die zu untersuchen und aufzuklären eine wichtige Aufgabe ist.

### Ein neues Problem?

Mit dieser Feststellung stehen wir vor einem der ältesten Probleme, das die Geister der Menschheit immer wieder aufgerufen und intensiv beschäftigt hat und als „Leib-Seele-Problem“ in die Geschichte eingegangen ist. Daß Leib und Seele, Körper und Geist, wesentlich verschieden sind, wird niemand bestreiten können, der sich ernsthaft mit dieser Frage befaßt. Ja, sie sind, je weiter man forscht, so sehr verschieden, daß man doch wieder bezweifeln kann, ob zwischen ihnen wirklich eine Brücke bestehen könne. Unter den vielen Lösungsversuchen, die die Geschichte für dieses Problem bereitstellt, haben drei eine besondere Bedeutung gewonnen:

1. Die Identitätslehre Spinozas: Leib und Seele, oder, ihren wesentlichen Eigenschaften nach, Ausdehnung und Denken sind nicht zwei verschiedene „Wesen“, sondern sie sind nur Formen einer und derselben Ursubstanz, sind gleichsam nur verschiedene „Seiten“ oder „Ansichten“ desselben. Für unsere Fragestellung gibt diese Theorie offensichtlich nichts her.

2. Die Parallelismus-Theorie: Die Welt der Materie und der Stoffe auf der einen, und die Welt des Seelischen und der Erlebnisse auf der anderen Seite, sind zwei in sich völlig geschlossene Kreise, die ohne Zusammenhang miteinander streng parallel laufen. Jedem körperlichen, physiologischen Vorgange entspricht ein psychischer, und jedem psychischen ein physiologischer — aber eine Brücke über die Kluft zwischen den beiden Bereichen gibt es nicht.

Einer der entscheidenden Gründe für das immer wieder erneute Auftauchen dieser Lehre ist der Energiesatz: Wenn ein physiologischer Vorgang „in das Bewußtsein“ hineinwirkt und dort einen seelischen Vorgang hervorruft, so müßte das Gesetz der Energieerhaltung auch für diesen „Übergang“ gelten — und es ist nicht vorzustellen, was das bedeuten soll. Auch wenn man, wie etwa Wilhelm Ostwald, eine psychische Energie gleichwertig neben die mechanische, elektrische, chemische Energie stellt, wird das Problem dadurch nicht einfacher, weil eine psychische Energie, im eigentlichen Sinne verstanden, eben nicht den anderen Energieformen wesensgleich ist — oder sie ist letztlich doch wieder eine physiologische Energie.

3. Befragen wir aber unsere alltägliche Erfahrung, so lautet die Antwort eindeutig: selbstverständlich gibt es eine Einwirkung vom Körperlichen auf das Seelische, und ebenso umgekehrt eine Wirkung vom Seelischen auf das Körperliche. Die Wechselwirkungstheorie ist für die Erfahrung des eigenen Lebens die gegebene Auffassung.

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

die CLB ist keine Zeitschrift für Analytik, Biotechnik oder Ausbildung. Vielmehr adressiert sie alle diese Themen und kann durch ihre monatliche Erscheinungsweise diesen Themenumfang auch darstellen. Schon immer hat die CLB dabei den Blick über den Tellerrand erlaubt, wie es zum Beispiel unsere Seiten „CLB-Geschichte“ auf



den inneren Umschlagseiten dieser CLB mit dem Artikel „Psychochemie“ bestätigen. Oft hat sie dabei einen Trend frühzeitig erahnt, aber etliche Erwartungen liefen in ihrer Entwicklung auch anders als gedacht.

In dieser Ausgabe widmet sich die CLB dem Thema Ernährung. Dass fette Würste fett machen ist jedem klar; hat die Ernährung aber auch Einfluss auf die Gene? Dieser spannenden Frage geht Röbbe Wünschiers ab Seite 128 nach. Jetzt hat der Stamm-Autor der CLB wieder Zeit, interessante Artikel zu schreiben: Er hat seine Habilitation abgeschlossen; herzlichen Glückwunsch!

Um Aufgaben aus der Komplexität, die sich in den Themenbereichen der CLB widerspiegeln, in geeigneter Form zu erfüllen, bedarf es auch einer hohen Verantwortung. Wie das Gefühl dafür zu vermitteln ist beschreibt ein Artikel ab Seite 136; die Autoren muss ich in Ihrem guten Ruf nicht weiter vorstellen :-)

Für unterhaltsame Weiterbildung sorgt wie ebenfalls nicht ungewöhnlich Prof. Hasenpusch. Der erfahrene Freizeit-Taucher hat sich bei seinen Reisen diesmal mit der Kokosnuss auseinandergesetzt. Ich hoffe, der Artikel macht Ihnen Appetit auf einen schönen Jahresurlaub.

Man kann in der heutigen Zeit – steigende Ölpreise, Extremistenanschläge, sogar angeandrohte Atomschläge – eigentlich gar nicht stark genug an die schönen Dinge des Lebens erinnert werden. Wenn man älter wird zählen dazu auch Meldungen, die aufgrund des raschen Fortschritts in ihrer Vielfalt in der CLB nur in den Meldungsspalten Berücksichtigung finden. Neue Behandlungsmöglichkeiten für Leukämie, Sehnenverletzungen mit Stammzellentherapie heilen, Krankheitsgene mit Gentherapie ausschalten – welche beeindruckenden Forschungen es auf diesem Gebiet gibt lesen Sie top-aktuell in unseren Meldungsspalten.

Wenn die doch nur auch der Papst lesen würde. Der sieht nämlich in der Genforschung vorwiegend das Böse. In Begleitung zehntausender Pilger hat Papst Benedikt XVI. erstmals den Kreuzweg in Rom geleitet. Scharf verurteilte er Armut, den Verfall von Familien und auch die Gentechnik. Wörtlich hieß das etwas verklausuliert: „Der Mensch möchte die Familie neu erfinden, die Grammatik des Lebens selbst, von Gott so eronnen und gewollt, möchte er verändern. Doch sich an Gottes Stelle zu setzen, ohne Gott zu sein, ist die dümmste Arroganz, ist das gefährlichste Abenteuer.“

Meine Meinung dazu ist: Wer immer nur an Altem festhalten will ohne Neues zu schaffen, Angst hat vor Veränderungen, die bei allen Chancen natürlich auch Risiken tragen, der ist schon tot, muss nur noch umfallen. Ich hoffe, auch diese CLB gibt Ihnen wieder etliche Fakten, die Chancen erkennen helfen und eine positive Orientierung in die Zukunft ermöglichen.

Ihr



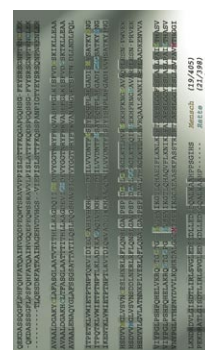
# INHALT

## Aufsätze

Lebensmittel und Genomik Sind wir, was wir aßen? _____	128
Ein Kurs für hoch begabte Mittelstufenschüler Verantwortung des Naturwissenschaftlers _____	136
Fortschritte in der Diagnose der Tumor-Angiogenese Dem Tumor den Nährstoffweg abschneiden _____	140
Kokosnuss funktional: Die Königin der Nüsse _____	144

## Rubriken

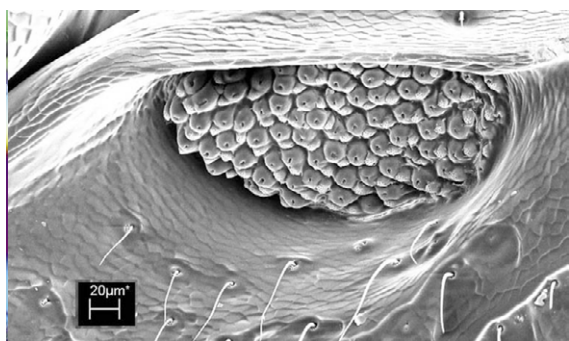
Editorial _____	121
Impressum _____	123
F & E im Bild _____	123
Unternehmen _____	124
Personalien _____	126
Förderungen / Preise _____	127
Messe / Kongress / Ereignisse _____	148
Umschau	
STED-Mikroskopie	
Auflösung jenseits der Beugungsgrenze _____	149
Grundlagen _____	152
Literatur _____	154
Neue Produkte _____	156
Bezugsquellenverzeichnis _____	159



**Zum Titelbild:**  
Aminosäuresequenzen mit schwefelhaltigen Aminosäuren (siehe dazu den Artikel ab Seite 128).

## CLB-Memory

Fachgespräche im BfR brachten kein eindeutiges Ergebnis	
Vergiftungsfälle mit Nano-Spray _____	M25
Alfred-Wegener-Institut forschte – DBU förderte – Müller kochte	
Nahrungstauglichkeit von Nordseealgen _____	M27
Studie zur PAK-Exposition in der Luft am Arbeitsplatz	
Körperliche Belastung ist nachweisbar _____	M28
Nützliche Ratgeber 65 - 67 _____	M29
Auf Tuchfühlung mit Schimmelpilzgiften in Milch und Kaffee	
Neues Analyseverfahren für Mykotoxine _____	M30
Bibliotheken: Verbreitung von Wissen in Gefahr	
Urheberrecht hemmt Forschung _____	M31
Elemente und ihre Darstellung und Gewinnung	
Die vierte Hauptgruppe – es kann mehr als eine Antwort richtig sein	M32



## Original und Bionik

Der schwarze Kiefernprachtkäfer legt seine Eier in verkohltem Holz ab; er soll Waldbrände noch aus 80 Kilometern Entfernung entdecken. Das Prinzip seines dafür eingesetzten Sinnesorgans (REM-Aufnahme kl. Bild; Dr. Helmut Schmitz, Uni Bonn): Winzige wassergefüllte Hohlräume absorbieren die Infrarotstrahlung, und das sich ausdehnende Wasser übt auf Sinneszellen einen entsprechenden Druck aus. Im Forschungszentrum „caesar“ in Bonn ahmt man jetzt einen solchen mikrofluidischen Sensor nach. Er misst die Ausdehnung einer stark IR-absorbierenden Flüssigkeit (gr. Bild: Detailaufnahme des Sensors; Stiftung caesar).

## Impressum

**CLB**  
Chemie in Labor und Biotechnik

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

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

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

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

Dr. Maren Bulmahn (MB, CLB-Memory,  
E-Mail: bulmahn@clb.de),  
Dr. Christiane Soiné-Stark  
(CS, E-Mail: stark@clb.de).

**Ständige Mitarbeiter:**  
Ans de Bruin (Grafik), Heidelberg; Werner  
Günther, Düsseldorf; Prof. Dr. Wolfgang  
Hasenpusch, Hanau;  
Dr. Mechthild Kässer, Diekholzen; Hans  
Dietrich Martin, Köln; PD Dr. Röbbke  
Wünschiers, Köln.

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

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

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

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

CLB erscheint monatlich.

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

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

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

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

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

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

ISSN 0943-6677



## NACHRICHTEN & NOTIZEN

**Cognis** übernimmt den Polymer-Spezialisten Cosmetic Rheologies Ltd. (CRL) und stärkt damit seine Position als führender Spezialchemieanbieter für die Kosmetikindustrie. Cosmetic Rheologies aus Manchester hat umfassende Kompetenzen in der Entwicklung, Herstellung und Formulierung von Polymeren und bietet Rheologieadditive und Konditionierungsmittel an.

**Die Sartorius AG und die ProMetic Life Science Inc.** haben einen Vertrag zwischen Sartorius und ProMetic BioTherapeutics Inc., einem Tochterunternehmen von ProMetic Life Science Inc., unterzeichnet. Die Unternehmen werden auf dem Gebiet der Trennungssysteme für Proteine aus humanem Blutplasma zusammenarbeiten. Darüber hinaus haben die Unternehmen vereinbart, bei der Entwicklung von Ligand-Membran-Verbindungen zusammenzuarbeiten, welche die Isolierung von Proteinen aus Blutplasma sowie aus anderen Quellen vereinfachen soll.

**Clariant** hat die amerikanische Kion Corp. aus Pennsylvania gekauft, ein Produzent organischer Polysilazane und daraus hergestellter Verbundwerkstoffe. Clariant möchte neue Technologien für funktionelle Beschichtungen und für die Keramikindustrie zur Marktreife bringen. Gleichzeitig hat Clariant das indische Unternehmen Chemtreat Composites India Pvt. Ltd. erworben und damit die Produktionskapazität für Polysilazane deutlich erweitert.

**Die Lanxess Deutschland GmbH** hat am Standort Dormagen eine zweite Anlage zur Herstellung von Velcorin (Dimethyldicarbonat) errichtet. Ende 2005 nahm die Produktions- und Abfüllanlage nach einer einjährigen Bauzeit den Betrieb auf. Damit konnte durch Investitionen in zweistelliger Millionenhöhe die Herstellung des Getränke-Stabilisierungsmittels, das bisher nur im Werk Urdingen produziert wurde, auf ein zweites Standbein gestellt werden.

**Bayer** hat ein Start-up-Unternehmen für die Produktion von Leuchtfolien gegründet. Das Investitionsvolumen für die Lyttron Technology GmbH, eine 100-prozentige Tochter des Teilkonzerns Bayer MaterialScience AG, liegt bei 24,5 Millionen Euro. In den kommenden Monaten sollen am Standort Leverkusen Entwicklung, Produktion, Marketing und Verwaltung aufgebaut werden. Nach derzeitiger Planung soll Lyttron bis 2012 über 150 Mitarbeiter beschäftigen.

Die **InterMedDiscovery GmbH** ist eine Ausgründung aus der Naturstoff-Forschung von Bayer HealthCare. Ziel des von ehemaligen Bayer-Mitarbeitern geführten Unternehmens ist es, im Auftrag von Firmen der Pharma-, Pflanzenschutz- und Nahrungsmittelindustrien Wirksubstanzen zu entdecken, sie zu Produkten zu entwickeln und Markenschutzrechte zu erarbeiten. Die Ausgründung ist Folge der Neuaufstellung der Bayer Pharma-Forschung, die auf Anti-Infektiva-Arbeiten verzichtet. Diese waren wichtigster interner Aufgabenbereich der Naturstoff-Forschung.

## Deutscher Biotech-Report 2006

# Mehr und mehr profitable Firmen

**Der Umsatz der deutschen Biotechnologie-Branche ist im vergangenen Jahr leicht von 824 Millionen Euro auf 832 Millionen Euro gestiegen. Aufgrund zahlreicher Fusionen und Übernahmen ist die Zahl der deutschen Biotechnologie-Unternehmen leicht von 380 auf 375 und die Zahl der bei deutschen Biotech-Unternehmen beschäftigten Mitarbeiter von 9.675 auf 9.534 zurückgegangen**

Im Jahr 2005 wurden 12 deutsche Biotechnologie-Unternehmen von ausländischen oder inländischen, nicht zur engeren Biotechnologie-Branche zählenden Unternehmen gekauft. Dadurch fallen die betreffenden Unternehmen aus der deutschen Statistik heraus. Würden diese akquirierten Unternehmen berücksichtigt, ergäben sich im Jahresvergleich sowohl bei der Anzahl der Beschäftigten, als auch bei den Finanzdaten durchgehend positive Veränderungen.

Zu diesen Ergebnissen kommt der siebte deutsche Biotechnologie-Report der Wirtschaftsprüfungsgesellschaft Ernst & Young. Für die Studie wurden deutsche „Biotech-Unternehmen“ befragt und untersucht, die den zukunftsstrichtigsten Segmenten der Branche angehören.

Im Vergleich zum Vorjahr stiegen die Verluste der Branche um sechs Prozent auf 568 Millionen Euro. Allerdings stieg auch die Zahl der Unternehmen, die profitabel arbeiteten: 30 Prozent der antwortenden Unternehmen erzielten im Jahr 2005 einen Gewinn. Im Vorjahr waren es noch 27 Prozent (2003: 22 Prozent) gewesen.

Im Jahr 2005 gingen in Deutschland insgesamt 11 Unternehmen in die Insolvenz oder wurden aufgelöst – im Jahr zuvor waren es noch 29. Dem standen im vergangenen Jahr 22 Neugründungen gegenüber. Nachdem 2004 nur 4 Fusionen und Übernahmen zu verzeichnen waren, wurden 2005 immerhin 17 Unternehmen aufgekauft beziehungsweise fusioniert.

Insgesamt ist die Zahl der Wirkstoffe in der Medikamenten-Entwicklung

von 269 auf 285 gestiegen. In der klinischen Prüfung – also in den Phasen I bis III – befinden sich 112 Wirkstoffe – im Vorjahr waren es 91.

Im Jahr 2005 zeigte sich die Eigenkapitalfinanzierung der deutschen Biotechnologie-Branche verbessert. Insgesamt wurden 489 Millionen Euro an Eigenkapital über Risikokapitalfinanzierungen, Kapitalerhöhungen bei bereits börsennotierten Unternehmen (Sekundärfinanzierungen) sowie drei Börsengängen aufgenommen. Im Vergleich zum Vorjahr entspricht dies einer Steigerung um 15 Prozent.

Das Volumen der Venture Capital (VC)-Finanzierung von Biotechnologie-Firmen stieg im Jahresvergleich deutlich um 38 Prozent von 236 auf 326 Millionen Euro. Der durchschnittliche Finanzierungsbetrag stieg um 20 Prozent von 7,15 Millionen Euro im Jahr 2004 auf 8,6 Millionen Euro im Jahr 2005 und erreichte damit eine Rekordhöhe. Innerhalb Europas liegt die deutsche Biotechnologie-Branche damit erstmals auf Platz eins vor der britischen Biotechnologie-Industrie (257 Millionen Euro).

In die europäischen Biotechnologie-Unternehmen flossen im Jahr 2005 insgesamt 3,2 Milliarden Euro (4,0 Milliarden US-Dollar). In die US-Branche flossen im gleichen Jahr 14,7 Milliarden US-Dollar. Erstmals konnte allerdings die europäische Biotechnologie-Branche mehr Börsengänge mit einem insgesamt höheren Emissionsvolumen verzeichnen als die US-Branche. So stieg die Zahl der Börsengänge in Europa von 8 im Jahr 2004 auf 23 im Jahr 2005. Dabei wuchs das Emissionsvolumen von 291 Millionen Euro auf 560 Millionen Euro. In den USA waren 2005 13 Börsengänge zu verzeichnen (2004: 28), die 626 Millionen US-Dollar (umgerechnet 507 Millionen Euro) erbrachten (2004: 1,6 Milliarden US-Dollar, umgerechnet 1,3 Milliarden Euro).

Erfreulich: 59 Prozent der Unternehmen halten die Einstellung neuer Mitarbeiter im Jahr 2006 für sehr wahrscheinlich.

## Bio-Gate AG in Nürnberg

# Erstes Spin-Off der FhG an der Börse

**E**rstmal ist ein Spin-Off der Fraunhofer-Gesellschaft an die Börse gegangen: Die Bio-Gate AG ist in Nürnberg und Bremen ansässig. Das Nanotechnologie-Unternehmen ist darauf spezialisiert, Materialien und Oberflächen mit Nanosilberpartikeln antibakterielle Eigenschaften zu verleihen.

Die Ausgründung entstand durch gemeinsame Projektarbeit zwischen Wissenschaftlern am Fraunhofer-Institut für angewandte Materialforschung IFAM in Bremen, der Universität Erlangen und Industriepartnern. Sie wurde vom Bundesforschungsministerium, dem Freistaat Bayern und der Fraunhofer-Gesellschaft unterstützt, die am Unternehmen beteiligt ist. Der Umsatz des Unternehmens betrug 2005 3 Mio Euro. Der erste gehandelte Börsenkurs am 4. April 2006 lag bei 33,50 Euro.

„Wer wirtschaftlichen Erfolg sucht, muss gemeinsam neue innovative Ideen entwickeln und rasch in Produkte umsetzen. Die Bio-Gate AG ist ein Beispiel für den gut funktionierenden Technologietransfer von der Theorie in die Praxis. Das Know-how der Wissenschaftler konnte gemeinsam mit Industriepartnern erfolgreich in Produkte und Dienstleistungen umgesetzt werden“, so Thomas Doppelberger, Leiter der Fraunhofer Venture-Gruppe. Nanosilberpartikel können zum Beispiel in Kathetern, Implantaten und weiteren medizinischen Geräten dazu beitragen, Infektionen bei den Patienten zu verhindern. Weitere Anwendungen sind Farben und Lacke oder die Verarbeitung von Lebensmitteln. Bio-Gate bietet den Kunden umfassende Dienstleistungen von der Beratung, Beschreibung und Zertifizierung antimikrobieller Werkstoffe bis zur Qualitätskontrolle.

An den zwei Standorten bearbeiten die 20 Mitarbeiter der Bio-Gate AG drei Geschäftsfelder. Sie testen antimikrobielle und antiadhäsive Eigenschaften von Werkstoffen und Produkten, veredeln Materialien und beschichten Oberflächen mit kleinstteiligem Silber, um sie mit einer langfristigen und medizinischen Wirkung gegen Bakterien, Pilze und anderen Krankheitserregern auszustatten. Die Wissenschaftler entwickelten dazu ein automatisiertes Messverfahren für die biologische Werkstoffprüfung. Damit lassen sich große Mengen an Proben schnell untersuchen und die Anzahl der Silberpartikel bestimmen, die für die gewünschte Anwendung erforderlich ist. Die Herstellung der Nanopartikel aus

Silber ist komplex. Nanoporöse Silberpartikel mit einem Durchmesser von 50 bis 100 Nanometern verbinden sich besonders gut mit dem Polymer. Auf diese Weise lassen sich die Partikel gleichmäßig in Kunststoff einarbeiten.

Prototyp eines beschichteten Katheters (Abb.: Bio-Gate AG).



Schott-Rohrglas ist am 01. März 2006 als weltweit erster Rohrglas-Hersteller nach dem neuen international gültigen Standard ISO 15378:2006 vom TÜV Rheinland zertifiziert worden.

Die ISO 15378 ist speziell für Hersteller von Verpackungsmaterialien für pharmazeutische Produkte entwickelt worden und erhält im April 2006 Gültigkeit. Sie gilt für alle Packmittel, die das Arzneimittel direkt berühren und kombiniert die bekannte QM-Norm ISO 9001 mit den zutreffenden GMP-Anforderungen für Primärpackmittel und deren Herstellung. Zu den Anforderungen aus dieser Norm zählen unter anderem größtmögliche Sauberkeit und Ordnung im Umgang mit Produkten und Produktionseinrichtungen, ein umfangreiches Risikomanagement sowie eine detaillierte Dokumentierung von Veränderungsprozessen. Damit gewinnen die GMP-Regeln zunehmend Einfluss auf liefernde Unternehmen der Arzneimittelindustrie wie Lieferanten von Wirk- und Hilfsstoffen, Packmaterialien, Herstellungsanlagen und Prüfmitteln.

Schott forma vitrum ist einer der weltweit führenden Anbieter von Primärverpackungen für medizinische Injektionen. Mehr als 500 Produktionslinien in 10 Produktionswerken weltweit produzieren mehr als 6 Milliarden Spritzen, Fläschchen, Ampullen, Karpulen und Spezialartikel aus Glasrohr oder Polymer für die Pharmazeutische Industrie.

Das Bild zeigt die Übergabe des TÜV-Zertifikats im Erich-Schott-Centrum in Mainz. (v.l. Andreas Greve, Qualitätsmanagement; Andreas Kutscher, TÜV Rheinland; Michael Jungnitsch, TÜV Rheinland; Dr. Hans-Joachim Konz, Mitglied des Vorstands Schott AG)



**BASF** Dr. Andreas Kreimeyer, Mitglied des Vorstands der BASF Aktiengesellschaft, übernimmt den Vorsitz im Aufsichtsrat der BASF Coatings AG. Er löst Klaus Peter Löbbe ab, der aus dem Gremium ausscheidet. Neu in den Aufsichtsrat der BASF Coatings AG rückt Dr. Kurt Bock, Finanzvorstand der BASF Aktiengesellschaft.

**DIE LEIBNIZ**-Gemeinschaft hat den 40-jährigen Historiker **Michael Klein** zum ersten Generalsekretär berufen. Er will den 84 Leibniz-Instituten durch mehr Service im Bereich Wissenschaftsmanagement und eine gezieltere Interessenvertretung zusätzliche Zeit und Freiräume für die Forschung verschaffen.

**EPS** Nächster Präsident der Europäischen Physikalischen Gesellschaft (EPS) ist **Professor Dr. Friedrich Wagner**, Wissenschaftliches Mitglied des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik (IPP), Teilinstitut Greifswald. Die EPS repräsentiert über achtzigtausend Physiker in 38 nationalen Mitgliedereinrichtungen und hat sich die Förderung der Physik in Europa zum Ziel gesetzt.

**GfH** Prof. Dr. Peter Propping übernahm den Vorsitz der Deutschen Gesellschaft für Humangenetik (GfH). Damit tritt er die Nachfolge vom Prof. Dr. Claus R. Bartram (Heidelberg) an, der die GfH in den letzten Jahren erfolgreich national und international positioniert hat. Prof. Propping ist Direktor des Instituts für Humangenetik am Universitätsklinikum Bonn.

**HIS** Der HIS-Aufsichtsrat (Hochschul-Informationssystem GmbH) hat **Prof. Dr. Rolf-Dieter Postlep** (Präsident der Universität Kassel) zum Vorsitzenden des HIS-Aufsichtsrats für die Amtsperiode 2006 - 2008 gewählt. Zum stellvertretenden HIS-Aufsichtsratsvorsitzenden wurde Ministerialdirigent **Christian Börger** (Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur) gewählt.

## EHRUNGEN

**Prof. Dr. Christoph Schalley**, Professor für Organische Chemie an der FU Berlin, wird für seine Untersuchungen nicht-kovalent gebundener Komplexe mittels Massenspektrometrie mit dem **Mattauch-Herzog-Preis** ausgezeichnet. Vergeben wird dieser mit 12 500 Euro dotierte Preis durch die Deutsche Gesellschaft für Massenspektrometrie (DGMS). Stifter des Preises ist die Firma Thermo Electron aus Bremen. **Dr. Jessica Loos**, Laborleiterin im Kompetenzzentrum der BASF, erhält den **Wolfgang-Paul-Studienpreis** für ihre Dissertation „Dissociative photoionization of carboxamides with tunable synchrotron radiation“. Auch diese Auszeichnung wird durch die DGMS vergeben und ehrt Diplom- und Doktorarbeiten auf dem Gebiet der Massenspektrometrie. Stifter des mit insgesamt 12 000 Euro dotierten Preises ist die Firma Bruke-Daltronic GmbH. Des Weiteren hat die DGMS für Leistungen bei der Entwicklung und Anwendung von instrumentellen Methoden der Massenspektrometrie den Chemiker **Prof. Dr. Bernhard Spengler** den mit 5000 Euro dotierten „**Life-Science-Preis**“ verliehen.



Klein



Spengler

Die European Physical Society hat auf ihrer Jahrestagung in Dresden den **Europhysics Prize 2006** verliehen. Die Preisträger sind: **Walter Metzner** vom Stuttgarter Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, **Antoine Georges** von der Ecole Polytechnique in Palaiseau, Frankreich, **Gabriel Kotliar** von der Rutgers University, USA, und **Dieter Vollhardt** von der Universität Augsburg. Der mit 51 000 Schweizer Franken dotierte Preis wird von dem Messtechnik-Unternehmen Agilent Technologies gestiftet und würdigt herausragende Leistungen auf dem Gebiet der Physik kondensierter Materie (Festkörper und Flüssigkeiten). Die vier Physiker werden für die Entwicklung und Anwendung der Dynamischen Molekularfeldtheorie geehrt.

Für seine Verdienste „um die Gegenwart und Zukunft einer der wichtigsten Forschungseinrichtungen in Europa und für die Hochenergiephysik insgesamt“ wurde der Vorsitzende des DESY-Direktoriums **Prof. Dr. Albrecht Wagner** (65) mit dem **Verdienstkreuz 1. Klasse des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland** ausgezeichnet. Prof. Wagner habe sich durch seine zahlreichen Kontakte in viele Länder um das Ansehen Deutschlands in der Welt verdient gemacht, heißt es in der Ordensbegründung. Wagner wurde 1991 an die Universität Hamburg und zum Forschungsdirektor von DESY berufen, seit 1999 ist er Vorsitzender des DESY-Direktoriums.

Für seine Arbeiten zur „Tip-enhanced Raman Spectroscopy“, kurz TERS genannt, erhält **Dr. Volker Deckert** vom ISAS, Institute for Analytical Sciences, den **Bunzen-Kirchhoff-Preis 2006** des Deutschen Arbeitskreises für Angewandte Spektroskopie. Deckert kombinierte ein Raman-Spektrometer mit einer winzigen, mit Silber bedampften Glasspitze. Damit lässt sich die chemische Zusammensetzung der unterschiedlichsten Materialien analysieren. Der Preis wird durch 2500 Euro von der Firma Perkin-Elmer unterstützt.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) und die Stiftung für die polnische Wissenschaft (FNP) verleihen in diesem Jahr zum ersten Mal den mit 50 000 Euro dotierten **Kopernikus-Preis**. Die Auszeichnung geht an die Pharmakologen **Prof. Eberhard Schlicker** von der Universität Bonn und **Prof. Barbara Malinowska** von der Universität Biaystok in Polen. Die beiden Organisationen würdigen alle zwei Jahre jeweils einen deutschen und einen polnischen Wissenschaftler für ihr Engagement in der wissenschaftlichen Zusammenarbeit.



## Ideen für morgen

Jugendliche und junge Erwachsene von 16 bis 28 Jahren werden aufgerufen, kreative Ideen für morgen einzureichen. Die Teilnehmer können sich bis zum **15. Mai 2006** bewerben. Ob Straßenaktion oder Designprojekt, Kunstobjekt oder Aufsatz, Theaterstück oder Zeitung. Eingereicht werden sollen die Ideen als Comic, Flashfilm, Videoclip, Zeichnung oder Textbeschreibung. Die besten zehn Teams nehmen an einem Zukunftscamp mit Projektplanung teil. Dabei stehen Ihnen ab Anfang Juni 2006 drei Monate lang Profis aus Theater, Kunst und Fernsehen zur Seite. Am 7. September 2006 haben die Teams dann die Gelegenheit, diese in Berlin der Öffentlichkeit vorzustellen. Der Ideenwettbewerb ist ein Projekt vom Rat für Nachhaltige Entwicklung mit Unterstützung der Bundeszentrale für politische Bildung. Weitere Informationen finden Sie unter [www.macht-es-wahr.de](http://www.macht-es-wahr.de).

## Weltoffene Universitäten

Die Alexander von Humboldt-Stiftung, die Deutsche Telekom Stiftung und der Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft starten einen Wettbewerb für weltoffene Universitäten in Deutschland. Gesucht werden Hochschulen, die mit neuen und originellen Ideen dafür sorgen, dass sich internationale Forscher in Deutschland willkommen fühlen und sich unter günstigen äußeren Bedingungen ganz auf ihre Arbeit konzentrieren können. Die drei Universitäten mit den besten Konzepten werden als „Welcome Centre für international mobile Forscher“ ausgezeichnet und erhalten jeweils bis zu 125 000 Euro zur Verwirklichung ihrer Ideen. Bewerbungen sind bis zum **21. Juli 2006** möglich. Informationen und Bewerbungsunterlagen finden Sie unter [www.welcome-centres.de](http://www.welcome-centres.de).

## Mit Weiterbildung gewinnen

Innovative Angebote im Bereich der beruflichen und betrieblichen Weiterbildung fördern und damit Signale setzen für neue Entwicklungen: Dies sind die Ziele des vom Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) in diesem Jahr zum siebten Mal ausgeschriebenen Weiterbildungs-Innovations-Preises (WIP). Vergeben werden bis zu fünf Preise mit jeweils 2500 Euro. An dem Wettbewerb können sich Bildungsdienstleister, Organisationen und Einrichtungen sowie Unternehmen aus dem In- und Ausland beteiligen, die innovative Konzepte zur beruflichen / betrieblichen Weiterbildung entwickelt haben. Die Konzepte können auf die Vermittlung von Fach-, Personal-, Sozial- oder

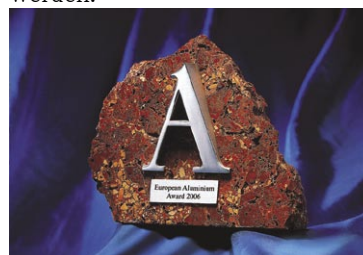
Methodenkompetenzen abzielen und zum Beispiel ein neues Profil mit neuen Qualifikationen vermitteln, traditionelle Qualifikationen neu kombinieren, ein Profil um neue Qualifikationen erweitern, neue zielgruppenspezifische Qualifizierungsprofile anbieten, neue Lehr-/Lernmethoden oder Formen der Lernorganisation einsetzen oder neue Konzepte der Qualifizierung im Prozess der Arbeit umsetzen. Einsendeschluss ist der **31.07.2006**. Die Preisverleihung erfolgt im Frühjahr 2007 auf der Bildungsmesse in Köln. Die Unterlagen und Teilnahmebedingungen können im Internet unter [www.bibb.de/wip](http://www.bibb.de/wip) oder per Fax 01888 10 666 1107 abgerufen werden.

## Nachwuchs fördern

Die VolkswagenStiftung legt zwei neue Förderangebote auf: Erstens die „European Platform for Life Sciences, Mind Sciences, and the Humanities“. Diese „Plattform“ soll die Vernetzung der Nachwuchsforscher vorantreiben, die im Grenzbereich von kognitiven Neurowissenschaften sowie Geistes- und Gesellschaftswissenschaften arbeiten, und zwar explizit über Disziplinen- und Ländergrenzen hinweg. Die ausführlichen Bedingungen für diesen Wettbewerb sind unter dem Menüpunkt [www.volkswagenstiftung.de/foerderung/offen-fuer-aussergewoehnliches.html](http://www.volkswagenstiftung.de/foerderung/offen-fuer-aussergewoehnliches.html) zu finden. Und zweitens die „Schumpeter Fellowships“ ein personenbezogenes Angebot für hoch qualifizierte Nachwuchswissenschaftler in den Wirtschafts-, Sozial- und Rechtswissenschaften. Gefördert werden Wissenschaftler, die mit ihren Projekten Neuland erschließen wollen. Pro Jahr wird die Stiftung etwa acht bis zehn Schumpeter Fellowships vergeben; erstmaliger Bewerbungsschluss ist der **31. März 2007**. Weitere Informationen unter [www.volkswagenstiftung.de/foerderung/herausforderungen.html](http://www.volkswagenstiftung.de/foerderung/herausforderungen.html).

## Neues aus Aluminium

Designer, Hersteller, Baufirmen und Konstrukteure mit einem innovativen Produkt aus Aluminium können sich in verschiedenen Kategorien um den 5. European Aluminium Award 2006 Innovations in Industrial Design & Engineering bewerben. Dieses Jahr werden 6 Preise in 2 Kategorien vergeben: consumer products (Design, Dauerhaftigkeit und Innovation) und industrial products (Transportindustrie, Bau und Konstruktion, Maschinenbau und Elektronik). Einsendeschluss ist der **15. Juni 2006**. Der Award wird auf der Weltmesse Aluminium 2006 überreicht, die vom 20.-22. September auf dem Messegelände in Essen stattfindet. Teilnahmebedingungen und Anmeldeformulare werden auf Anfrage kostenlos zugesandt oder können unter [www.aluminium-award.com](http://www.aluminium-award.com) heruntergeladen werden.



# Sind wir, was wir aßen?

Röbbe Wünschiers, Köln

Ohne Zweifel hat die Ernährung einen wesentlichen Einfluss auf die Konstitution von Lebewesen. Im täglichen Leben begegnet uns dies sowohl bei der Pflege von Pflanzen als auch an kolorienreichen Festtagen. Wie steht es aber um den Einfluss der atomaren Zusammensetzung der Nahrung über längere Zeiträume? Inkorporieren Mikroorganismen, die in schwefelreichen Quellen leben, mehr Schwefel in ihre Biomasse? Bis zu welchen Grenzen können sich Lebewesen von der atomaren Komposition der Umwelt isolieren? Und schließlich: Beeinflussen Lebensmitteladditive wie Folsäure die Evolution des Menschen?

Grundsätzlich ist jedes Lebewesen bestrebt, sein inneres Milieu innerhalb bestimmter Grenzen aufrecht zu erhalten. Dieser Regulationsprozess wird als Homöostase bezeichnet (Abb. 1). Zwei extreme Situationen sind vorstellbar. Zum einen könnte das innere Milieu überhaupt nicht reguliert sein. In diesem Fall entspräche die Zusammensetzung eines Lebewesen, aus atomarer Sicht, exakt der Zusammensetzung der aufgenommenen Nährstoffe – das Lebewesen ist was es isst. Diesem Extremfall wird man aus einsichtigen Gründen in der belebten Natur nicht begegnen. Zum anderen könnte ein Lebewesen sein inneres Milieu vollständig konstant halten. In diesem Fall der strikten Homöostase wäre die Zusammensetzung des Lebewesens also vollkommen von der Umwelt unabhängig. Auch diesen Extremfall kann man nicht beobachten. Einzig die Viren, die allerdings aus vielerlei Gründen nicht zu den Lebewesen gezählt werden, haben eine eindeutige, von der Umwelt unabhängige Zusammensetzung. Nur aus diesem Grunde sind Viren der kristallographischen Strukturanalyse zugänglich (Abb. 2). Der Grund, dass Lebewesen sich keine strikte Homöostase leisten, liegt in dem immensen Energiebedarf begründet, der für die Kontrolle und Aufrechterhaltung eines konstanten Milieus erforderlich wäre.

Für die Betrachtung der Zusammensetzung von Lebewesen spielt der Beobachtungszeitraum eine

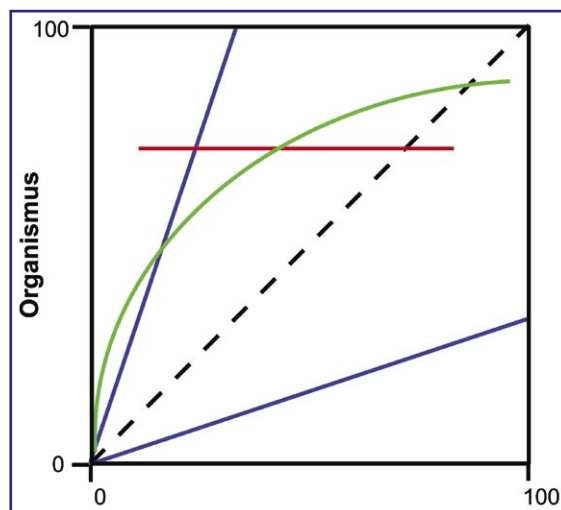
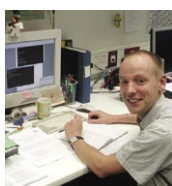
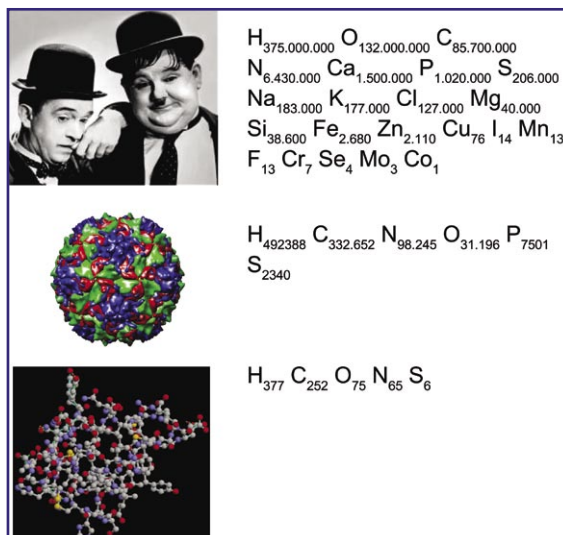


Abb. 1: Homöostase – Einfluss der stofflichen Zusammensetzung der Umwelt auf einen Organismus. Schwarz-gestrichelte Linie: keine Homöostase; die Zusammensetzung des Organismus entspricht der Umwelt. Blau: positive (oben) oder negative (unten) Homöostase; die Konzentration der verfügbaren Verbindungen wird aktiv angepasst. Rot: Strikte Homöostase; die Konzentration einer Verbindung wird über weite Bereiche konstant gehalten, andernfalls kommt es zu Tod. Grün: Dynamische Homöostase; der Grad der Homöostase hängt von der Umweltkonzentration der Verbindung ab (alle Abb.: Wünschiers).

Abb. 2: Organismische Stöchiometrie – Während die stoffliche Zusammensetzung der meisten Organismen von vielen Faktoren abhängig ist und während der Lebensspanne variiert, ist sie für Viren und Proteine konstant. Daher kann z.B. für den Menschen nur eine relative, auf Kobalt bezogene, Summenformel, für den Poliovirus und für Insulin dagegen eine absolute Summenformel angegeben werden.



### Der Autor

Privatdozent Dr. Röbbe Wünschiers studierte Biologie in Marburg und promovierte dort in Pflanzenphysiologie. Seit 2002 lehrt er an der Universität Köln Bioinformatik und am Cologne University Bioinformatics Center (CUBIC) Genetik. Für die CLB schreibt er seit 1997.

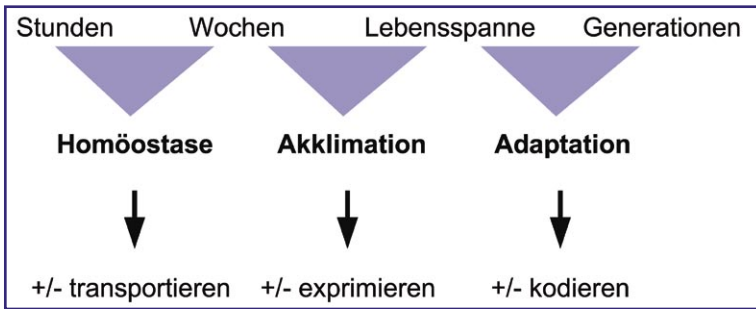
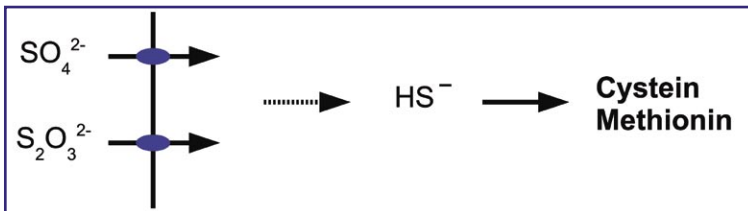


Abb. 3: Anpassung – Anpassungen an die stoffliche Zusammensetzung der Umwelt können in verschiedenen Zeiträumen erfolgen. Die Anpassungen betreffen entweder den Stofftransport, die Genexpression oder das Genom.

Abb. 4: Schwefelassimilation – Nach der Aufnahme von Schwefel in Form von Sulfaten oder Thiosulfaten durch die Zellmembran wird dieser auf die Stufe von Schwefelwasserstoff reduziert und in die Aminosäuren Cystein und Methionin inkorporiert.



entscheidende Rolle. Kurzfristige Schwankungen der Komposition unmittelbar nach der Nahrungsaufnahme sind zu erwarten. Wie aber verhält sich der Einfluss über einen längeren Zeitraum (Abb. 3)? Kurzfristige Effekte werden über die Homöostase, also den Stofftransport in und aus den Zellen reguliert. Längerfristige Anpassungen betreffen in der Regel die Genexpression. So verändert sich die Genexpression der Haut unter dem Einfluss von Sonnenlicht, um schützendes Melanin zu bilden. Ebenso wird sich ein gut trainierter Gewichtheber bezüglich seiner Muskel- und Knochenmasse deutlich von einem Marathonläufer unterscheiden. Über diese Akklimationsprozesse hinaus beobachten wir eine Anpassung, welche die Vererbung betrifft, also auf der Ebene der DNA, des Genoms, stattfindet. Im folgenden wird überwiegend von solchen längerfristigen Anpassungen die Rede sein. Um individuelle Variationen der atomaren Zusammensetzung von Organismen (Gewichtheber, Sonnenbräune) weitgehend auszublenken, werden wir uns im Folgenden zudem auf die Zusammensetzung der Proteine und Nukleinsäuren (DNA, RNA) konzentrieren. Den Grund möchte ich am folgenden Analogon erläutern. Ein Haus übt immer eine Schutzfunktion für seine Bewohner aus. Abhängig von der Verfügbarkeit der Baustoffe können Häuser aber ganz unterschiedliche stoffliche Zusammensetzungen haben. Beispielsweise bestehen sie in Thailand überwiegend aus Bambus, in Kenia aus Lehm, in Schweden aus Holz oder in Irland aus Stein. Gleichsam können Proteine aus unterschiedlichen Aminosäuren, respektive unterschiedlichen

Atomen zusammengesetzt sein, und dennoch dieselbe Funktion erfüllen. Grundsätzlich bietet sich Organismen also die Möglichkeit, ihre Protein- bzw. Enzymkomposition entsprechend der Verfügbarkeit an „Baustoffen“ zu variieren. Betrachten wir ein konkretes Beispiel.

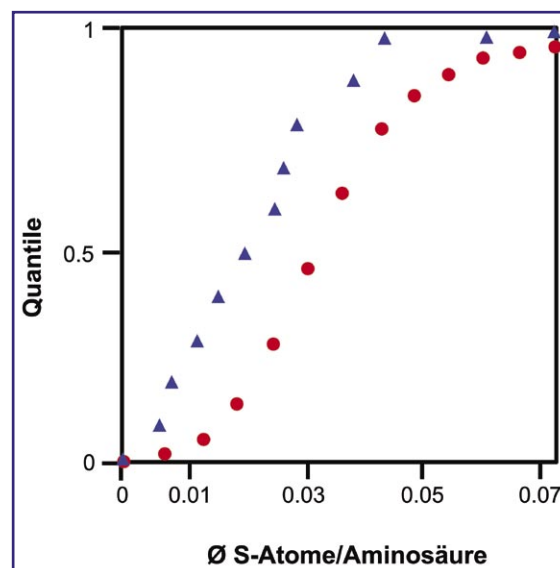


## Schwefelassimilation bei Mikroorganismen

Die meisten Mikroorganismen sind in der Lage anorganischen Schwefel in Form von z.B. Sulfaten oder Thiosulfaten aufzunehmen und nach einer Reihe enzymatisch katalysierter Reduktionsschritte in die Aminosäuren Cystein und Methionin einzubauen (Abb. 4). Diesen Prozess bezeichnet man als Schwefelassimilation. Cystein und Methionin sind die einzigen schwefelhaltigen

proteinogenen Aminosäuren. Baudouin-Cornu und Mitarbeiter untersuchten den Schwefelgehalt von Enzymen, die unmittelbar an der Schwefelassimilation beteiligt sind [1]. Dabei machten sie sich die Tatsache zunutze, dass die Genome und somit alle Proteinsequenzen bei den untersuchten Organismen vollständig analysiert sind. Die Ergebnisse sind in Abbildung 5 zusammengefasst.

Abb. 5: Schwefelassimilation – Aufsummierte Verteilung (Quantile) der durchschnittliche Anzahl von Schwefelatomen pro Aminosäure bei schwefelassimilierenden (blaue Dreiecke) und nicht-schwefelassimilierenden (rote Kreise) Enzymen. Verändert nach [1].



Enzym	Identität	Methioine	Cysteine	Expression
<b>Pyruvatde-carboxylase</b>	84%	12 4	4 1	0.18 >20.0
<b>Enolase</b>	95%	9 5	1 1	0.7 2.5
<b>Aldehyde-hydrogenase</b>	55%	11 7	6 4	0.23 8.0

Tab. 1: Schwefelassimilation – Sequenzidentität, Anzahl schwefelhaltiger Aminosäuren und Expressionsunterschied von Isoenzymen bei der Hefe. Der Expressionswert gibt das Verhältnis der Genexpression unter Schwefelmangel- gegenüber Normalbedingungen wieder. Daten aus [2].

Gezeigt ist die aufsummierte Verteilung der durchschnittlichen Anzahl von Schwefelatomen pro Aminosäurerest bei schwefelassimilierenden und nicht-schwefelassimilierenden Enzymen. 50% aller schwefelassimilierenden Proteine enthalten ca. 0.02 Schwefelatome pro Aminosäure, während 50% aller nicht-schwefelassimilierenden Enzyme über 0.03 Schwefelatome pro Aminosäure enthalten. Deutlich zeigt sich, dass die an der Schwefelaufnahme, -reduktion und -inkorporation beteiligten Enzyme weniger Schwefel enthalten als alle übrigen Enzyme. Unter Schwefelmangelbedingungen kommt der Assimilation von anorganischem

Schwefel eine zentrale Funktion zu. Während andere Stoffwechselfunktionen heruntergefahren und dadurch der Schwefelverbrauch in Enzymen reduziert werden kann, muss gerade die Schwefelassimilation verstärkt werden. Folgerichtig macht es Sinn, schwefelassimilierende Proteine schwefelarm zu halten. Dieser Befund, der insbesondere für die Bäckerhefe und das Darmbakterium Escherichia coli nachgewiesen wurde, gilt ebenso für die an der Stickstoffassimilation beteiligten Enzyme in Bezug auf den Stickstoffgehalt [1]. Höhere Organismen, wie z.B. die Säugetiere, sind nicht in der Lage anorganischen Schwefel zu assimilieren. Schwefelmangel stellt für diese Lebewesen eine unmittelbare Lebensbedrohung dar. Folglich besteht bei ihnen nicht die Möglichkeit der Schwefelesparung.

Dies zeigt sich auch bei einem Vergleich des Schwefelgehaltes der an der Cysteinbiosynthese beteiligten Cystathionin-gamma-Lyase (Abb. 6). Beim Menschen und der Ratte enthält dieses Enzyme wesentlich mehr schwefelhaltige Aminosäuren als die Variante aus der Hefe. Diese Ergebnisse belegen, dass im Verlauf der Evolution von der Einsparung von Schwefel und Stickstoff im Proteom, wenn möglich und nötig, gebraucht gemacht wurde. Der bis hierhin beschriebene Effekt ist statischer Natur. Welche Möglichkeiten haben Organismen nun, sich dynamisch an den Mangel von bspw. Schwefel anzupassen?

Abb. 6: Schwefelassimilation – Aminosäuresequenzen der an der Cysteinbiosynthese beteiligten Cystathionin-gamma-Lyase vom Menschen, der Ratte und der Hefe. Schwefelhaltige Aminosäuren sind farblich hervorgehoben. Verändert nach [1].

```

QEKDASSQGFLPHFQHFATQAIHVGQDPEQWTSRAVVPPIISLSTTFKQGAPGQHSG - FEYSRSGNPTRNCLEK
- QKDASSSGFLPSFQHFATQAIHVGQEPQWSSRAVVLPIISLATTFKQDSPGQSSG - FVYSRSGNPTRNCLEK
- - - - - TLQESDKFATKAIHAGEHVDVHGS - - VIEPIISLSTTFKQSSPANPIGTYEYSRSQNPENRELER

AVAALDGAKYCLAFASGLAATVTITHLKAGDQII CMDDVYGGTNRYFRQVASEFGLKISFVDCSKIKLLEAA
AVAALDGAKHCLTFASGLAATTTITHLKAGDEVI CMDEVYGGTNRYFRRVASEFGLKISFVDCSKTKLLEAA
AVAALENAQYGLAFSSGSATTATILQSLPQGSHAVSIGDVYGGTHRYFTKVANAHGVETSFTN - DLLNDLPQL

ITPETKLVWIETPTNPTQKVIDIEGCAHIVHKHG - - DIILVVDNTFMSPFYFQRPLALGADISMYSATKYMNG
ITPQTKLVWIETPTNPTLKLADIKACAQIVHKHK - - DIILVVDNTFMSAYFQRPLALGADICMCSATKYMNG
IKENTKLVWIETPTNPTLKVTDIQKVADLIKHAAGQDVLVVDNTFLSPYISNPLNFGADIVVHSATKYING

HSDVVMGLVSVNCESLHNRLRFLQNSLGAVPSPIDCYLCNRGLKTLHVRMEKHFKNGMVAQAFLASN - PWVEK
HSDVVMGLVSVNSDDLNERLRFLQNSLGAVPSPFD CYLCCRGLKTLQIRMEKHFNRNGMAVARFLASN - PRVEK
HSDVVLGVLATNNKPLYERLQFLQNAIGAI PSPFDLWTHRGLKTLHLRVRQAALSANKIAEFLAADKENVVA

VIYPGLPSPHQHELKVRQCTGCTG - - MVTFYIKGTLQHAEIFLKNLKLFTLAESLGGFESLAELPAIMTHASV
VIYPGLPSPHQHELAKRQCTGCPG - - MVSFYIKGTLQHAQVFLKNIKLFALAESLGGYESLAELPAIMTHASV
VNYPGLKTHPNYDVVLKQHRDALGGCMISFRIKGGAEAAASKFASSTRLFTLAESLGGIESLLEVPVAVMTHGGI

LKNDRDVLGISDTLIRLSVGLLEDEEDLLEDLQALKAHPPSGIHS      Mensch (19/405)
PEKDRATLGISDTLIRLSVGLLEDEKDLLEDLQALKAHPPSGIHS      Ratte (21/398)
PKAREASGVFDDLVRISVGIEDTDDLLEDIKQALKQATN - - - - - Hefe (2/394)
    
```

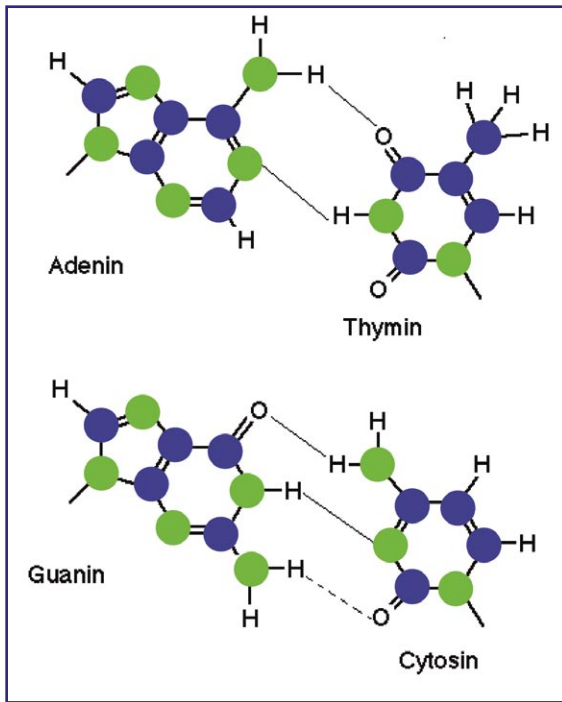


Abb. 7: Stickstoff im Genom – Beteiligung von Kohlenstoff (blau) und Stickstoff (grün) am Aufbau der DNA.

Tabelle 1 sind beispielhaft drei Isoenzyme der Hefe aufgeführt, die sich insbesondere hinsichtlich der Anzahl schwefelhaltiger Aminosäuren unterscheiden. Die letzte Spalte gibt an, wie stark der Expressionsunterschied der Isoformen bei Schwefelmangel gegenüber Normalbedingungen ist. So beträgt die Expression der Pyruvatdecarboxylase mit 12 Methioninen und 4 Cysteinen unter Schwefelmangel etwa 1/5 (0.18) der Expression unter Normalbedingungen, während die schwefelarme Isoform mit 4 Methioninen und 1 Cystein unter Schwefelmangel über 20-fach stärker als unter Normalbedingungen exprimiert wird.

Von vielen Enzymen des zentralen Stoffwechsels sind schwefelarme Isoformen vorhanden, die alle entsprechend reguliert werden. Betrachtet man die Gesamtheit aller Proteine, das Proteom, so kann festgestellt werden, dass bei der Hefe unter Schwefelmangel etwa 30% weniger Methionin und Cystein „exprimiert“ wird [2]. Auf der Ebene der Proteine gibt es also verschiedene Möglichkeiten Schwefel, aber auch Stickstoff, einzusparen. Welche Möglichkeiten bestehen aber auf der Ebene der DNA und RNA?

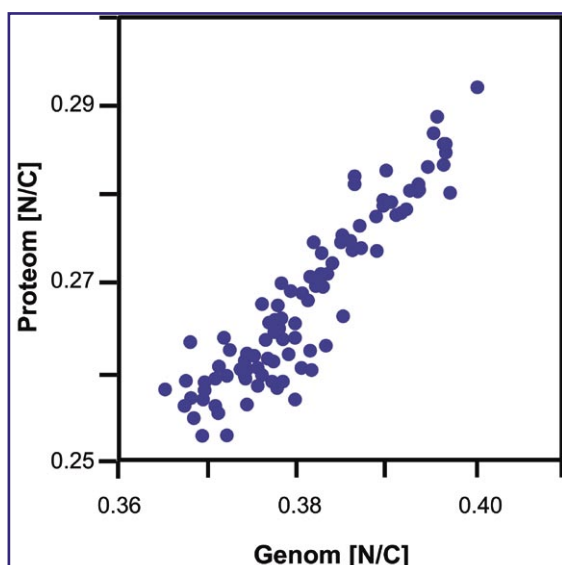
### Regulation der „Schwefelexpression“

Neben dem erblich festgelegten geringen Schwefelgehalt schwefelassimilierender Enzyme reagiert die Hefe auch aktiv auf den Mangel von Schwefel im Nährmedium [2]. Eine besondere Rolle kommt dabei den Isoenzymen zu. Als Isoenzyme werden Enzyme eines Organismus bezeichnet, die zwar dieselbe Funktion erfüllen, sich in der Aminosäuresequenz jedoch voneinander unterscheiden. In

### Bedeutung der DNA-Sequenz

Ganz offensichtlich kann weder auf der Ebene der DNA, noch auf der Ebene der RNA Schwefel eingespart werden, da dieses Element keinen Anteil an denselben hat. Stickstoff ist dagegen ein wesentlicher Bestandteil der Nucleinsäuren. Abbildung 7 zeigt die atomare Zusammensetzung der vier am DNA-Aufbau beteiligten Basen hinsichtlich der Kohlenstoff- und Stickstoffatome. Das molare Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff beträgt bei Guanin (G) und Adenin (A) 5/5, bei Cytosin (C) 3/4 und bei Thymin (T) 2/5. Da sich in der DNA-Doppelhelix G immer mit C und A immer mit T paart, genügt es, sich diese Paare anzusehen. Ein GC-Paar hat 8 Stickstoff- und 7 Kohlenstoffatome, während ein AT-Paar 9 Stickstoff- und 10 Kohlenstoffatome enthält. Eine wichtige Messgröße in der Genetik ist der GC-Gehalt einer DNA-Sequenz. So hat die Sequenz „ATCTAGTCAGTCGGCTATTATCTACTGCTA“ einen GC-Gehalt von 40% (der komplementäre Gegenstrang ist nicht dargestellt).

Abb. 8: Stickstoff im Genom – Stickstoff/Kohlenstoff-Verhältnis der Genome in Relation zu den zugehörigen Proteomen von 94 Bakterien. Daten aus [3].



Nun kann man feststellen, dass ein hoher GC-Gehalt positiv mit dem Stickstoffgehalt aber negativ mit dem Kohlenstoffgehalt der DNA korreliert. Grundsätzlich besteht also die Möglichkeit, über den GC-Gehalt den Stickstoffgehalt einer DNA-Sequenz zu variieren. Ein in der Ökologie häufig verwendet Maß für den Stickstoffgehalt einer Entität ist das Kohlenstoff/Stickstoff-Verhältnis. Für die Abbildung 8 wurde dieses Verhältnis für 94 bakterielle Genome und der entsprechenden Proteome berechnet und gegeneinander aufgetragen [3].

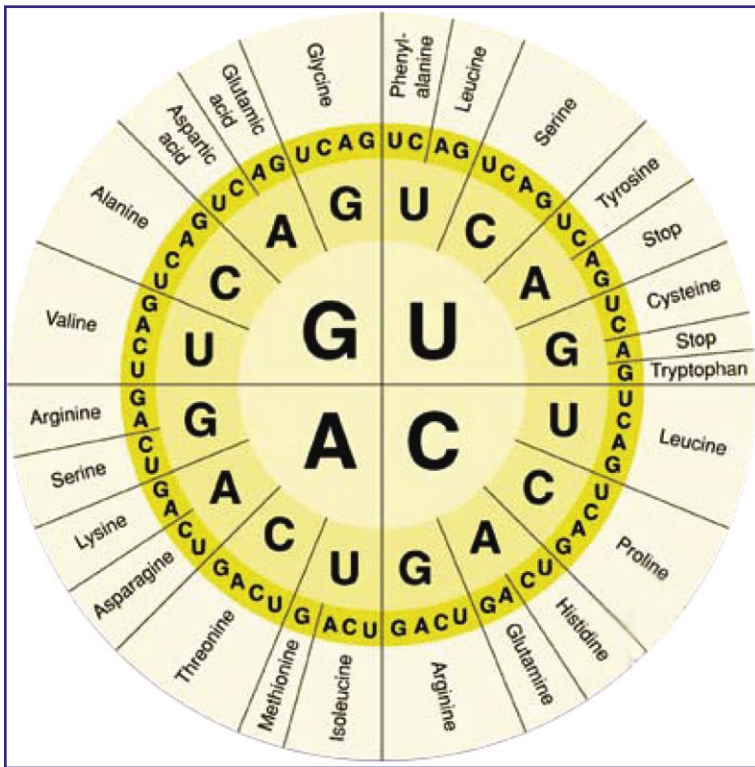


Abb. 9: Genetischer Kode – Die Abfolge von drei (Triplet) der vier Nucleotidbasen Guanin (G), Uracil (U), Adenin (A) und Cytosin (C) bestimmt die kodierte Aminosäure. So kodiert das Triplet UGG für die Aminosäure Tryptophan.

Hierbei zeigt sich deutlich eine positive Korrelation. Daraus ist zu schließen, dass ein stickstoffarmes Proteom auch ein stickstoffarmes Genom nach sich zieht. Oder – anders ausgedrückt – wenn Stickstoff aufgrund seiner Verfügbarkeit eingespart werden muss, dann betrifft dies sowohl das Genom als auch das Proteom. Der Evolutionsdruck auf diese Einsparung war so groß, dass er bis auf die Ebene des genetischen Kodes wirkt (Abb. 9). Eine Kombination aus drei der vier am Aufbau der DNA bzw. RNA beteiligten Basen Adenin, Thymin (in der RNA durch Uracil ersetzt), Guanin und Cytosin kodieren für eine Aminosäure bzw. ein Stopkodon. Vergleicht man das Stickstoff/Kohlenstoff-Verhältnis der Triplets mit dem der korrespondierenden Aminosäure, so fällt auf, dass stickstoffarme Aminosäuren von stickstoffarmen Triplets kodiert werden [3] (Abb. 10). Die Annahme, dass der Evolutionsdruck, der zu dieser Korrelation geführt hat, alt ist, beruht darauf, dass die Verfügbarkeit von Stickstoffverbindungen zu Beginn der biologischen Evolution stark limitiert war – und in vielen Habitaten immer noch ist.

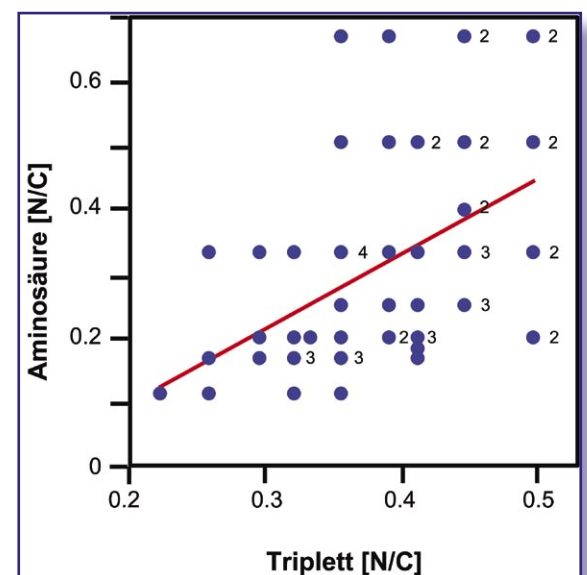
### Epigenetik und Folsäure

Alle bislang betrachteten Reaktionen auf eine veränderte Nährstoffverfügbarkeit, ob als mittelfristige Reaktion oder als Anpassung im evolutiven Maßstab, hatten ihre Wurzel im Genom, also der

DNA-Sequenz. Auch die veränderte Expression von Isoenzymen basiert letztlich auf DNA-Sequenzen, „Promotersequenzen“, an denen Transkriptionsfaktoren binden und die ihrerseits die Stärke der Expression eines oder mehrerer nachfolgender Gene regulieren. Allerdings gibt es zusätzlich zum Genom eine Form der Vererbung, die unabhängig von der DNA-Sequenz ist. Diese Form der Vererbung wird als Epigenetik bezeichnet. Es gibt verschiedene molekulare Ursachen für die epigenetische Vererbung. Ein typischer Mechanismus ist die Methylierung von Cytosinen in Cytosin-Guanin-Abfolgen (Abb. 11). Das Methylierungsmuster wird bei der Verdoppelung (Replikation) der DNA auf die beiden Tochterstränge vererbt. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass auch bei der Zellteilung das Methylierungsmuster der DNA auf die Tochterstränge übertragen wird. Die einzige Ausnahme bildet die meiotische Zellteilung bei der Bildung der Keimzellen (Spermien und Eizellen). Hierbei wird die DNA in der Regel, jedoch nicht immer, demethyliert. Sind DNA-Abschnitte, die für Proteine kodieren, methyliert, so können diese nicht exprimiert werden. Der Grund dafür ist, dass die Methylgruppen die Transkription sterisch behindern. Dies erklärt auch, warum Gene, die für Enzyme des Grundstoffwechsels kodieren, niemals methyliert vorgefunden werden – eine Methylierung dieser Gene wäre für die Zelle letal.

Was die Methylierung verursacht, ist bislang nur unzureichend erforscht. Nachgewiesen wurde jedoch der molekulare Mechanismus (Abb. 12). Von großer Bedeutung innerhalb des Methylgruppenmetabolismus im allgemeinen und für die DNA-

Abb. 10: Stickstoff im Genom – Stickstoff/Kohlenstoff-Verhältnis von einzelsträngigen RNA-Tripletts in Relation zur der vom Triplet kodierte Aminosäure. Zahlen an Datenpunkten deuten mehrfaches Vorkommen der Verhältnisse an. Die Regressionsgerade ist rot dargestellt. Daten aus [3].



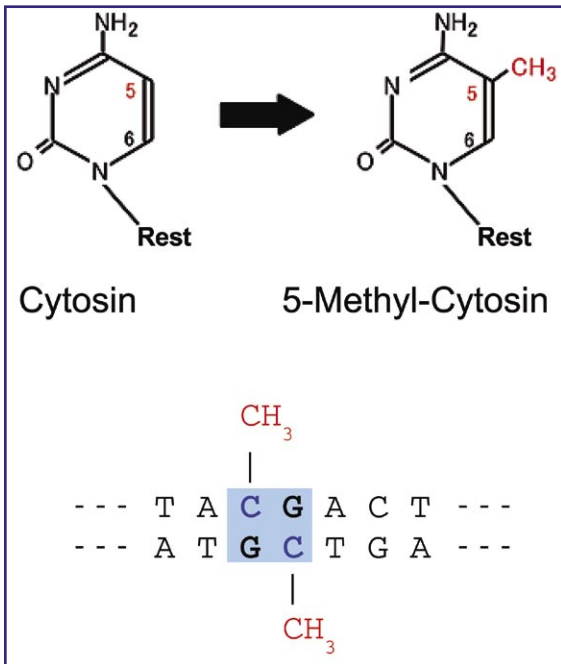


Abb. 11: Epigenetik – An Cytosin-Guanin-Abfolgen wird das Cytosin enzymatisch an beiden DNA-Strängen methyliert. Dieses Methylierungsmuster der DNA wird bei der Zellteilung auf die Tochterzellen vererbt.

Methylierung im speziellen sind die essentiellen Nährstoffe Folsäure, Cholin, Betain und Vitamin B12. Stellt man sich die DNA-Methylierung wie ein chemisches Gleichgewicht vor, dann müsste ein Überschuss an Folsäure und Co. in der Nahrung eine vermehrte DNA-Methylierung zur Folge haben. Dieser Effekt konnte in der Tat nachgewiesen werden.

Abb. 12: Epigenetik – Ausschnitt aus dem Stoffwechsel von Methylgruppen. Folsäure, Cholin, Betain und Vitamin B12 sind essentielle Bestandteile der Nahrung. Der blau gefärbte Pfeil markiert die von der Methylentetrahydrofolat-Reduktase katalysierte Reaktion. THF=Tetrahydrofolat; SAM=S-Adenosylmethionin; SAH=S-Adenosylhomocystein

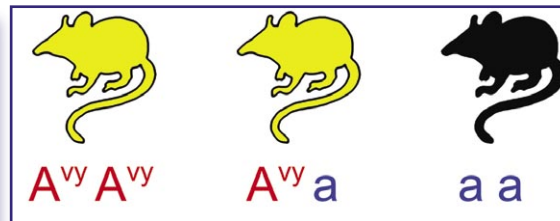
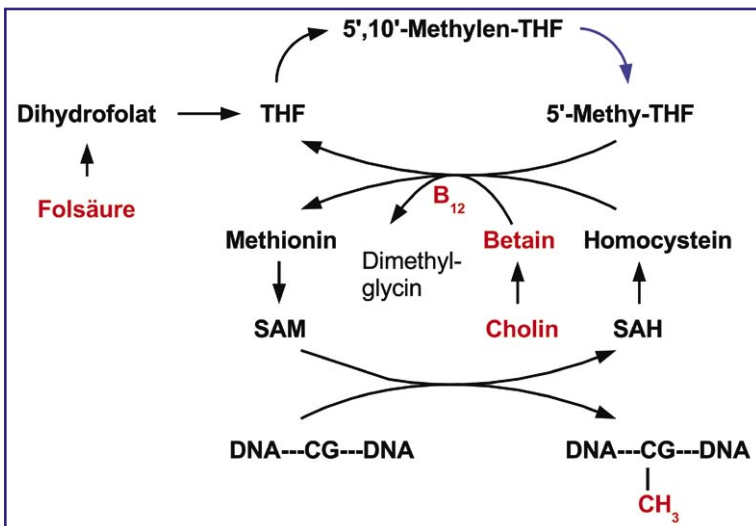


Abb. 13: Epigenetik – Die dominante Variante des agouti Gens Avy bewirkt eine gelbe Fellfärbung bei Mäusen.

Mäuse tragen das Gen agouti, welches für die Fellfarbe verantwortlich ist (Abb. 13). Die rezessive Form dieses Gens (Allel a) sorgt für eine schwarze Fellfarbe. Nur Mäuse, die homozygot dieses Allel tragen, deren Genotyp also aa ist, sind schwarz. Das Allel A bewirkt von schwarz abweichende Fellfarben. Von diesem Allel gibt es eine Variation, genannt Avy (viable yellow), das dominant ist und unter anderem eine gelbe Fellfarbe hervorruft. Desweiteren zeichnet sich diese Variante dadurch aus, dass die für seine Expression verantwortliche Promoterregion verändert ist. Dadurch wird es nicht nur in der Haut, sondern in allen Körperzellen der Maus exprimiert. Außerdem ist die Promoterregion von Avy der DNA-Methylierung zugänglich. Der heterozygote Genotyp Avya ist daher einer Analyse der DNA-Methylierung zugänglich: Ist die Promoterregion von Avy methyliert und das Gen somit fast vollständig ausgeschaltet (eine Restaktivität bleibt immer bestehen), dann überwiegt der Effekt des sonst rezessiven a Allels und die Fellfarbe der Mäuse ist fast schwarz. Im umgekehrten Fall dominiert der Effekt des Avy Allels und die Fellfarbe ist gelb. Wolff und Mitarbeiter konnten Ende der neunziger

Jahre zeigen, dass die Fellfarbe der Avya Mäuse von der Ernährung der Mütter während der Schwangerschaft, insbesondere von der Verfügbarkeit der Methylgruppenlieferanten Folsäure, Cholin, Betain und Vitamin B12 abhängig ist [4].

Dies deutet in der Tat darauf hin, dass sich die DNA-Methylierung, zumindest im Falle des Avy-Gens in einem chemischen Gleichgewicht befindet, das zugunsten verstärkter DNA-Methylierung verschoben werden kann. Diese bei Mäusen gemachte Entdeckung hilft im Nachhinein auch, beobachtete Vererbungsphänomene beim Menschen zu verstehen. So brachten bspw. schwangere Frauen, die während des zweiten Weltkriegs hungern mussten, nicht nur untergewich-



tige Kinder zur Welt, sondern die Kindeskindern erkrankten später besonders häufig an Diabetes, Fettsucht, Herz-Kreislauf Erkrankungen und Krebs [5]. Der Nährstoffmangel der schwangeren Mütter wirkte sich also durch epigenetische Effekte bis in die Enkelgeneration aus. Wir haben es hier demnach mit einer Vererbung zu tun, die dem von Lamarck vorgeschlagenen Mechanismus entspricht. Diese sollte aber nicht als ein Wiederaufleben des Lamarckismus missverstanden werden. Lamarck wollte durch die Vererbung erworbener Eigenschaften auf die Nachkommen die gesamte Evolution erklären, während sie tatsächlich nur auf einen Spezialfall der Vererbung, die Epigenetik, zutrifft. Welche Schlüsse in Bezug auf die menschliche Ernährung und den Effekt von Lebensmittelzusätzen können und müssen wir aus der epigenetischen Wirkung der Folsäure ziehen?

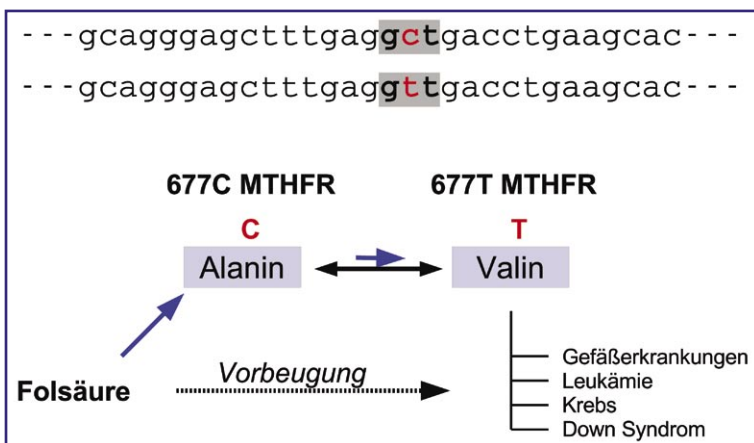
### Lebensmitteladditive – Eine Zeitbombe?

Wir leben in einer Zeit, in der das Bewusstsein für gesunde Nahrung in der westlichen Welt weit verbreitet ist. Die bewusste Ernährung führt aber nicht nur dazu, dass bevorzugt vollwertige Lebensmittel konsumiert werden, sondern auch dazu, dass Lebensmittel mit Zusätzen aufgewertet werden sollen. Diese, von der Lebensmittelindustrie propagierten funktionellen Lebensmittel (functional food) sollen vor Mangelerscheinungen schützen und dem Verbraucher ein gesundes Lebensgefühl vermitteln. In einigen Ländern ist der künstliche Zusatz von Vitaminen und anderen Nährstoffen zu Lebensmitteln sogar gesetzlich vorgeschrieben. So wird in den USA Mehl mit Folsäure versetzt. Grundsätzlich ist Folsäure ein essentieller Bestandteil der Nahrung

und wird in Deutschland schwangeren Frauen in Form von Tabletten als Nahrungsergänzung empfohlen. Folsäuremangel konnte mit einer Reihe von Erkrankungen in Verbindung gebracht werden, u.a. mit verschiedenen Krebsarten und Alzheimer. Besonders betroffen sind Menschen, die eine seltene Genvariante (Allel) der Methylentetrahydrofolat-Reduktase (MTHFR) tragen (Abb. 12). Bei diesem Allel, 677T-MTHFR genannt, ist an Position 677 der Gensequenz ein Cytosin durch ein Thymin ausgetauscht. Dieser Austausch betrifft die zweite Position des für Alanin kodierenden Triplets GCT, das infolge dieses Basenaustausches nun für Valin kodiert (Abb. 9 & 14). Träger der 677T-MTHFR Genvariante (etwa 0.2% der US-amerikanischen Bevölkerung) leiden erheblich häufiger an Erkrankungen, die sonst durch Folsäuremangel verursacht werden. Daher kann der Erkrankung dieser Menschen durch die Verabreichung erhöhter Folsäuredosen mit der Nahrung vorgebeugt werden. Eine Studie konnte allerdings belegen, dass eine konstant erhöhte Zufuhr von Folsäure zu einer bevorzugten Selektion des defekten 677T-MTHFR Allels in der Bevölkerung führt [6]. Das bedeutet, dass Einzelindividuen, die Träger des defekten Allels sind, mit erhöhten Folsäuregaben geholfen ist. Für die gesamte Bevölkerung aber wirkt sich eine erhöhte Folsäureverabreichung erheblich negativ aus, ein Effekt der nicht kurzfristig, sondern nur über mehrere Generationen hinweg zu beobachten ist.

Ich hoffe, ich konnte mit den vorgestellten Beispielen aus so unterschiedlichen Organismen wie Bakterien, Hefen und Säugetieren die Wirkung des Nährstoffangebots in verschiedenen Zeithorizonten verdeutlichen. Mittlerweile gibt es ein eigenes Forschungsgebiet, nutritional genomics, das sich den Wirkungen von Lebensmitteln auf Genome widmet. Ganz sicher sind wir, was wir aßen – und nachfolgende Generationen werden sein, was wir essen! Diese Tatsache sollten wir beachten, wenn es um so ehrgeizige Projekte wie das Design neuer Lebensmittel oder die Nahrungsmittellieferungen in die Dritte Welt geht. **CLB**

Abb. 14: Epigenetik – Ein Basenaustausch von Cytosin zu Thymin im Gen der Methylentetrahydrofolat-Reduktase des Menschen führt zur Bildung einer Enzymvariante, die mit einer Reihe von Erkrankungen in Verbindung gebracht wird. Dem Ausbruch der Erkrankungen kann durch verstärkte Gaben von Folsäure vorgebeugt werden. Gleichzeitig bewirkt die übermäßige Verabreichung von Folsäure eine bevorzugte Selektion der defekten Genvariante.



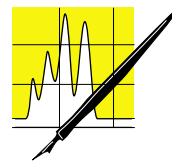
#### Literatur

- [1] Baudouin-Cornu et al. (2001) Science 293: 297
- [2] Fauchon et al. (2002) Mol. Cell 9:713
- [3] Bragg & Hyder (2004) Proc. R. Soc. Lond. B 271: S374
- [4] Wolff et al. (1998) FASEB J. 12: 949
- [5] Lumey (1992) Paediatr. Perinat. Epidemiol. 6: 240
- [6] Lucock & Yates (2005) Nature 6:235



## Eine Aufgabe der Kommunikation

# Die CLB eröffnet den Wettbewerb „Jugend lehrt“



**M**öchtet ihr zeigen, dass ihr Verständnis für Naturwissenschaft und Technik habt? Ihr gehört aber nicht zu den „Tüftlern und Bastlern“, die beim Wettbewerb „Jugend forscht“ mitmachen? Jetzt gibt es auch für euch eine Plattform: Die CLB eröffnet den Wettbewerb „Jugend lehrt“. Das Preisgeld beträgt 6000 Euro. Die Bestplatzierten dürfen auf der nächsten InCom mit LifeCom vom 12. bis zum 15. März 2007 an der Heinrich-Heine-Universität in Düsseldorf vortragen; dort wird dann der Gewinner ermittelt (siehe auch: [www.jugend-lehrt.de](http://www.jugend-lehrt.de)).

Forschen ist die eine Seite des Erfolges einer hochtechnisierten Gesellschaft wie unserer. Die andere, nicht minder wichtige ist die Vermittlung der Grundlagen und Ergebnisse aus der Forschung und aus Wissenschaft und Technik allgemein. Der bekannte Wettbewerb „Jugend forscht“ motiviert bereits seit nunmehr 40 Jahren erfolgreich junge Menschen zur investigativen Beschäftigung mit Naturwissenschaft und Technik. Die Unterrichtung darüber – dem Dualismus Forschung und Lehre folgen auch unsere Universitäten – wird jedoch noch nicht durch einen für die Jugend motivierenden Wettbewerb unterstützt.

Um dies zu ändern eröffnet die CLB den Wettbewerb „Jugend lehrt“. Er wendet sich an Euch, wenn ihr 16 bis 21 Jahre alt seid.

Wurden nicht etliche von euch schon einmal in der Schule oder in den ersten Semestern der Universität von Klassenkollegen und Kommilitonen angesprochen: „Hey, was der Prof da vorhin vor sich hin gebrabbelt hat hab' ich irgendwie nicht so richtig kapiert. Kannst Du mir helfen?“

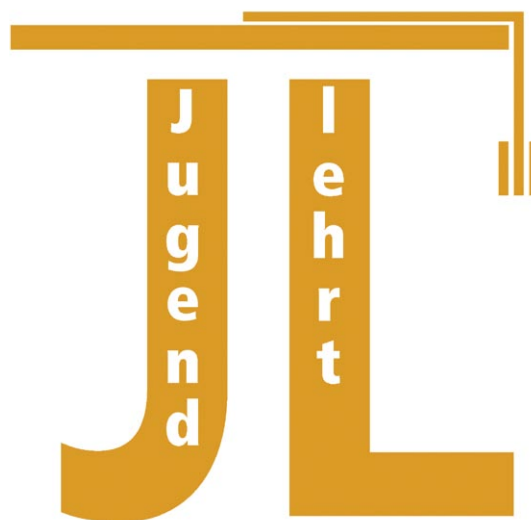
Und ihr stellt fest: „So kompliziert war der Lehrstoff eigentlich gar nicht. Aber tatsächlich war der Professor nicht nur undeutlich in

der Aussprache; die gesamte Struktur seiner Vorlesung ist recht konfus. Ich könnte das besser machen, dann würden es mehr Mitschüler und Kommilitonen verstehen.“

Wenn ihr so etwas schon erlebt habt, dann seid ihr genau die Richtigen für eine Teilnahme an dem Wettbewerb. Er fängt auch recht einfach an: Zunächst sucht ihr euch einfach ein Thema aus Naturwissenschaft und Technik (incl. Mathematik, Informatik) aus, das ihr gut kennt oder interessant findet. Ein Thema, von dem ihr meint, es ist von grundlegender Bedeutung, oder es wird künftig sehr wichtig sein. Dieses Thema beschreibt ihr in einem Übersichtsartikel. Er sollte etwa fünf bis zehn Schreibmaschinen lang sein (10000 bis 20000 Zeichen). Dazu können Grafiken oder Bilder kommen. Zur weiteren Visualisierung eines Kernproblems oder einer Kernaussage sollen Vorschläge gemacht werden (könnte man in einem Forschungslabor einen Film drehen, ein Interview mit einem Wissenschaftler machen, eine 3D-Computergrafik entwerfen, eventuell sogar animiert?)

In einer zweiten Stufe werden die Besten aus dem ersten Teil eine weitere Aufgabe bekommen: Es gilt, eine Art Lehrplan zu entwerfen, wie der Stoff anderen am besten zu vermitteln wäre. Zusätzlich sollten diese Gewinner des ersten Teils ihre Vorschläge zur Visualisierung ausarbeiten. Das kann geschehen als Film oder Computergrafik eines Teilaspektes des vermittelten Stoffes in einem Umfang bis zu fünf Minuten. Wer dazu nicht die Mittel oder die Übung hat schreibt einfach ein Drehbuch oder ein Skript einer solchen Visualisierung.

In die Endrunde kommen schließlich nur drei Bewerber. Sie dürfen über ihre Arbeit einen Vortrag von ca. 15 Minuten Dauer halten, vor Publikum und Juroren auf der InCom an der Universität Düsseldorf, 12. bis 15. März 2007.



Dort werden dann der 1., der 2. und der 3. Sieger – oder natürlich auch Siegerin – ermittelt. Sie teilen sich das Preisgeld (3000, 2000 und 1000 Euro für Platz 1, 2 bzw. 3).

Alles klar? Also nicht zögern, gleich anmelden und mitmachen. Es gibt nichts zu verlieren, nur zu gewinnen! Anmelden könnt ihr euch bei der Redaktion der CLB oder über die Webseite des Wettbewerbs von Jugend lehrt:

[www.jugend-lehrt.de](http://www.jugend-lehrt.de).

Teilnehmen kann jeder, der seinen Hauptwohnsitz in Deutschland, Österreich oder der Schweiz hat. Die Sprache für die Übersichtsartikel, visuellen Beiträge und Vorträge ist deutsch. Die Übersichtsartikel für die 1. Runde sollten spätestens am **Samstag, den 30. September 2006** in der Redaktion der CLB eintreffen. Die Einreichung kann als Ausdruck auf Papier und Transport per Post oder als PDF-Datei per e-Mail an [jury@jugend-lehrt.de](mailto:jury@jugend-lehrt.de) erfolgen.

Als Juroren konnten renommierte Professoren verschiedener Wissenschafts-Disziplinen gefunden werden, die neben ihrer wissenschaftlichen Tätigkeit ausgewiesene Fähigkeiten zur Wissenschaftskommunikation haben. Die Entscheidung der Juroren ist endgültig und kann nicht angefochten werden.  
*Rolf Kickuth*

# Verantwortung des Naturwissenschaftlers

Hans-Ludwig Krauß, Gießen; Volker Wiskamp, Darmstadt

In Zusammenarbeit mit der Kinder- und Jugendakademie Südhessen e. V. bietet die Hochschule Darmstadt Chemiekurse für hoch begabte Schüler an [1-3], in denen diese mit Fachwissen „gefüttert“ werden, das vom Schwierigkeitsgrad deutlich über dem schulüblichen Niveau liegt bzw. das in der Schule nicht oder nur am Rande bzw. in einem anderen Kontext vermittelt wird. Die Schüler sollen dazu motiviert werden, sich intensiv und fleißig mit der Chemie und deren Beziehungen zu anderen Wissenschaftszweigen zu befassen, u. a. durch das Lesen von Fach- und populärwissenschaftlicher Literatur. Gewiss haben die jungen Menschen das Potenzial für ein erfolgreiches Chemiestudium. Falls sie dies anstreben, sollten sie sich der Verantwortung bewusst sein, die sie gegenüber sich selbst, der Gesellschaft, der Natur und der Wissenschaft übernehmen.

Der hier beschriebene Kurs wurde von sechs Schülerinnen und acht Schülern der Klassen 8-10 besucht, umfasste fünf 180minütige Einheiten und hatte als roten Faden die Frage nach der Verantwortlichkeit des Naturwissenschaftlers (vgl. [4]).

## Zwei Literatur-Klassiker zum Einstieg

Die Schüler sollten als vorbereitende Hausaufgabe „Das Leben des Galilei“ und „Die Physiker“ lesen. Die erste Kursstunde begann mit Denkanstößen zum Brecht-Klassiker: Galilei hat das Weltbild der Menschheit dramatisch verändert; seine Befunde werden häufig als eine Demütigung der Religion durch die Naturwissenschaft bezeichnet. Dabei wollte der Physiker keinem einzigen Menschen weh tun; er ist selbst ein gläubiger Christ geblieben. Das Dürrenmatt-Schauspiel vermittelt, dass Erkenntnisse nicht zurückgenom-

men werden können und dass die Folgen alle angehen. Die theoretischen Grundlagen der Uranspaltung und deren Anwendung in einem Kernkraftwerk bzw. in einer Atombombe wurden mit den hoch begabten Jugendlichen in etwa einer Stunde erarbeitet. Die zwei Kehrseiten der naturwissenschaftlichen Entdeckung traten zum Vorschein: einerseits die nützliche zur Energieversorgung, andererseits die bedrohliche durch radioaktive Abfälle bzw. die tödliche durch die Bombe. Anders ausgedrückt: Die Erkenntnis der Spaltbarkeit von Uran ist weder gut noch böse. Gut oder böse ist, was einzelne Personen daraus machen – eine Überlegung, die angesichts der nuklearen Bedrohung durch Terroristen aktuell ist.

## Das Ozonloch

Die fachlichen Gründe für das Entstehen des Ozonlochs wurden mit den Schülern diskutiert. Eindrucksvoll war für sie die zerstörerische Wirkung der UV-Strahlung. (Modellversuche: Mineralisierung von Chlorbenzol im Abwasser, Zersetzung von Silbernitrat, Bleichen von Möhrenfarbstoffen). Die Frage, ob die Erfinder des Dichlordifluormethans für das Ozonloch und dessen Folgeschäden verantwortlich waren, wurde mit Nein beantwortet. Denn mit der fatalen Fotochemie der als Treib- und Kühlmittel verwendeten Chemikalie war nicht zu rechnen. Die Folgen trifft alle – siehe Dürrenmatts Aussage.

## Die DDT-Geschichte

Dass negative Folgen chemischer Erfindungen erst spät erkannt werden, zeigt auch die DDT-Geschichte. Die Reaktionsmechanismen zu Herstellung der Verbindung, – für Mittelstufenschüler, auch wenn sie hoch begabt sind, sehr anspruchsvoll –, und ihr Einsatz zur Bekämpfung der Anopheles-Mücke waren auch ein Thema. Es wurde betont, dass durch den Gebrauch des Insektizids Millionen Menschen das Leben gerettet wurde. Aber auch die Kehrseite der Medaille thematisierte man, nämlich die Resistenz-Entwicklung der Malaria-Erreger sowie die mit der Hydrolysebeständigkeit und Lipophilie der Verbindung begründete Verteilung über die Nahrungskette, die DDT zu einem globalen Umweltgift machte. Wie kann der Kampf gegen die Malaria-Krankheit weitergehen? Dazu gab es einen Zeitungsartikel [5], in dem die flächendeckende Bereitstellung von insektizidgetränkten Bettnetzen gefordert und die Bemühungen um einen Impfstoff so-

### Die Autoren

Prof. Dr. **Volker Wiskamp** vertritt er an der Hochschule Darmstadt die „Anorganische und Organische Chemie“ in der Lehre. Sein wissenschaftliches Arbeitsgebiet ist die Didaktik der Chemie mit den Schwerpunkten Hochbegabtenförderung, Bildungspartnerschaften Schule/Hochschule/Industrie, fächerübergreifender Unterricht sowie Experimentieren in Kindergärten und Grundschulen; wiskamp@h-da.de.

**Hans-Ludwig Krauß** studierte an der Universität Gießen Chemie, Sport und Religion für das Lehramt am Gymnasium in der Sekundarstufe II. Zur Zeit ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Didaktik der Chemie der Universität Gießen. Dort arbeitet er an seiner Dissertation.



wie die gentechnologische Entwicklung eines neuen Medikamentes gegen Malaria referiert werden. In den Jugendlichen verstärkte sich das Besusstsein, dass es mehr als eine naturwissenschaftliche Aufgabe ist, die Malaria, den „Todfeind der Kinder“, zu besiegen. Es ist ein Dienst der Menschlichkeit.

## Überdüngung

Pflanzen brauchen Dünger. Düngung ist ein unverzichtbarer Beitrag zur Sicherstellung der Ernährung der Menschheit. Doch mancher Landwirt lässt sich von Sprichwort „Viel hilft viel“ leiten und streut z. B. mehr Ammoniumnitrat aus, als die Pflanzen für ihr Wachstum benötigen. Der Dünger-Überschuss steckt in ihnen oder wird vom Regen ausgewaschen und gelangt ins Grundwasser. Beim Konsum der Pflanzen oder wenn das Grund- als Trinkwasser verwendet wird, droht Gefahr. Nitrat kann nämlich bakteriell zu Nitrit reduziert werden, welches im menschlichen Körper methämoglobin- oder nitrosaminbildend wirken kann. Dies wurde mit den Jugendlichen erarbeitet, und wieder zeigten sich zwei Gesichter einer Chemikalie. Es liegt in der Verantwortung des Chemikers, die Warnung des Paracelsus ernst zu nehmen und das Nitrat nicht überzudosieren, damit es die Gesundheit der Menschen nicht schädigt.

An dieser Stelle zeigte man den Kursteilnehmern durch Erhitzen einer Spatelspitze Ammoniumnitrat, dass das Salz nicht nur ein Dünger, sondern auch ein Sprengstoff ist. Nun liegt es einzig in der Hand des Menschen, das zerstörerische Potenzial des Ammoniumnitrats nicht zu missbrauchen. Doch wird nicht manche Sprengstofffabrik als Düngemittelfabrik getarnt?

## Unser täglich Wasser gib uns heute

Die Trinkwassergefährdung durch Überdüngung bildete die Überleitung zur nächsten Unterrichtseinheit. Die Meditationsfahne „Dürsten nach Gerechtigkeit“ (s. Abb. 1), die der indische Theologe und Künstler S. Ray für eine Brot-für-die-Welt-Aktion „Wasser ist Menschenrecht“ [6, 7] geschaffen hatte, wurde von den Schülern interpretiert.

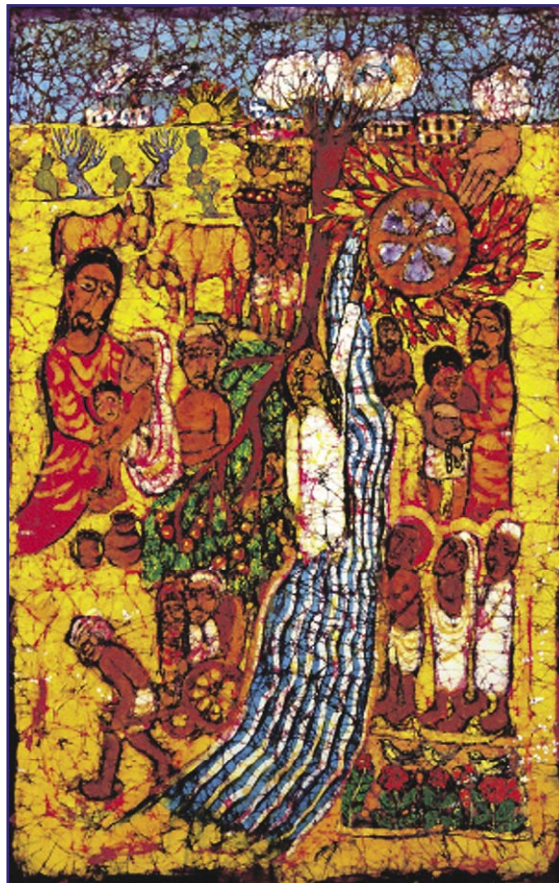
Durch die Batik zieht sich ein blaues Band von fließendem Wasser. Das Wasser des Lebens sprudelt aus einem Schöpfrad, das durch ein strahlendes Feuer aus Gottes Hand angetrieben wird. Ein Baum ist der augenfälligste Beweis der Schöpfungskraft. Aber der Baum steht auf dem Kopf; er wurzelt im Himmel. Ein Symbol – der Mensch, der Gott vertraut, ist wie ein Obstbaum, gepflanzt am Bach. Sein Leben bringt Frucht, und seine Seele verdorrt nicht. Im Bild gibt es ein schönes Blumenbeet mit Vögeln. Dort gelangt Wasser hin. Wo hingegen kein Wasser ist, erstickt Wüstensand das Grün; da verdorren die Bäume. Aus Fabriken quellen Abgaswolken hervor, verdunkeln die Sonne, schädigen Luft, Wasser, Boden, Tier und

Mensch. Menschen flüchten. Jesus kümmert sich um eine Flüchtlingsfamilie und – an einer anderen Stelle – um einen gefesselten Mann. Ein Landflüchtling, der straffällig geworden ist? Ein drittes Mal erscheint Jesus auf dem Bild, mitten im Wasser, mitten im Leben stehend, seine Botschaft verkündend und im Kontakt mit Rad und Quelle, wo das Wasser dem göttlichen Feuer entspringt.

Der Brückenschlag von dem christlichen Bild zur Verantwortung des Chemikers fiel den Jugendlichen nicht schwer. Die Umweltverschmutzung ist ein „schmutziges“ Gesicht der Chemie. Ein gegenteiliges, „sauberes“ Gesicht ist der technische Umweltschutz, der auf chemischen Prinzipien beruht. Die Schüler erprobten, wie man giftige Schwermetallionen im Wasser durch Fällung als Hydroxide, Carbonate oder Sulfide entfernen, farbstoffhaltiges Wasser mit Aktivkohle oder Bleichmittel entfärben, saures oder alkalisches Wasser neutralisieren, salzhaltiges Wasser durch Destillation oder Ionenaustausch entsalzen, versalzten Boden waschen, sauren Boden durch Kalken wieder nutzbar und Chlorwasserstoff oder Ammoniak in der Abluft eines Chemiebetriebes durch Gaswäsche zurückhalten kann. Die Jungforscher wurden für die Chancen umweltfreundlicher Produktionsverfahren auf Basis nachwachsender Rohstoffe sensibilisiert und erkannten die Notwendigkeit der Weiterentwicklung der Solartechnik zur Nutzung der Sonnenenergie. Kurz: Sie erfuhren, dass ein ausgebildeter Chemiker



AUFsätze



Meditationsfahne „Dürsten nach Gerechtigkeit“ von Solomon Raj, Indien [7] (Abb.: Brot für die Welt).

die erforderliche Fach- und Handlungskompetenz besitzt, um der Umweltvergiftung entgegen zu wirken, besser noch, sie gar nicht erst entstehen zu lassen. Und der Chemiker muss sein Know How anwenden, um die Brot-für-die-Welt-Forderung zu realisieren.

### Aluminiumhydroxid und Erkenntnistheorie

„Wenn man zu einer Lösung, die Aluminiumionen enthält, Natronlauge gibt, entsteht ein weißer Niederschlag von Aluminiumhydroxid.“ Wie steht es um den Wahrheitsgehalt dieser Aussage? Eine wichtige Frage, denn schließlich sind Wissenschaftler der Wahrheit verpflichtet. Stimmt die Schüleraussage, wenn die Ausgangslösung stark sauer ist und die zugetropfte Natronlauge nicht ausreicht, um den für die Fällung erforderlichen pH-Wert einzustellen? Was ist, wenn der Schüler einen kräftigen Schuss Lauge zu der Ausgangslösung gibt, so dass er das intermediär gebildete Aluminiumhydroxid gar nicht wahrnimmt, weil es rasch zum löslichen Tetrahydroxialuminat weiter reagiert? Und wenn maskierende Liganden vorliegen, von denen die Aluminiumionen vor dem Angriff des Hydroxids geschützt werden? Ist für die Fällung unbedingt Natronlauge erforderlich, oder beobachtet man die Niederschlagsbildung auch, wenn Kalilauge oder Ammoniak-Lösung zugegeben wird? Fragen über Fragen, die sich dazu eignen, die Jugendlichen mit Prinzipien der Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften vertraut zu machen (hinreichende und notwendige Bedingungen für das Auftreten eines Phänomens, induktives, deduktives und abduktives Folgern) [8].

### Ein Kohlenstoff-Märchen

Es war einmal ein Kohlenstoffatom im Kalkstein, der in einem Ofen auf über 1000 °C erhitzt wurde. Da machte sich das Atom mit zwei Sauerstoffgefährten aus dem Staub. Die drei Kumpel wurden eine zeitlang vom Wasser im Ozean gebunden, dann aber wieder ausgespuckt, so dass sie vom Wind zu einem Weinberg geweht wurden. Dort ruhten sie sich in einem Blatt aus, bis ein Lichtstrahl sie traf, ein turbulentes Leben seinen Anfang nahm und erst zu einem vorläufigen Ende kam, als das C-Atom in ein Zuckermolekül in der Rebe eingebaut war. Mit viel Glück entging es dem Prozess der alkoholischen Gärung, wurde aber von einem Weintrinker verschluckt und in dessen Körper verstoffwechselt. Dabei traf es wieder zwei Sauerstoffatome. Doch das freie Leben in der Luft war nur von kurzer Dauer. Kaum hatte eine Baumkrone die verbundenen drei Atome eingefangen, mussten sie als Holz zum Stabilisieren des Baumes beitragen. Bis ein Holzwurm sie aus der Sklaverei befreite. Der starb bald darauf. Jahre vergingen, und das Kohlenstoffatom wurde Teil des Humusbodens.

Das Märchen [9] geht weiter und war die Grundlage für die Besprechung von Kreisprozessen und chemi-

schen Gleichgewichten. Als fachliches Ergebnis wurde u. a. festgehalten, dass Reaktionen mit Kohlenstoffdioxid schneller ablaufen, wenn dessen Konzentration höher ist. Wissen die vielen Menschen, die täglich große Mengen CO<sub>2</sub> als Endprodukt verschwenderischer energieintensiver Prozesse in die Atmosphäre abgeben, dass das Ökosystem der Erde auf das erhöhte CO<sub>2</sub>-Angebot reagieren muss? Die Folgen gehen alle an, wieder einmal.

### Contergan – eine unendliche Geschichte

So lautet der Titel eines Fachartikels [10], den die Kursteilnehmer bis zur nächsten Unterrichtsstunde studieren sollten. Stereochemie und der Mechanismus einer Racemisierung waren für die hoch begabten Mittelstufenschüler zwar schwierige, aber doch verständliche Themen. Neben dem Zugewinn an fachlichem Wissen wurde den Jugendlichen erneut bewusst, dass ein Wissenschaftler immer mit Nebenwirkungen seiner Erfindungen rechnen muss.

Es ist gut, wenn ein Arzneimittelchemiker Risiken und Nebenwirkungen seiner Erzeugnisse bedenkt und Ärzte und Patienten entsprechend warnt. Er hat aber auch die Verantwortung, diese Warnungen so behutsam vorzutragen, dass sie einen kranken Menschen nicht so sehr verängstigen, dass dieser die empfohlene Arznei gar nicht mehr einnimmt [11-13].

### Der neue Götze heißt Gesundheit

Dies begründet Bischof Kamphaus [14] mit einem Gesundheitswahn, dem immer mehr Menschen verfallen. Erkrankungen gelten nicht mehr als Schicksalsschläge, sondern sind bereits in den Genen festgelegt. Das Leben wird zum Schadensfall erklärt, und es wird Schadenersatz gefordert, z. B. durch den Austausch defekter Organe gegen neue, die aus (embryonalen) Stammzellen gezüchtet wurden. Oder ein Mensch darf gar nicht erst geboren werden, wenn die Präimplantationsdiagnostik gesundheitliche Probleme voraussagt (vgl. [15]). Die Basis dafür ist die moderne Molekularbiologie und Gentechnik, deren naturwissenschaftlichen Grundlagen den hoch Begabten in einer zweistündigen Vorlesung vermittelt wurden (Aminosäuren, Proteine, Enzyme, DNA, genetischer Code, DNA-Replikation und -Sequenzierung, Restriktionsenzyme). Ergänzend zu dem zitierten Zeitungsartikel, der den Missbrauch der neuen Erkenntnisse ächtet, wurden positive Aspekte und Chancen der Gen- und Biotechnologie von den Jugendlichen diskutiert, z. B. die gentechnische Produktion von Humaninsulin oder biologische Verfahren zur Abwasserreinigung und Bodensanierung.

### Was ist bei neuen Technologien zu prüfen?

Zum Schluss fasste man zusammen, dass die Einführung neuer Technologien erst nach einer Begut-

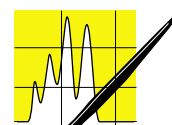
achtung unter folgenden Gesichtspunkten erfolgen sollte:

- Welche Nebenwirkungen sozialer und physikalischer Art treten bei Anwendung im großen Maßstab auf?
- Welche sozialen Veränderungen sind notwendig, ehe diese Entwicklung angemessen angewendet werden kann, und welche Zeit werden diese erfordern?
- Wenn die neue Entwicklung sich erfolgreich auswirkt und natürliche Wachstumsgrenzen beseitigt, welche anderen Wachstumsgrenzen treten dann in Erscheinung? Sind die dann entstehenden Lasten den Lasten vorzuziehen, welche die Neuentwicklung beseitigt?

Fazit: Keine blinde Opposition gegen Fortschritt, aber Opposition gegen blinden Fortschritt. Dies steht schon in „Die Grenzen des Wachstums“ [16] – einen weiteren Buch-Klassiker, der für alle Jugendlichen, nicht nur für hoch begabte, ein Muss ist. **CLB**

#### Literatur

- [1] V. Wiskamp, Industrielle Chemie – Wissenschaft, Anwendung und Kommunikation; eine Arbeitsgemeinschaft hochbegabter Schüler, CLB 52 (2001), Heft 8, S. 304
- [2] V. Wiskamp, Kulturwissenschaft Chemie – ein Kurs für hochbegabte Schüler, CLB 51 (2002), Heft 2, S. 59-60
- [3] V. Wiskamp, Chemie-Kurse für Hochbegabte (inkl. CD-ROM), Verlag Harri Deutsch, Frankfurt 2004
- [4] V. Wiskamp, H.-L. Krauß, Vermittlung von Wertebewusstsein im Chemieunterricht – Mutig wissenschaftliche Ergebnisse auch gegen falsche Behauptungen benennen, CLB 56 (2005), Heft 9, S. 298-305
- [5] C. Schwängerl, Ein Todfeind der Kinder, FAZ, Nr. 121, 28.5.2005, S. 10
- [6] <http://www.brot-fuer-die-welt.de/umwelt/index.php>
- [7] [http://www.brot-fuer-die-welt.de/shop/46\\_Aktion/75\\_209\\_DEU\\_HTML.php](http://www.brot-fuer-die-welt.de/shop/46_Aktion/75_209_DEU_HTML.php)
- [8] V. Wiskamp, H.-L. Krauß, Erkenntnistheorie im Chemieunterricht, PdN-ChiS, im Druck
- [9] P. Levi, Das Periodische System, 5. Aufl., Deutscher Taschenbuchverlag, München 2002, S. 241-250
- [10] K. Roth, Eine unendliche Geschichte, Chem. Unserer Zeit 39 (2005), S. 212-217
- [11] U. von Rauchhaupt, Fragen Sie nach Risiken und Nebenwirkungen, FAZ, Nr. 121, 28.5.2005, S. 39
- [12] M. Heier, Lesestoff vom Hausarzt, FAZ (Sonntagszeitung), Nr. 20, 22.5.2005, S. 73
- [13] H. Kaulen, 18-Sekunden-Sprechstunde, FAZ, 30.5.2005, S. N1
- [14] F. Kamphaus, Zeige deine Wunde, FAZ, Nr. 269, 18.11.2005, S. 8
- [15] M. Lenzen-Schulte, Junge oder Mädchen?, FAZ, 2.8.2005
- [16] D. Meadows, D. Meadows, E. Zahn, P. Milling, Die Grenzen des Wachstums, Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek 1973, S. 140



**AUFsätze**

Schon heute vormerken, der Termin steht fest:

12. bis 15. März 2007, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

*Heinrich Heine*  
HEINRICH HEINE  
UNIVERSITÄT  
DÜSSELDORF

**InCom 2007**  
SYMPOSIUM & EXPOSITION

**LifeCom 2007**  
SYMPOSIUM & EXPOSITION

## Dem Tumor den Nährstoffweg abschneiden

**Barbara Brauckmann, Zürich**

Jährlich wird weltweit bei mehr als zehn Millionen Menschen Krebs festgestellt, wobei diese Diagnose für fast zwei Drittel von ihnen tödlich verläuft. Da die derzeit gängigsten Behandlungsmethoden Chirurgie, Chemotherapie und Bestrahlung allzu häufig unbefriedigende Lösungen bieten, wird intensiv nach neuen Therapiekonzepten gesucht. Dabei spielen monoklonale Antikörper eine wichtige Rolle, die bestimmte Oberflächenstrukturen von Krebszellen erkennen, sich an diese binden und so bekämpfende Immunreaktionen auslösen. Ein zusätzlicher Ansatzpunkt ist die Hemmung der Angiogenese, die die Bildung neuer Blutgefäße auslöst. Ein Tumorgewebe bleibt nämlich solange unscheinbar klein, bis es zur weiteren Versorgung mit Sauerstoff und Nährstoffen die Entstehung eines Gefäßnetzes stimuliert, welches ihm auch ein Transportsystem zur Weiterverbreitung von Metastase-Streuzellen bietet. Wenn es gelänge, bereits in der Entstehung befindliche Blutgefäße in festen, aggressiv wachsenden Tumoren rechtzeitig aufzufinden und zu zerstören oder wenigstens die Bildung neuer Gefäße zu behindern, könnte dies zur Bekämpfung der Tumorprogression genutzt werden. Ein hilfreiches Element zur gezielten Krebszellenerkennung lieferten die Wissenschaftler der Gruppe „Biomakromoleküle“ am Institut für Pharmazeutische Wissenschaften (IPW) der ETH Zürich innerhalb ihres Forschungsschwerpunktes „Protein Engineering“. Sie stellten weltweit als erste für die klinische Anwendung menschliche Antikörper gegen das B-Fibronectin-Molekül her, die sich selektiv an gerade aussprossenden Tumor-Blutgefäßen anreichern lassen. Die in die Blutbahn eingespritzten Antikörper sind befähigt, selbständig den Weg zum Tumor zu finden und dann nur die neuen Blutgefäße zu markieren. Inzwischen befasst sich die Arbeitsgruppe ebenfalls mit dem Thema Gefäßverengung und -umbildung durch Atherosklerose und synthetisiert optimierte Markermoleküle für die Untersuchung auch nichttumorale Krankheiten.

### Die Autorin:

**Dr. Barbara Brauckmann** ist Diplombiologin. Sie promovierte über „Low grade ore leaching by microorganisms“, bearbeitete dann umweltmikrobiologische Forschungsthemen im Zentrallabor der Preussag AG. Journalistisch arbeitete sie als Redaktorin bei der „Chemischen Rundschau“. Es folgten Aufbau und Betrieb der Science Communications bei Hoffmann-La Roche. Sie ist Leiterin der Öffentlichkeitsarbeit des Departements Chemie und angewandte Biowissenschaften der ETH Zürich.



### Über Wachstumsfaktoren versorgen sich Tumore mit neuen Blutgefäßen

Die embryonale Bildung von Blutgefäßen aus sich differenzierenden Vorläuferzellen, den Angioblasten, wird als Vaskulogenese bezeichnet, die spätere Bildung von Gefäßen aus einem bereits bestehenden primitiven Gefäßstamm als Angiogenese. Bei einer sprossenden Angiogenese findet die Gefäßbildung aus vorhandenen Gefäßen statt, bei der Endothelzellen ihre Basalmembran abbauen, in das umgebende Gewebe einwandern, sich auf den angiogenen Reiz ausrichten und vermehren und dann selbst wieder neue kapilläre Schleifen und sich verzweigende Blutgefäß-Netzwerke bilden. Eine nichtsprossende Angiogenese ist durch den Prozess der Längsspaltung eines Gefäßes charakterisiert, der ebenfalls zu sehr komplexen Gefäßnetzwerken führen kann. Sich neu bildende Gefäßnetze reifen aus, indem Wandzellen (Perizyten und glatte Muskelzellen) rekrutiert werden, die die Gefäße stabilisieren.

Das Wachstum von Blutgefäßen wird über ein ausgewogenes Verhältnis von angioanregenden und angiohemmenden Molekülen kontrolliert, wobei inzwischen mehr als 20 Stimulatoren und über 20 Inhibitoren identifiziert sind.

Im erwachsenen gesunden Organismus entstehen neue Blutgefäße nur bei der Wundheilung, in der Schwangerschaft oder während des weiblichen Menstruationszyklus beim Aufbau der Gebärmutterhaut. Besonders bei der Krebsentstehung spielt die Angiogenese eine maßgebende Rolle. Ab einer Grösse von zwei Millimetern Durchmesser benötigt ein Tumor Blutgefäße, die ihn zum weiteren Wachsen mit Nährstoffen und Sauerstoff versorgen. Er produziert deshalb grössere Mengen an stimulierenden Faktoren. Von den angioregulatorischen Molekülen wirken vor allem die Vaskulären Endothelialen Wachstumsfaktoren (vascular endothelial growth factors, VEGF), die Angiopoietine und die Ephrine vorrangig oder sogar nahezu selektiv auf das Gefäßsystem und gelten damit als Schlüsselmoleküle der angiogenen Kaskade.

Zu den weitgehend charakterisierten VEGF-Wachstumsfaktoren gehören neben VEGF-A auch die Moleküle VEGF-B, VEGF-C und VEGF-D. VEGF-A ist einer der leistungsfähigsten Induktoren der Angiogenese und kommt beim Menschen in fünf verschiedenen Isoformen vor. Die Aktivierung von VEGF-R2 steuert das Wachstum von Blutgefäßen, während die Anregung von VEGF-R3 das Wachstum von Lymphgefäßen reguliert.

# CLB – Memory

Die CLB-Beilage für Ausbildung in Chemie, Labortechnik,

Chemietechnik, Biologie und Biotechnik

April 2006

Fachgespräch im BfR brachte kein eindeutiges Ergebnis

## Vergiftungsfälle mit Nano-Spray

Irene Lukassowitz, BfR

**I**n einem Fachgespräch am 7. April 2006 haben Experten aus Giftinformationszentren, Wissenschaft, Industrie, Landesbehörden und dem Bundesinstitut für Risikobewertung die Ursache für 97 zum Teil schwerwiegende Vergiftungsfälle nach der Anwendung von neuartigen Versiegelungssprays mit Nanopartikeln analysiert. „Die Vorfälle haben gezeigt, dass die Einführung neuer Technologien in Verbraucherprodukten mit einer Abschätzung der möglichen Risiken bei der Anwendung verbunden sein muss. Die Wissenschaft hat die Pflicht, dies auch dem Verbraucher zu kommunizieren“, sagte BfR-Präsident Andreas Hensel.

Die Experten gehen davon aus, dass die beobachteten Gesundheitsstörungen durch das Einatmen eines sehr feinen Aerosols ausgelöst wurden. Aerosole mit einer Tropfengröße von 10 Mikrometern entstehen nur bei Ausbringen des Produkts aus Spraydosen mittels Treibgas. Tropfen dieser Größe gelangen tief in die Lunge und sind in der Lage, die Lungenfunktion zu beeinträchtigen. Ob die Nanopartikel als Bestandteil des Aerosols ebenfalls zu den beobachteten Gesundheitsproblemen beitragen, war wegen fehlender Daten zu den toxikologischen Eigenschaften und

zur Nanoskaligkeit der Partikel von den Fachleuten nicht abschließend zu klären.

Zwischen dem 27. und dem 30. März 2006 wurden den Giftinformationszentren in Deutschland und der Schweiz 97 Fälle von zum Teil schwerwiegenden Atmungsstörungen bis hin zum Lungenödem nach der Anwendung von zwei „Nano“-Versiegelungssprays aus Spraydosen des Herstellers Kleinmann gemeldet. Durch eine konzertierte Aktion von Giftinformationszentren, Landesbehörden und dem Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) sowie von Hersteller und Vertreibern wurden die verdächtigen Produkte innerhalb kürzester Zeit in Deutschland vom Markt genommen und die Verbraucher über Presseveröffentlichungen vor der Anwendung dieser Produkte gewarnt. Nach dem 30. März 2006 sind keine Zwischenfälle mehr gemeldet worden.

In einem Fachgespräch am 7. April 2006 haben 60 Experten aus Wissenschaft, Klinik, Behörden, Industrie und dem Bundesinstitut für Risikobewertung analysiert, ob die Gesundheitsbeschwerden wie Atemnot und Lungenödem durch die in den beiden Produkten enthaltenen Nanopartikel ausgelöst wurden oder ob andere, aus der Anwendung von traditionellen Imprägniersprays bekannte Noxen oder Gefahrstoffe dafür verantwortlich sind.

Der Vertreter der beiden Versiegelungssprays konnte wegen fehlender Informationen seiner Vorlieferanten keine vollständige Rezeptur vorlegen. Eine abschließende toxikologische Beurteilung der akuten Lungenfunktionsstörungen nach Benutzung der beiden Produkte war daher im Fachgespräch nicht möglich.

Die Experten wiesen zudem darauf hin, dass eine klassische toxikologische Einzelbewertung der Bestandteile des Produktes bei einer Ausbringung als Aerosol mittels Treibgas nicht ausreicht. Es sind vor allem auch die physikalischen Eigenschaften wie die Tropfengröße des Sprays dafür entscheidend, ob und welche toxischen Effekte gerade im Bereich der Atemwege auftreten können.

Aus Vergiftungsfällen mit klassischen Imprägniersprays in Deutschland, Holland und der Schweiz ist bekannt, dass Produkte erst beim Eindringen in das Alveolargewebe der Lunge zu schweren Gesundheitsproblemen wie Atemnot oder Lungenödem führen. Damit sie dorthin gelangen können, müssen die Tröpfchen sehr klein sein. Diese Tropfengröße wird nur beim Ausbringen mittels eines Treibgases bei einer entsprechend kleinen Düse im Sprühkopf erreicht. Werden dieselben Flüssigkeiten jedoch mit einem Pumpmechanismus ausgebracht, sind die Tröpfchen nicht

unter 100 Mikrometer groß und erreichen nicht das Alveolargewebe.

Die Experten schließen nicht aus, dass die im fraglichen Zeitraum beobachteten toxischen Effekte bei der Anwendung der beiden Nano-Versiegelungssprays mit Treibgas allein durch die Ausbringung als Aerosol verursacht wurden. Da nicht bekannt ist, ob auch Nanopartikel mit dem Aerosol in die Lungen der Patienten gelangten und dort schädlich auf das Alveolargewebe einwirkten, bleibt gleichwohl eine mögliche Beteiligung dieser Partikel abzuklären.

Die Experten waren sich einig, dass die gesundheitlichen Auswirkungen von Produkten als Treibgas-sprays nur mit einer Teststrategie ermittelt werden können, welche die realen Anwendungsbedingungen im Innenraum simuliert. Denn toxische Effekte treten erst auf, wenn das Produkt selbst, also das gesamte Stoffgemisch der Rezeptur, als feiner Nebel mit entsprechend kleiner Tropfengröße eingeatmet wird. Dies gilt sowohl für Produkte mit als auch für Produkte ohne Nanopartikel.

Derartige toxikologische Prüfungen sollten deshalb die Hersteller eines Treibgas-Sprays vor dem Inverkehrbringen des Produkts durchführen und dokumentieren.

Nur dann werden sie der im Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (GPSG) formulierten Anforderung gerecht, dass „bei bestimmungsgemäßer Verwendung oder vorhersehbarer Fehlanwendung Sicherheit und Gesundheit von Verwendern oder Dritten nicht gefährdet werden“.

Versiegelungssprays für Glas und Keramik, die mit feuchtigkeitsabweisenden Nanopartikeln ausgestattet sind und Treibgas enthalten, sollten nicht in geschlossenen Räumen angewandt werden. Darauf wies das Bundesinstitut für Risikobewertung bereits am 31. März hin. Dem Institut wurden damals innerhalb kurzer Zeit von den Giftinformationszentren der Bundesländer etliche Fälle mit gravierenden Gesundheitsstörungen nach der Anwendung solcher Haushaltsprodukte gemeldet. Alle Betroffenen klagten über Atemnot. In einigen Fällen wurden Lungenödeme diagnostiziert, die klinisch behandelt werden mussten.

Versiegelungssprays mit Nanopartikeln für Keramik- und Glasoberflächen sind eine neue Art von Haushaltschemikalien. In Bad und WC sollen sie die Oberflächen wasser- und schmutzabweisend machen; Flüssigkeiten sollen abperlen ohne Schmutzränder und Kalkfle-

cken zu hinterlassen. Die Mittel werden in Pumpflaschen und in Spraydosen im Handel angeboten.

Nach dem Einsatz der Spraydosen sind bei einigen Anwendern schwere Gesundheitsstörungen aufgetreten. Die Betroffenen haben offenbar Bestandteile der zerstäubten Sprays eingeatmet, die als feines Aerosol in der Raumluft verblieben waren. Die Partikel und Bestandteile der Sprays haben möglicherweise die Funktion des Alveolar- und Bronchialgewebes in der Lunge und damit den Sauerstoff- bzw. Feuchtigkeitsaustausch gestört. Atemnot und in schweren Fällen die Ansammlung von Wasser in der Lunge (Lungenödem) waren die Folge.

Bei Produkten, die über Pumpflaschen auf die Oberflächen aufgebracht werden, wurden solche Zwischenfälle nicht berichtet.

Da die genauen Ursachen für die Gesundheitsstörungen noch nicht geklärt werden konnten, rät das BfR allen Verbrauchern, die Nano-Versiegelungssprays auf Treibgasbasis bereits gekauft haben, diese zumindest nicht in geschlossenen Räumen anzuwenden.

Es ist nicht bekannt, ob über die beiden genannten Produkte hinaus weitere, mit nanotechnologisch hergestellten Bestandteilen versehene, Treibgas enthaltende Produkte (z.B. Schuhpflegemittel, Imprägniermittel, Nässeblocker etc.) im Verkehr sind und Gesundheitsgefahren bergen könnten. Wenn nach dem Gebrauch derartiger Sprays Atemwegsbeschwerden auftreten, sollten sich die betroffenen Verbraucher umgehend an einen Arzt oder an ein Giftinformationszentrum wenden. Wichtig: Für die Aufklärung der Zusammenhänge wird das verwendete Produkt benötigt!

Aus diesem aktuellen Anlass weist das BfR darauf hin, dass Ärzte in Deutschland nach dem Chemikaliengesetz verpflichtet sind, Gesundheitsbeeinträchtigungen im Zusammenhang mit chemischen Produkten an die Dokumentations- und Bewertungsstelle für Vergiftungen im BfR zu melden.

### „BORAKEL“: Bochumer Online-Test für Studium und Beruf

Der Test ist an deutschen Universitäten bislang einzigartig. Mit einem fundierten Selbsttest und einem ausführlichen Gutachten geht er weit über eine reine Studien- oder Berufsberatung hinaus. Entwickelt haben den „BORAKEL“ Psychologen der RUB um Prof. Dr. Heinrich Wottawa und die Firma eligo GmbH. Der Bochumer Online-Test für Studium und Beruf ist abrufbar unter <http://www.rub.de/borakel>.

Studieninteressierte bekommen hier umfassende und maßgeschneiderte Empfehlungen für ihre individuelle Karriere. In drei Stufen hilft das Tool, die Fragen zu beantworten: Was will ich werden? Mit welchem Studienfach kann ich meine Ziele erreichen? Und was kann ich konkret an der Uni Bochum studieren, um diesen Weg einzuschlagen? So bekommen die Studieninteressierten in den drei Modulen – mein Berufsweg, mein Studiengang, meine Uni – mehr als eine maßgeschneiderte Empfehlung für ein geeignetes Studium.

„BORAKEL“ bietet zudem eine fundierte Selbsteinschätzung und berücksichtigt die persönliche Lebens- und Berufsplanung. Das Ergebnis ist ein ausführliches Gutachten, das die Teilnehmer nach etwa drei Tagen erhalten: Es gibt Empfehlungen, ob man zum Beispiel eher für eine Fach- oder für eine Führungslaufbahn geeignet ist, für Vertrieb oder Innendienst, ob sich eher ein abhängiges Arbeitsverhältnis oder die Selbstständigkeit empfiehlt. Kern des Beratungstools ist eine konkrete Empfehlung: Anhand der persönlichen Angaben der Studieninteressierten listet es die fünf individuell am besten passenden Studiengänge und die Besonderheiten dieser Studiengänge an der RUB auf.



## Alfred-Wegener-Institut forschte – DBU förderte – Müller kochte

# Nahrungstauglichkeit von Nordseealgen

Franz-Georg Elpers, Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)

**M**eeräsche auf Melone – und Rotalgen! Wer dabei an fernöstliche Küche denkt, muss den Fernen Osten demnächst in deutschen Küstenregionen suchen. Denn wenn es nach den Visionen des Alfred-Wegener-Instituts für Polar- und Meeresforschung in List auf Sylt geht, werden Algen zukünftig auch auf traditionellen Speiseplänen in heimischen Gefilden häufiger zu finden sein. „Gesund, nahrhaft und schmackhaft und vor allem das einzige Gemüse, für dessen Erzeugung wir kein Süßwasser benötigen. Und Süßwasser ist ein knapper Rohstoff,“ weiß Prof. Dr. Klaus Lüning, der die Tauglichkeit von Nordseealgen für die menschliche Nahrung untersucht hat. Gefördert wurde das nun abgeschlossene Projekt mit 100 000 Euro durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU).

40 000 Algenarten sind auf der gesamten Welt bekannt, 160 zum Essen geeignet. Und gegessen werden sie! In Südostasien gehen jährlich neun Millionen Tonnen durch die hungrigen Kehlen. „Algen haben einen Nährstoffgehalt wie keine andere Nahrung auf der Welt und eignen sich hervorragend als Nahrungsmittel sowie als Rohstoff für Schönheits- oder Medizinprodukte“, sagt DBU-Pressesprecher Franz-Georg Elpers. Angesichts ausgelaugter Böden und belasteter Nahrungsmittel bietet es sich an, Algen in Massenkultur zu erzeugen, zu verwerten und so ganz nebenbei auch noch Nährstoffe aus angekoppelten Fisch-Wasserkulturen im Kreislaufsystem zu verwerten. Lüning: „Eine ideale Ergänzung: Die Abfallstoffe des Tieres werden zum Nährstoff der Pflanze und umgekehrt.“ In diesem Sinne erkundeten Lüning und sein

Team vor Sylt schwerpunktmäßig, welche Rot- und Braunalgen sich unter welchen Bedingungen für die geschlossene Wasserkultur eignen.

In 2000-Liter-Meerwasser-Tanks in zwei Gewächshäusern der Wattenmeerstation Sylt wurde zunächst die Kulturtechnik für die Algen getestet. Zum Ende des ersten Jahres hatten sie ca. 130 Kilogramm Rot- und 30 Kilogramm Braunalgen geerntet, wobei die Rotalgen komplett an zwei deutsche Firmen verkauft wurden, die sie vor allem an Restaurants lieferten. Im zweiten Jahr waren es schon insgesamt 280 Kilogramm. Zusätzliches Wertschöpfungs-Bonbon für die Rotalge: Mit der Zucht der Hochpreis-Meeresschnecke Abalone wurde begonnen, die am liebsten frische Rotalgen frisst. Diese „Sylter Meerohren“ kommen nach vier Lebensjahren auf ein Körpergewicht von 80 Gramm und werden für 20 Euro je Kilogramm nach Südostasien verkauft.

Die Methodik der ganzjährigen Massenkultivierung von Rot- und Braunalgen hält der Wissenschaftler jedenfalls für „gesichert und aussichtsreich“. In fünf bis acht Wochen verdoppelt sich die Algenbiomasse. Die Züchtung im Gewächshaus ermöglichte ganzjährig Algenproduktion, wenn auch im Winter nur durch gelbes Langtag-Zusatzlicht ermöglicht. Um zukünftig größere Braunalgenmengen kostengünstig parat zu haben, soll eine Schwimmseil-Meeressfarm in unmittelbarer Strandnähe an der Wattenmeerstation entstehen: Wie in Fernost erprobt, sollen von zwei je 100 Meter langen, verankerten, im Labor mit Sporophyten bewachsenen Schwimmseilen in drei bis vier Monaten 600 Kilogramm Braunalgen geerntet werden. Sporophyten sind Zellen, die Sporen produzieren, über die durch geschlechtliche Fortpflanzung neue Algen entstehen. Für die Züchtung

von Rotalgen soll die Seil-Meeressfarm direkt im Meer erprobt werden. Elpers: „Die Freilandproduktion von Makroalgen schont Süßwasserreserven, vermeidet das Sammeln der Algenbiomasse in der Natur und schont damit die Algenbestände im Meer, die Lebensraum für eine vielfältige Tierwelt sind.“

### Rezept für Sylter Rotalge

Die Alge *Palmaria* wird seit Wikingenzeiten von Island bis zur Bretagne verzehrt und ist auch in Deutschland als Lebensmittel zugelassen. In Frankreich und Irland werden jährlich 200 Tonnen Frischgewicht *Palmaria* verzehrt. In der Sylter Algenfarm wird *Palmaria* ganzjährig im Gewächshaus in durchfließendem Meerwasser gezüchtet. Zubereitungsempfehlung: Frische Algen kurz in Süßwasser abwaschen, kleinschneiden, mit beliebigem Salat mischen (z.B. Feldsalat) und mit Essig und Öl oder pikanter Salatsauce anrichten. Frische *Palmaria* ist im Kühlschrank 5 Tage haltbar.

Mit Begeisterung bei der Sache: Sternekoch Jörg Müller bereitet in Westerland seinen Sylter Fischersalat mit Algen zu.



## Studie zur PAK-Exposition in der Luft am Arbeitsplatz

# Körperliche Belastung ist nachweisbar

Josef König,  
Ruhr-Universität Bochum

**P**olyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe, kurz PAK, sind Verbindungen, die bei der unvollständigen Verbrennung von organischem Material freigesetzt werden. Sie zählen zu den klassischen krebserregenden Substanzen und finden sich in Ruß und Dieselabgasen, aber auch in Zigarettenqualm und im Rauch beim sommerlichen Grillen. Viele dieser PAK-Verbindungen gelten als besonders krebserregend. Davon sind vor allem Personen betroffen, die am Arbeitsplatz ständig höheren Konzentrationen an PAK ausgesetzt sind. Dazu gehören Beschäftigte zum Beispiel in Kokereien, Brandsanierungsunternehmen oder bei der Graphitelektrodenherstellung. Das Berufsgenossenschaftliche Forschungsinstitut für Arbeitsmedizin (BGFA) der Ruhr-Universität hat eine Methode entwickelt, aus den zahlreichen PAK-Verbindungen die gefährlichen herauszusuchen.

Dosis-Wirkungs-Verhältnis war bisher unklar

In einem Kooperationsprojekt untersuchte das Institut die Wirkung der PAK-Belastung auf die Gesundheit von Beschäftigten an Arbeitsplätzen mit höherer PAK-Exposition in der Luft. Bislang gibt es nur wenig belastbare Daten zur Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen der individuellen PAK-Konzentration am Arbeitsplatz und Biomarkern im Körper, die auf mögliche gesundheitliche Schäden hinweisen. Insbesondere fehlte bisher eine ausreichend große Zahl personengetragener Messungen, um einen funktionellen Zusammenhang darzustellen. Ergebnisse des Projekts werden jetzt im Rahmen der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin (DGAUM) in Hannover vorgestellt.

Neue Messmethode liefert belastbare Daten

Die Wissenschaftler des BGFA nahmen die PAK-Verbindung Phenanthren (PHE) genauer unter die Lupe. Sie verglichen die Konzentration

von PHE in der Luft mit der Konzentration seiner Stoffwechselprodukte (1-,2+9-,3- und 4-Hydroxyphenanthren, kurz OHPHE) im Urin der Arbeiter am Ende ihrer Schicht. Ergebnis: Die innere Belastung mit OHPHE spiegelt die äußere Belastung mit PHE gut wider.

DNA-Schäden untersuchen

Als zweiten Aspekt untersuchten die Wissenschaftler, ob die Belastung durch PAK oxidative DNA-Schäden beziehungsweise DNA-Strangbrüche verursacht. Bei den exponierten Beschäftigten wurden zwar mehr Schäden als bei nicht PAK-belasteten Arbeitern gefunden, jedoch nahmen sie weder mit steigender Konzentration von PAK in der Luft noch mit steigender Konzentration von PAK-spezifischen Stoffwechselprodukten im Harn zu. Das BGFA gewinnt durch seine Methode erste Erkenntnisse über die unterschiedliche Wirksamkeit der PAK-Verbindungen. So können die Forscher auch identifizieren, an welchen Arbeitsplätzen welche Verbindungen vorkommen und deren Belastung für die Arbeitnehmer abschätzen.

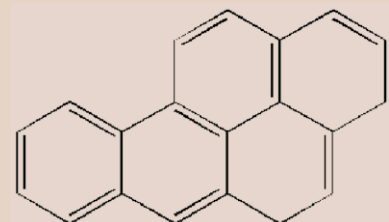
### Wissenswertes über PAK

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) umfassen mehr als 100 Substanzen, deren Moleküle mindestens zwei miteinander verbundene aromatische Ringe aufweisen. Die für Tier und Mensch gefährlichsten Vertreter haben häufig vier bis sieben Ringe. Benz(a)pyren ( $C_{20}H_{12}$ , BaP, Abbildung unten rechts) mit fünf Ringen dient als Leitsubstanz. Man sieht die Substanz als Maßstab für die carcinogene Umweltbelastung durch die gesamte PAK-Gruppe an.

PAK sind als Dauergift weit verbreitet, schwer abbaubar und kaum in Wasser löslich; sie weisen hohe Stabilität und Siedepunkte auf und riechen oft dumpf-muffig.

PAK entstehen bei der unvollständigen Verbrennung von organischem Material. Sie sind zu finden in Tabakteeer und Tabakrauch, in Autoabgasen (insbesondere Dieselruß), Räucher- und Grillrauch, den Abgasen von Kaminfeuern sowie in Schwelstoffen von Räucherkerzen oder Weihrauch. Je weniger Sauerstoff bei der Verbrennung vorhanden ist, desto mehr Schadstoffe entstehen.

PAK werden hauptsächlich mit der Luft verbreitet. Aufgrund ihrer außerordentlich geringen Flüchtigkeit ist ihre Verbreitung an das Vorkommen von Partikeln wie Staub, Ruß und Pollen gebunden. Die Aufnahme erfolgt durch die Atmung der belasteten Luft über die Lunge, durch die Nahrung und das Trinkwasser sowie durch die Haut. Die den kleinsten Rußteilchen in der Luft anhaftenden PAK können bis in die Alveolen der Lunge vordringen, dort abgelöst und chemisch verändert, d.h. metabolisiert werden. Die Partikel können dort auch von Makrophagen aufgenommen, über die Lymphwege weitertransportiert und in anderen Organen metabolisiert werden. Erst durch diese Metabolisierung entstehen aus dem PAK die eigentlichen krebserzeugenden Stoffe.



## Nützliche Ratgeber 65 – 67

## Nachwachsende Rohstoffe und Strahlenschutz

## Biorohstoffe

Auf Rohstoffe aus dem Forst und vom Acker kann die chemische Industrie heute nicht mehr verzichten. Das dokumentierte die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) e.V. mit ihrem Messexponat auf der Achema 2006. Druckfrisch dabei, liefert die Broschüre „Nachwachsende Rohstoffe in der Industrie“ fundierte Fakten.

Mehr als 130 Millionen Kubikmeter Holz und knapp 2,7 Millionen Tonnen pflanzliche Öle und Fette, Stärke, Zucker, Zellstoff und andere nachwachsende Rohstoffe werden jedes Jahr der chemisch-technischen Veredlung in Deutschland zugeführt. Damit deckt allein die Chemische Industrie über zehn Prozent ihres Rohstoffbedarfs.

Vor allem über intelligente oleochemische und biotechnologische Verfahren werden Biorohstoffe in den Stammbaum der klassischen Chemie integriert. Um hierbei Forschung und Entwicklung weiter voranzutreiben, hat die FNR den Förderschwerpunkt „Biokonversion“ ins Leben gerufen. Die Broschüre „Nachwachsende Rohstoffe in der Industrie“ ist über [www.fnr.de](http://www.fnr.de), Stichwort „Literatur“, kostenlos bestellbar beziehungsweise als PDF herunterzuladen.



## Nachwuchsförderung im Strahlenschutz

Der Deutsch-Schweizerische Fachverband für Strahlenschutz e.V. will Schülerinnen und Schüler zur Beschäftigung mit Fragen rund um das Thema Radioaktivität und Strahlenschutz motivieren. Der Fachverband hat zu diesem Zweck einen Wettbewerb ausgeschrieben, bei dem zunächst verschiedene Projekte gefördert und die besten am Ende der Projektphase honoriert werden.

Die Initiative „Nachwuchsförderung im Strahlenschutz“ richtet sich an Schülerinnen und Schüler ab der 10. Schulklasse im Alter von mindestens 16 Jahren. Das Spektrum möglicher Projekt-Themen umfasst die Bestimmung von Radionukliden in Umweltproben und Lebensmitteln, die Strahlendosis in Wohnungen, Luft- oder Raumfahrt, Radioaktivität im Alltag, Strahlung in der Medizin oder beispielsweise auch die Konstruktion von Strahlungsmessgeräten.

Die vom Fachverband für Strahlenschutz genehmigten Projekte – gefördert werden können Einzelpersonen oder Gruppe bis zu drei Schülern – werden mit 500 Euro pro Einrichtung unterstützt. Nach einer Laufzeit von maximal acht Monaten wird das Ergebnis des Projekts beim Fachverband für Strahlenschutz eingereicht. Für die fünf besten Arbeiten werden Schüler und Betreuer zur Vorstellung ihres Projekts beim Fachverband eingeladen. Der Gewinner erhält eine Einladung zur Jahrestagung des Fachverbands, wo er sein Projekt im Rahmen eines Vortrags vorstellen kann.

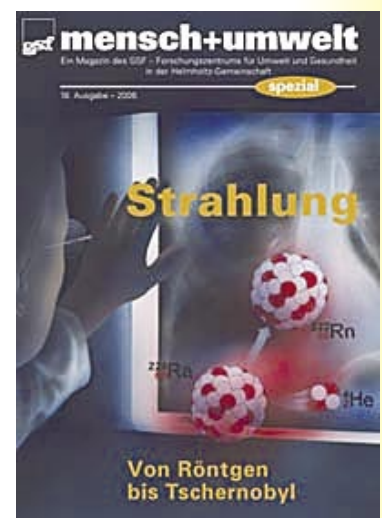
Schüler und ihre Betreuer, die an der Initiative „Nachwuchsförderung im Strahlenschutz“ teilnehmen möchten, können ihre Unterlagen bis zum 1. Juni 2006 einreichen. Näheres unter <http://fs-ev.de>. Die Förderung beginnt dann ab dem 1. September 2006.

## Strahlung – Von Röntgen bis Tschernobyl

„Strahlung – von Röntgen bis Tschernobyl“ lautet der Titel der neuen Ausgabe des GSF-Magazins *mensch+umwelt* *spezial*. Das GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit wendet sich mit dem 64-seitigen Heft an die interessierte Öffentlichkeit, die sich über grundlegende Fragen der Wirkungen und Risiken ionisierender Strahlung informieren möchte.

In einzelnen Beiträgen wird erläutert, welchen Quellen ionisierender Strahlung wir ausgesetzt sind und worauf die Konzepte zur Dosis- und Risikoermittlung beruhen. 20 Jahre nach dem Reaktorunglück von Tschernobyl wird in dem Heft eine vorsichtige Bilanz der Ereignisse gezogen und die

sich daraus ergebenden Erkenntnisse für den Strahlenschutz werden aufgezeigt. Auch neue Ergebnisse zur Radonepidemiologie sowie ein Überblick zur Strahlenanwendung in der medizinischen Diagnostik gehören zu den dargestellten Themen (Download unter [www.gsf.de/neu/Aktuelles/Zeitschriften/index\\_radioaktivitaet.php](http://www.gsf.de/neu/Aktuelles/Zeitschriften/index_radioaktivitaet.php)).



## Auf Tuchfühlung mit Schimmelpilzgiften in Milch und Kaffee

# Neues Analyseverfahren für Mykotoxine

Anke Janssen, Technologie-Transfer-Zentrum Bremerhaven

**Die Begegnung mit verschimmelten Lebensmitteln ist nicht nur unschön, sondern vor allem schädlich für den Verbraucher. Genauer gesagt, ist es nicht der Schimmel selbst, sondern die Schimmelpilzgifte, die Mykotoxine, die von Schimmelpilzen wie Penicillium oder Aspergillus freigesetzt werden. Diese Gifte müssen frühzeitig von der Lebensmittelindustrie in Kaffee, Getreide oder anderen Nahrungsmitteln erkannt werden, um den Verbraucher zu schützen. Im Projekt Mycoplex am ttz Bremerhaven, das von der EU im Rahmen des Craft-Programms teilweise gefördert wird, entwickeln die Projektpartner derzeit ein neuartiges Verfahren zur Früherkennung von Schimmelpilzgiften. Der erste Prototyp wird für Mai erwartet.**

**HPLC:** High Performance Liquid Chromatography: Die zu untersuchende Substanz wird zusammen mit der „mobilen Phase“ durch eine Trennsäule gepumpt, die die „stationäre Phase“ enthält. Je nach Stärke der Wechselwirkungen zwischen Substanzbestandteilen und stationärer Phase erscheinen die Bestandteile der Substanz zu verschiedenen Zeiten (den „Retentionszeiten“) am Ende der Trennsäule, wo sie dann mit einem geeigneten Detektor nachgewiesen werden können.

**ELISA:** Enzyme-Linked Immunosorbent Assay: Hierbei macht man sich die Eigenschaft spezifischer Antikörper zu Nutze, die an den nachzuweisenden Stoff (Antigen) binden. Die Antikörper oder teilweise auch das Antigen werden zuvor mit einem bestimmten Enzym markiert. Die von dem Enzym katalysierte (Farb-)Reaktion dient als Nachweis für das Vorhandensein des Antigens.

**PCR:** Polymerase Chain Reaction: Die Methode vervielfältigt die Erbsubstanz DNA, ohne einen lebenden Organismus zu benutzen mit Hilfe von Enzymen. Sie findet gewöhnlich in einem Thermocycler statt, da die einzelnen Reaktionsschritte stark temperaturabhängig sind.

Bei dem Projekt geht es insbesondere um die Erkennung von Schimmelpilzgiften in Milch und Kaffee. Beide Produkte sind sehr anfällig für die Kontamination mit Mykotoxinen. Beim Kaffee spielen die Lagerungsbedingungen eine erhebliche Rolle. Das warme, zum Teil feuchte Klima in den Herkunftsländern des Kaffees begünstigt das Schimmelwachstum und damit die Produktion Schimmelpilzgifte. Kühe können die Mykotoxine schon über kontaminiertes Futter aufnehmen und übertragen sie so in die Milch.

Mit den seit 2002 in Europa geltenden Grenzwerten für die Konzentration von Mykotoxinen in Lebensmitteln wurden unter anderen Kaffee- und Milchproduzenten zu verstärkten Kontrollen für den Verbraucherschutz verpflichtet. „Wir arbeiten in dem Projekt seit anderthalb Jahren mit acht europäischen Industrie- und Forschungspartnern an einem Verfahren, das der Industrie eine schnelle, unkomplizierte, sensitivere und im Vergleich zu bisherigen Untersuchungen kostengünstigere Möglichkeit gibt, die Schimmelpilzgifte frühzeitig zu erkennen,“ erläutert Projektleiterin Maria Bunke vom ttz Bremerhaven, das die Gesamtkoordination des Projekts übernommen hat. Frühzeitige Erkennung bedeutet in diesem Fall, dass die Projektpartner ein Verfahren entwickeln, das schon geringste Mengen des Giftes erkennen kann – Konzentrationen von unter 0,01 mg/kg, ein hundertmillionstel Gramm in einem Kilogramm Kaffee oder Milch. Ein Wert, der unter der von der EU vorgegebenen Schwelle liegt. „Diese Detektierung äußerst geringer Konzentrationen an Mykotoxinen hat entscheidende Vorteile: Die Sicherheit für den Verbraucher steigt. Die Industrie kann größere Verluste in der Produktion vermeiden, wenn Kontaminationen mit Schimmelpilzgiften frühzeitig

erkannt werden. Entsprechend können früher Gegenmaßnahmen eingeleitet werden,“ erklärt Bunke und ergänzt, dass es sehr wahrscheinlich sei, dass die EU demnächst die Richtlinien zur Verbesserung der Verbrauchersicherheit erneut verschärfen werde.

Die bisherige Standardmethode zur Untersuchung auf Schimmelpilzgifte ist die HPLC. Sie erfordert ein gut ausgestattetes Labor, teure Geräte, Chemikalien und gut ausgebildetes Personal. Viele Milch- und Kaffeeproduzenten beauftragen daher externe Lebensmittellabore mit der Untersuchung ihrer Proben. Eine einfachere Methode ist das ELISA Testverfahren, welches Mykotoxine jedoch erst in einer Konzentration nachweisen kann, die den von der EU vorgeschriebenen Grenzwert überschreitet.

Das im Projekt Mycoplex entwickelte Verfahren basiert ebenfalls auf der ELISA-Methode, wird aber mit der PCR kombiniert, was die Nachweisgrenze signifikant senkt. Die PCR kann selbst kleinste Mengen Giftstoffe erkennen und das Ausgangssignal verstärken. Die Analyse mit dem neuen Testverfahren beinhaltet im ersten Schritt eine entsprechende Probenvorbereitung um störende Substanzen wie Milchproteine oder Koffein zu entfernen. Hierzu entwickelten verschiedene Projektpartner Aufreinigungsverfahren, die von den Endanwendern leicht durchzuführen sind. Anfang Mai wird voraussichtlich der erste Prototyp eines Test-Kits fertiggestellt sein. Dieses Analyse-Set beinhaltet alle notwendigen Substanzen und wird voraussichtlich 2007 auf den Markt kommen. Der Preis dieses Kits, mit dem 48 Proben in Doppelbestimmung untersucht werden können, wird unter 50 Euro liegen und wäre somit günstiger als das herkömmliche HPLC-Verfahren. Außerdem kann es von den Produzenten selbst angewendet werden.

## Bibliotheken: Verbreitung von Wissen in Gefahr Urheberrecht hemmt Forschung

„Die am 22. März 2006 durch die Bundesregierung verabschiedete zweite Urheberrechtsanpassung sieht eine massive Einschränkung der Nutzung wissenschaftlicher Information vor. Deutschland droht jetzt über das Urheberrecht ein bildungs- und wissenschaftsfeindliches Land zu werden.“ Dieser Warnung der Universitätsbibliothek Würzburg vom 28. März 2006 schließt sich die Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf uneingeschränkt an.

Besonders gravierende Folgen für Forschende und Studierende soll die Einschränkung des Dokumentlieferdienstes haben. Vor Ort fehlende Zeitschriftenartikel dürfen anders als bisher nicht mehr via elektronischer Lieferung von anderen Bibliotheken bezogen werden, sofern ein entsprechendes kostenpflichtiges Angebot der Verlage existiert.

Der elektronische Lieferdienst ist aber einer der Stützpfeiler der Versorgung mit überregionaler Literatur. Er stellt den Zugang zu wissenschaftlichen Ressourcen für Forschung und Lehre auch dann sicher, wenn der direkte Weg zu der gewünschten Literatur an der eigenen Universität wegen der schrumpfenden Erwerbungsstellen der Bibliotheken nicht mehr gewährleistet ist.

Die in den letzten Jahren in den Bibliotheken mit hohen Kosten ausgebaute Infrastruktur für den elektronischen Lieferdienst ist damit weitgehend obsolet. Auf die Studierenden und Forschenden kommen massive private Kosten für die Versorgung mit notwendiger Literatur zu. Die seit jeher übliche und selbstverständliche Funktion der „Fernleihe“, vor Ort wegen schrumpfender Etats nicht mehr vorhandene Literatur dennoch zur Verfügung zu stellen, wird durch das neue Urheberrecht zum großen Schaden von Forschung und Studium ausgehebelt.

Erst seit Ende 2003 ist es zulässig, dass Dozenten für ihre studentische Seminargruppe, Lehrer für ihre Schüler oder Wissenschaftler für ihre Forschungspartner Zeitschriftenartikel oder kleinere Buchkapitel einscannen und dann online – über Passwort geschützt – zugänglich machen. „Ab 2007 soll dies aber wieder verboten sein“, erklärt Karl Südekum, Direktor der Universitätsbibliothek Würzburg. Ausgerechnet im Bereich der wissenschaftlichen Bildung müsse dann „auf die gute, alte Papierkopie“ zurückgegriffen werden – und das Bundesministerium für Justiz (BMJ) feiere dies als Akt der „Modernisierung“.

Nach Ansicht des Direktors der Würzburger Unibibliothek berücksichtigt die Gesetzesnovelle nicht hinreichend den Bedarf nach einem offenen Umgang mit Wissen und Information in Ausbildung, Lehre und Forschung. Auch nach Einschätzung des bundesweiten Aktionsbündnisses „Urheberrecht für Bildung und Wissenschaft“ hätten die Vorgaben in der Multimedia-Richtlinie der Europäischen Union dem deutschen Gesetzgeber durchaus Spielraum für bildungsfreundlichere Regeln gelassen. Südekum: „Geradezu höhnisch klingt die Feststellung des BMJ, dass durch den Beschluss das deutsche Urheberrecht ‘fit für das digitale Zeitalter’ gemacht werde. Nicht fit gemacht wird die Informationsgesellschaft, sondern krank, zumindest im internationalen Wettbewerb aber stark geschwächt.“

Absolut unverständlich ist darüber hinaus, dass die an vielen Bibliotheken mit großem personellen und finanziellen Aufwand und großem Erfolg eingeführten elektronischen Seminarapparate wieder eingestellt werden müssen. Das Verbot gerade dieses, das Studium vereinfachende und beschleunigende Instrument sei angesichts der Einführung von Bachelor- und Masterstudiengängen sowie von Studiengebühren nicht nachvollziehbar.

### Aus der Bildungslandschaft

- Zum kommenden Wintersemester starten an der **Fachhochschule Bingen** folgende Bachelor-Studiengänge: Agrarwirtschaft, Bioinformatik, Biotechnologie, Energie- und Prozesstechnik, Elektrotechnik, Informatik, Maschinenbau, Umweltschutz und Wirtschaftsingenieurwesen. Die Einführung weiterqualifizierender Master-Studiengänge ist schrittweise ab dem Sommersemester 2007 geplant.
- Auch zum kommenden Wintersemester bieten die nordrhein-westfälischen Universitäten angehenden Studenten der Natur- und Ingenieurwissenschaften, der Wirtschaftswissenschaften, der Medizin und Pharmazie sowie der Informatik Kurse an, die ihnen den **Studieneinstieg** erleichtern sollen. Die Angebote der Hochschulen dienen dazu, die Vorkenntnisse in den Fächern Mathematik, Informatik, Physik und Chemie aufzufrischen beziehungsweise abzurufen ([www.wss.nrw.de](http://www.wss.nrw.de)).
- Die medizinische Hochschule Hannover MHH richtet zum Wintersemester den bereits akkreditierten Masterstudiengang **Biomedizin** ein. Innerhalb von zwei Jahren können Studierende mit einem erfolgreichen Bachelorabschluss ihre biowissenschaftlichen Kenntnisse in Fächern an der Schnittstelle zwischen Biologie und Medizin vertiefen.
- Unternehmen der Erdöl- und Erdgasindustrie und die Technische Universität (TU) Clausthal haben ein **duales Studium Petroleum Engineering** gestartet. Das Ziel des neuen Masterstudiengangs ist es, parallel zur akademischen Ausbildung betriebliche Praxis zu vermitteln, Wissensfestigung und -erweiterung zu ermöglichen und die Studierenden in den Unternehmensalltag einzuarbeiten.
- Mit Fachhochschul-Reife und einer bestandenen Zusatzprüfung kann man an der **Universität Paderborn** ein Studium der Chemie, der Physik oder des Maschinenbaus beginnen. Dabei stehen sämtliche Abschlüsse vom Bachelor über den Master bis zum Dokortitel offen.
- Die Philipps-Universität Marburg ermöglicht begabten Schülern bereits **vor ihrem Abitur ein Studium** mit anrechenbaren Prüfungen. Seit April studieren zwei Frauen und sieben Männer, die sich noch in der zwölften und dreizehnten Jahrgangsstufe befinden, Mathematik (fünf), Physik (zwei), Geschichte, Theologie und Medienwissenschaft.
- Die Fakultät für Biologie der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München bietet ab dem Wintersemester 2006/07 ein neues Master- und PhD-Programm im Bereich der **Evolutionsbiologie** an: „Munich Graduate Program for Evolution, Ecology and Systematics“ (EES) wird von der VolkswagenStiftung gefördert. Das Ausbildungskonzept ist interdisziplinär und international ausgerichtet und betont die persönliche und individuelle Betreuung der Studierenden.

# Elemente und ihre Darstellung und Gewinnung

## Die vierte Hauptgruppe – es kann mehr als eine Antwort richtig sein

1 Welche Elemente gehören zur vierten Hauptgruppe?

- A Kohlenstoff
- B Antimon
- C Zinn
- D Blei
- E Bismut

2 Ordnen Sie die Elemente der vierten Hauptgruppe nach steigender Ordnungszahl.

- A Ge, Pb, Si, C, Sn
- B C, Ge, Pb, Si, Sn
- C Pb, Si, C, Ge, Sn
- D C, Si, Sn, Ge, Pb
- E C, Si, Ge, Sn, Pb

3 In welchem Verhältnis stehen die Häufigkeiten von Kohlenstoff und Silicium in der uns zugänglichen Erdhülle (Erdrinde, Wasser- und Lufthülle) in etwa ?

- C zu Si wie
- A 3 zu 1
- B 1 zu 30
- C 1 zu 300
- D 3000 zu 1
- E 1 zu 1

4 Im Vergleich mit den anderen Elementen der ersten Achterperiode im Periodensystem der Elemente hat Kohlenstoff

- A eine große Affinität zu O<sub>2</sub>.
- B eine große Affinität zu Wasserstoff.
- C eine große Affinität zu eher elektropositiven Elementen.
- D eine eher geringe Affinität zu eher elektronegativen Elementen.
- E eine große Affinität sowohl zu Sauerstoff als auch zu Wasserstoff.

5 Welches Material ist eine Modifikation des Kohlenstoffs?

- A Dolomit
- B Diamant
- C Graphit
- D Fulleren
- E Kreide

6 Wo und wie gewinnt man Diamanten?

- A Durch bergmännischen Abbau in Kanada.
- B Technisch durch Erhitzen von Kohle unter Luftabschluss.
- C Technisch durch sehr starken Druck und Hitze aus Graphit.
- D In Südafrika im Küstenbereich unter Wasser.
- E Aus Meteoriten in der Wüste Nevadas.

7 Wo baut man hauptsächlich natürlichen Graphit ab?

- A China
- B Kanada
- C Italien
- D Nevada
- E Brasilien

8 Was sind heute gängige Ausgangssubstanzen für die technische Graphit-Herstellung?

- A Kunststoffe
- B Braunkohle
- C Marmor
- D Erdöl
- E Biomasse

9 In welcher Form findet man Silicium in der Natur?

- A Elementar.
- B Als Silicat.
- C Als Kieselgut.
- D Als Quarz.
- E Als Bergkristall.

10 Wer stellte wann elementares Silicium dar und gab ihm seinen Namen?

- A 1899 Friedrich Bergius
- B 1851 Pierre Eugene Berthelot
- C 1823 Jens Jacob Berzelius
- D 1769 Claude Louis Berthollet
- E 1911 Henri Becquerel

11 Wie stellt man technisch Rohsilicium dar?

- A Im Wirbelschichtreaktor mit gasförmigem Chlorwasserstoff.
- B Mit Kohlenstoff im Lichtbogenreduktionsofen.
- C Durch Pyrolyse von Monosilan.
- D Aluminothermisch.
- E Durch Zonenschmelzen.

12 Welches Element ist häufig Bestandteil natürlicher Germanium-Mineralien?

- A Kohlenstoff.
- B Sauerstoff.
- C Schwefel.
- D Phosphor.
- E Chlor.

13 Seit wann ist das Metall Zinn der Menschheit bekannt?

- A Seit etwa 2000 Jahren.
- B Seit Mitte des 19. Jahrh.
- C Seit der Entdeckung Amerikas.
- D Seit mindestens 3000 vor Christus.
- E Seit etwa 500 Jahren.

14 Wie gewinnt man heute große Mengen elementares Zinn?

- A Durch bergmännischen Abbau von gediegenem Zinn.
- B Aus Zinnstein im Schachtofen.
- C Durch Recycling.
- D Durch Elektrolyse.
- E Durch Seigern.

15 Was sind heute wichtige Rohstoffe für die Blei-Gewinnung?

- A Gediegenes Blei.
- B Bleiglanz.
- C Bleihaltige Altstoffe.
- D Scheelbleierz.
- E Bleioxid.

16 Bei einem Verfahren zur Bleiherstellung besteht der erste Schritt in der Reaktion von Bleisulfid zu Bleioxid. Das ist

- A Röstarbeit.
- B Reduktionsarbeit.
- C Raffinationsarbeit.
- D Reaktionsarbeit.
- E Redaktionsarbeit.

### Lösungen zu Seite M24 (CLB 03/2006):

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

(Alle Lösungen zu Seite M32 finden Sie in CLB 05/2006 sowie auf [www.clb.de](http://www.clb.de))

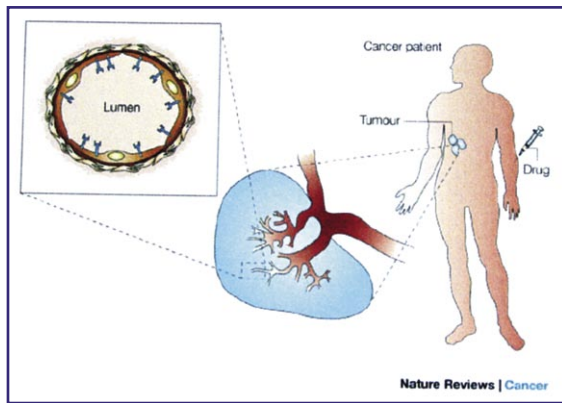


Abb. 1: Schematische Darstellung einer Antikörper-vermittelten Tumorgefäß-Markierung. Die Selektivität bei der Kennzeichnung und für die Therapie ist mit der Fähigkeit der Antikörper verbunden, sich bevorzugt an die Tumorgefäß-Strukturen anzulagern. Der Wirkstoff wird intravenös appliziert und steuert die Tumor-induzierten Antigene an, die sich entweder an den endothelialen Zellen (blau) befinden oder im perivaskulären Raum (rot). Details: Neri, Bickwell: «Tumor Targeting»; Nature Reviews Cancer, Volume 5, June 2005.

Tumorzellen können sich mit Hilfe von „Scheinfüßchen“ gezielt in Richtung eines Blutgefäßes bewegen. Die Bildung von VEGF wird über aktivierte Onkogene und unterdrückte Tumor-Suppressor-Gene in Gang gesetzt und verstärkt unter anderem die Gefäßpermeabilität. Der Faktor stimuliert die Vermehrung der Endothelzellen, mit denen die Wände der Blutgefäße ausgekleidet sind. Nachdem VEGF an seinen Rezeptor gebunden hat, teilen sich diese Wandzellen, und die Neubildung des Blutgefäßes beginnt. Mit dem Blut werden dann entartete Zellen in andere Organe geschwemmt. Viele Tumorzellen passieren daher zunächst das Herz und werden dann mit dem Blut in die Lungenkapillaren gepumpt. Dadurch gehört die Lunge zu den Organen, in denen sich die meisten Metastasen finden. Ausgehend von Krebszellen im Dickdarm wird in vielen Fällen auch die Leber metastasiert.

### Extra-Domäne B des Fibronektins als Zielmolekül zur Angiogenese-Markierung

Pathologische Störungen im Gleichgewicht der Blutgefäßfaktoren verursachen nicht nur Krebs, sondern auch Erkrankungen der Gelenke wie rheumatoide Arthritis oder der Haut wie beispielsweise Psoriasis. Auch die Augen können von altersabhängiger Makula-Degeneration betroffen sein. Viele Diabetiker sind von Retinopathie betroffen, einer Schädigung, die infolge der unkontrollierten Bildung neuer Blutgefäße in der Netzhaut zu massiven Sehstörungen bis hin zur Blindheit führt. Im gesunden Körper sorgen beispielsweise Angiostatin, Endostatin, Interferone, Interleukine, Retinolsäure und Vasostatin dafür, dass es nicht zu einer krankhaften Neubildung von Gefäßen kommt. Das Protein Angiostatin gilt als eines der wirksamsten

der bisher bekannten Inhibitoren der Angiogenese. Es bindet Bestandteile des Zellskeletts wie Integrine und hemmt dadurch sowohl die Zellvermehrung als auch die Zellbeweglichkeit. Endostatin wird während der physiologischen Angiogenese, beispielsweise im Rahmen der Wundheilung, freigesetzt. Die Substanz sorgt dafür, dass die Gefäßneubildung zum richtigen Zeitpunkt wieder gestoppt wird.

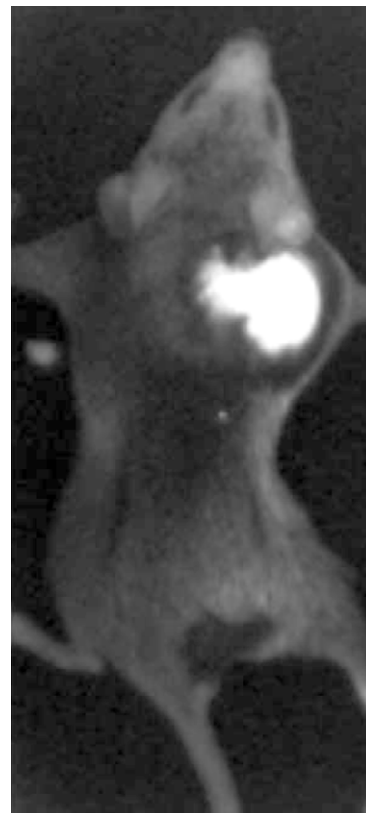
Eine Möglichkeit, noch selektiver wirkende Anti-krebs-therapien zu entwickeln, basiert auf einer gezielten Abgabe von beispielsweise Cytokinen, auf die Gerinnungskaskade Einfluss nehmenden Prokoagulanzen, lichtempfindlichen Photosensibilisatoren oder Radionukliden an die Tumorumgebung. Dabei sollen die bioaktiven Moleküle spezifisch an tumorassoziierte Antigene auf dem neugebildeten Tumorgefäßsystem binden. Diese sind vor allem wegen ihrer guten Erreichbarkeit ideale Ziele für einen biomolekularen Eingriff.

Zu den besten bisher bekannten Markern für die Angiogenese zählt die Extradomäne B (ED-B) des Basalmembranmoleküls Fibronektin, welche von Prof. Luciano Zardi vom Nationalen Krebsforschungs-Institut in Genua entdeckt wurde. Fibronektine sind größere zelladhäsive Glykoproteine in der extrazellulären Matrix und essentiell für die embryonale Entwicklung. Sie spielen eine Rolle bei der Anheftung, Wanderung, Ausdifferenzierung und Proliferation von Zellen oder bei der Wundheilung.

Bei ED-B handelt es sich um 91 zusätzliche Aminosäuren im Fibronektin-Molekül, welches sich um neovaskuläre Strukturen in aggressiven Tumoren und den Geweben anhäuft, die der Angiogenese unterliegen. Da das in den Blutgefäßen gebildete B-Fibronektin verschwindet, sobald die Adern voll ausgebildet sind, ist die ED-B in gesundem Gewebe nicht mehr nachweisbar. Dieser bei Maus, Kaninchen und anderen Spezies identische Bereich kommt demnach in Tumoren ausschließlich auf neu gebildeten Blutgefäßen vor, so dass er als Marker für die Angiogenese prädestiniert ist.



Abb. 2: 24 Stunden-Nahinfrarot-Aufnahme einer <sup>129</sup>SvEv Maus mit Tumor. Maus mit subkutan, intravenös eingepflanztem F9 Teratokarzinom, der ein mit Infrarot Fluorophor Cy7 markierter SIP(L19) Antikörper injiziert wurde. SIP (small immune protein) ist eine rekombinante Mini-Antikörper-Struktur (Details: Kaspar, Zardi, Neri: «Fibronectin as target for tumor therapy», Mini Review, Int. J.Cancer: 118, 2005).



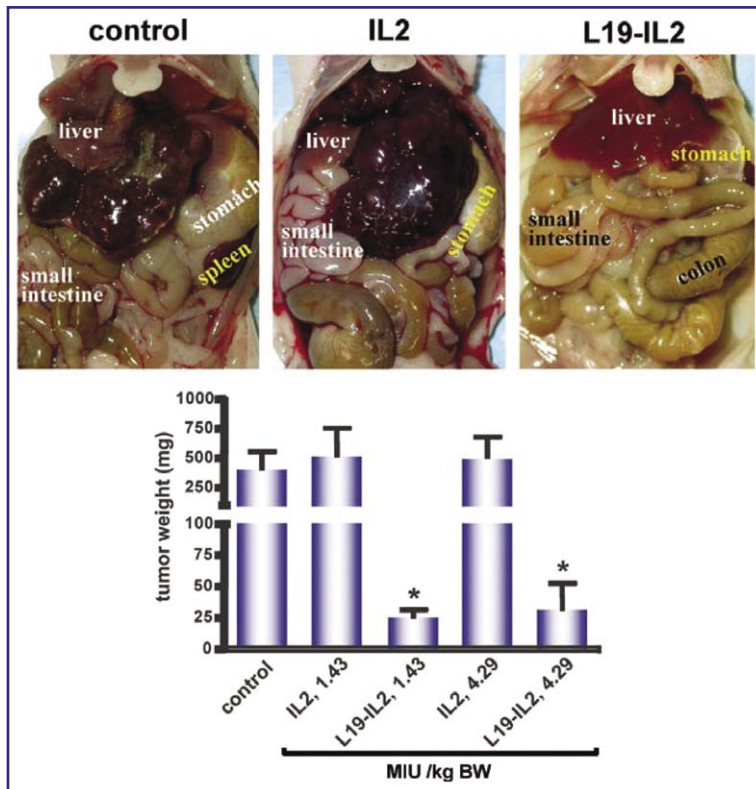


Abb. 3: Therapeutische Wirkung von L19-IL2.

Gruppen mit 8 Nacktmäusen mit HuH7-Lebertumorzellen wurden in 2 Behandlungszyklen mit L19-Interleukin 12 oder Proleukin behandelt. Danach wurden die Tumorgewichte der getöteten Tiere vermessen. Dabei zeigte das Fusionsprotein L19-IL12 gegenüber dem IL2 eine massiv erhöhte therapeutische Wirksamkeit.

MIU: Millionen internationaler Einheiten IL2; BW: Körpergewicht

Details: Kaspar, Zardi, Neri: «Fibronectin as target for tumor therapy», Mini Review, Int.J.Cancer: 118, 2005./Darstellung mit Genehmigung von Expert Opin Ther Targets, 2005.

Lange Zeit war es nicht möglich, menschliche Antikörper (AK) gegen die Aminosäurekette herzustellen, weil diese gegenüber dem körpereigenen Protein tolerant sind. Daher durchsuchte die Arbeitsgruppe „Biomakromoleküle“ die ETH-Antikörper-Bibliothek. In Zusammenarbeit mit Zardi gelang es ihnen, Antikörperfragmente zu isolieren, die an ED-B banden und mit diesen auch geeignete Fusionsproteine zu synthetisieren.

Der für den ED-B-Bereich des Fibronectins spezifische scFv (L19)-Einzelketten-Phagenantikörper L19 färbt nach der erfolgten Bindung alle Blutgefäße in aggressiven soliden Tumoren an, während in Blutgefäßen gesunder Organe keine Bindung und damit auch keine Anfärbung stattfinden. Da sich ebenfalls andere an L19 gekoppelte Substanzen in angiogene Gefäßbetten transportieren lassen, eignet sich diese Methode zum vaskulären Targeting. Die ETH-Forscher konnten bald zeigen, dass ebenso ein aus scFv(L19) und dem extrazellulären Funktionsbereich des Tissue-Faktors TF zusammengesetztes Fusionsprotein selektiv an Tumorgefäße bindet. Das Zelloberflächen-Glykoprotein TF ist ein wichtiger Initiator für die Blutkoagulation. Als verkürzte Form des TF aktiviert das aus nur einem extrazellulärem löslichen Teil bestehende tTF die Ver-

klumpungskaskade jedoch noch stärker. Das synthetisierte Immunokonjugat unterbricht die Blutversorgung verschiedener Typen von soliden Tumoren in Mäusen und bewirkt im Tierversuch in hoher Dosis ohne wesentliche Nebeneffekte sogar eine Rückbildung der Krebsgeschwulste.

An die Antikörper-Bruchstücke können auch verschiedene Effektormoleküle wie Teile des Interleukin (IL)-2 oder Interleukin-12 angeheftet werden. Das IL-12 beispielsweise besitzt Antitumoraktivität und wird bereits gegen Nierenkarzinome und Melanome eingesetzt. Fusionsproteine aus dem menschlichen, ED-B erkennenden scFv(L19)-Antikörper-Fragment und IL-12 sind therapeutisch um den Faktor 20 wirksamer als das Interleukin-12 allein. Der radiomarkierte scFv(L19) befindet sich in Italien und der Schweiz in immunoscintigraphischen klinischen Untersuchungen. Therapeutische Fusionsproteine mit L19-AK sind in der GMP (Good Manufacturing Practice)-Phase und als Substanz zum vaskulären Targeting für verschiedene Indikationen in der klinischen Prüfung. Eine klinische Studie für L19-Iod 131 in der Schweiz wurde bereits bewilligt und für L19-IL2 unlängst eine entsprechende Zulassung für Italien erhalten.

### Neue Technologien zur Entdeckung wirksamer Tumorantikörper

Verschiedene körpereigene oder mikrobielle Substanzen, aber auch die anatomische Umgebung, Stoffwechselprozesse, Fließeigenschaften des Blutes, Gefäßdurchmesser oder Zellentwicklungsschritte lösen im Endothel verschiedenartige Genaktivierungen mit anschließenden Proteinbindungsreaktionen aus. Auch die Tumormikroumgebung induziert eine spezifische Eiweißexpression auf der Endothelzelloberfläche. Die Besonderheiten solcher Endothelien mit den sich daraus ergebenden verschiedenartigen Proteinmustern eignen sich daher auch zur Entwicklung spezifischer Antikörper zur Begrenzung des Tumorstadiums.

Die ETH-Forscher haben nun eine neue Methode entwickelt, mit der in Tiermodellen oder auch in chirurgisch entnommenen Gewebeproben festgestellt werden kann, welche Proteinmuster im Organ abhängig von physiologischen und pathologischen Prozessen vorliegen.

Dazu wird das Blut von Mäusen mit einem reaktiven Biotin-Esterderivat durchströmt und anschließend isolierte Organproben sowie Unterhaut- und Nierentumorextrakte nach verschiedenen Reinigungs- und Auftrennungsschritten auf die enthaltenen biotinylierten Proteine hin untersucht. Es zeigte sich, dass Tumorgewebe gegenüber gesundem Zellmaterial qualitative und quantitative Unterschiede im Gehalt dieser biotinylierten Proteine aufweisen. Inzwischen sind die Forscher damit beschäftigt, die Methode für die Entdeckung neuer vaskulärer Tumormarker in Na-



## Tumor-Angiogenese-Hemmer verschiedener Pharma-Firmen:

Inzwischen sind mehrere Angiogenesehemmer auf dem Markt. Eines davon ist das Bevacizumab von Genentech/F. Hoffmann-La Roche. Normalerweise stößt die von Tyrosinkinasen auf der Innenseite der Zellmembran ausgehende Aktivierung eine Signalkaskade in das Zellinnere an, die den Vorgang der Angiogenese auslösen. Der monoklonale, rekombinante humanisierte Immunglobulin G1-Antikörper bindet an den Gefäßwachstumsfaktor VEGF, so dass dieser nicht mehr an seine Rezeptoren andocken und sie aktivieren kann. Mit der zusätzlichen Verabreichung des Arzneimittels gelang es, das Leben von Patienten mit fortgeschrittenen, kolorektalen Karzinomen im Durchschnitt um fünf Monate zu verlängern. Gemeinsam mit Novartis entwickelt Schering den Angiogeneseinhibitor PTK/ZK, der eine hemmende Wirkung auf alle bekannten VEGF-Rezeptor-Tyrosinkinasen und auf den PDGF-Rezeptor-Beta ausübt. Die Substanz blockiert die Signalübertragung direkt an den Rezeptoren VEGFR1, VEGFR2 und VEGFR3 und unabhängig von der Art des Wachstumsfaktors (VEGF-AD). Die Substanz befindet sich in der klinischen Entwicklung zur Behandlung von metastasierenden kolorektalem Karzinom und anderen soliden Tumoren.

getieren und menschlichen Tumorproben weiter zu verfeinern.

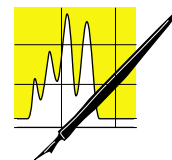
Auch die bereits erwähnte Phagendisplay-Methode spielt eine wichtige Rolle bei der Suche nach neuen Tumorantikörpern. Dabei werden Antikörper, Antikörperfragmente oder auch beliebige Peptidsequenzen auf der Oberfläche von Bakteriophagen präsentiert, die über das dazugehörige Gen in ihrem Vererbungsmaterial gebildet wurden. Mit Antigenliganden lassen sich dann die gesuchten Moleküle heraussortieren. Aus grossen, rekombinanten Phagen-Display-Bibliotheken mit Millionen oder sogar Milliarden unterschiedlicher Moleküle lassen sich geeignete Antikörper-Bindungspartner für einen bestimmten Liganden isolieren und identifizieren.

Außerdem ist es für viele pharmazeutische Anwendungen wünschenswert, die Hybridoma-Technologie so weit zu verbessern, dass auch kleine organische Moleküle mit einer hoch-spezifischen Erkennungsfähigkeit gegenüber ausgewählten Proteinen isoliert werden können.

Die IPW-Wissenschaftler entwickelten in diesem Zusammenhang kürzlich eine neue Technologie zur Konstruktion von kodierten, sich selbst zusammenbauenden chemischen Bibliotheken (encoded self-assembling chemical (ESAC) libraries). Dabei tragen die sich selbst zusammenfügenden DNA-Oligonukleotide spezielle chemische Bausteine an ihren Enden. Der Bindungscode der ausgewählten Strukturen, die einen komplexierenden Bindungsmodus mit hoher Affinität

und großer Spezifität zu dem gewünschten, bereits bekannten Zielprotein (meist eine Wirkstoffleitstruktur) aufweisen, lässt sich experimentell auf Mikroarrays entziffern.

CLB



AUFSÄTZE

### Literatur

- [1] F. Nilsson, H. Kosmehl, L. Zardi, D. Neri: «Targeted Delivery of Tissue Factor to the ED-B Domain of Fibronectin, a Marker of Angiogenesis, Mediates the Infarction of Solid Tumors in Mice»; *Cancer Research* 61, 711-716, January 15, 2001
- [2] C. Halin; I. Zardi, D. Neri: «Antibody-Based Targeting of Angiogenesis»; *News Physiol. Sci.* Volume 16, August 2001
- [3] C. Halin, S. Rodini, F. Nilsson, A. Berndt, H. Kosmehl, L. Zardi, D. Neri: «Enhancement of the antitumor activity of interleukin-12 by targeted delivery to neovasculature»; *nature biotechnology*, Vol. 20, March 2002
- [4] C. Rüegg: «Ein neuer Ansatz in der Krebstherapie: die tumorbedingten Gefässneubildungen»; *Schweiz. Med Forum* Nr. 14, 3. April 2002
- [5] H.G. Augustin: «Angiogeneseforschung - Quo vadis?»; *Der Ophthalmologe* 3-2003: 104 - 110
- [6] Barbara Brauckmann: *Hauszeitung des D-CHAB, Molekül* 5/2003
- [7] Dario Neri, Samu Melkko, Jörg Scheuermann, Christoph Dumelin: «Eine neue Technologie für molekulare Erkennung»; *ETH Bulletin*; Nummer 295, November 2004
- [8] Samu Melkko, Jörg Scheuermann, Christoph E Dumelin, Dario Neri: «Encoded self-assembling chemical libraries»; *Nature Biotechnology* 22, 568 - 574 (2004)
- [9] J. Rybak, A. Ettore, B. Kaissling, R. Giavazzi, D. Neri, G. Elia: «In vivo protein biotinylation for identification of organ-specific antigens accessible from the vasculature»; *Nature Methods*, 2, 291 - 298, (2005)
- [10] D. Neri, R. Bicknell: «Vascular tumor targeting»; *Nature Rev. Cancer*, 5, 436-446 (2005).

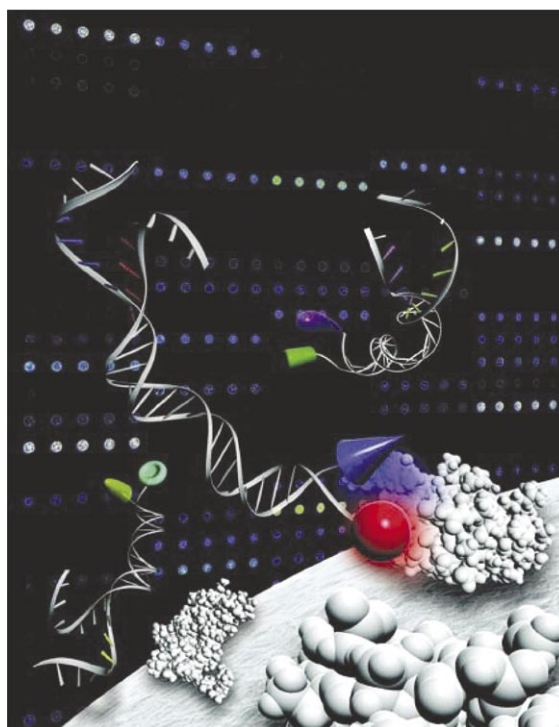


Abb. 4: Schematische Darstellung zur Arbeitsweise der «Encoded Self-Assembly Chemical Libraries». Moleküle, die ein passendes DNA-Anhängsel zur Identifikation tragen, werden bevorzugt von den auf der Festphase immobilisierten Proteinen herausgesucht und an diese gebunden. Abbildung: Prof. Dario Neri, ETHZ

Kokosnuss funktional:

## Die Königin der Nüsse

Wolfgang Hasenpusch, Hanau

Wir kennen das wohlschmeckende Kernfleisch der Kokosnuss und zeigen gerne den Kindern, durch welche harte Schale es umschlossen ist. Für die Bewohner tropischer Zonen, wo die Kokospalme beheimatet ist, bedeutet die gesamte Pflanze Lebensgrundlage. Interessant ist, einmal zu betrachten, wie funktionell die Kokosnuss aufgebaut ist, um aus ihren Aufbauprinzipien zu lernen und vielleicht auch hier bionische Übertragungen für die Technik abzuleiten.

### Die Kokospalme

Palmen erwecken in uns Urlaubsgefühle, Sehnsucht nach den südlichen Ländern und der tropischen Wärme (Abbildung 1). Die etwa 30 Meter hohe Kokospalme (*cocos nucifera*) ist in allen tropischen Ländern beheimatet und wird auch fast überall dort kultiviert und landwirtschaftlich in vollem Umfang genutzt: das Holz als Baumaterial, die Palmwedel als Dachmaterial, zum Kochen oder zum Flechten von Matten, Hüten u.ä. Auch die Kokosnüsse sind in vollem Umfang verwendbar: Aus dem Bastkleid lassen sich Matten und Seile flechten und drehen, die wiederum zur Weiterverarbeitung für andere Produkte zur Verfügung stehen, beispielsweise für die Verkleidungen von Hütten, Knüpfen von Hängematten, u.s.w.

Aus dem fettreichen Kern gewinnt man die süße Kokosmilch, ein bis zwei Zehntel Liter je Nuss. In den Touristen-Zentren bieten Einheimische die mit der Machete aufgeschlagenen Kokosnüsse zum Trinken mit dem Strohalm an, oft auch noch verfeinert mit einem Schuss Rum oder Pinga. Dadurch lösen sich auch noch Aromastoffe und Fett aus dem Fruchtfleisch der Kokosnuss teilweise heraus. Die weichen Kerne der Kokosnuss enthalten immerhin 60 bis 70 Prozent Öl, im wesentlichen Glyceride der Laurinsäure und Myristinsäure.

Die Zusammensetzung der Fettsäuren im Kokosöl ist der Tabelle 1 zu entnehmen. Auf Darren in der tro-

pischen Sonne getrocknet kommt dieses Fruchtfleisch als „Kopra“ auf den Weltmarkt. Aus dem Kopra lässt sich das Öl, die Kokosnussbutter, extrahieren und für Margarinen, kosmetische und pharmazeutische Produkte weiterverarbeiten.

Die harte Schale des Kokosnusskerns eignet sich vorzüglich für Gefäße und zur Herstellung von Schmuck jeglicher Art. Auch lassen sich kunstvolle Verzierungen und Reliefs aus der Schale herausarbeiten.

Seit einigen Jahrzehnten hat sich die Schale als geeignetes Adsorptionsmittel in der Gold-Gewinnung herausgestellt. In der Form der Kokosnussschalen-Kohle ist sie der heimischen Hartholzkohle für die Aufnahme des aus dem Boden gelaugten Goldcyanids in der Form des Natrium-dicyanoaurats(I),  $\text{Na}[\text{Au}(\text{CN})_2]$ , deutlich überlegen:

- sie ist vor Ort reichlich vorhanden,
- ihre Oberfläche zur Adsorption ist größer und
- die Druckbelastung ist durch den Silikatgehalt höher.

Abbildung 1: Kokospalme mit Kokosnüssen (Detailausschnitt kleines Bild; Fotos: RK).



#### Der Autor

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



Aus ähnlichen Gründen werden in Nord-Amerika Pfirsichkern-Aktivkohlen in der Goldgewinnung verwendet.

Die Kokospalme gibt ein Paradebeispiel einer in vollem Umfang vom Menschen nachhaltig genutzten Pflanze.

## Die Kokosnuss

Wer kennt nicht den Schlager, den einst das Medium-Terzett zum Besten gab: „Wer hat die Kokosnuss, wer hat die Kokosnuss, wer hat die Kokosnuss geklaut?“ So wie sie vom Baum fällt, hat sie schon etwas durchaus Intelligentes zu bieten:

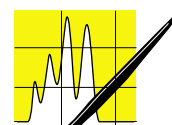
Den harten Kern umgibt ein luftiges Bastkleid mit einer wasserfesten dünnen Hülle, die das Schwimmen des Samens ermöglicht (Abbildung 2). Da viele Palmen auch über die Küsten der Inseln ragen, gewährt diese Verteilung des Samens über weite Strecken auf dem Meer den Fortbestand der Pflanze – allerdings ein wenig nach dem Prinzip des Zufalls, denn viele Nüsse erreichen nie eine andere Küste.

Erstaunlich ist alleine die Tatsache, wie die Palme mit dem Salzgehalt des Meerwassers umgeht, indem

Membrane in der Wurzel bereits den hohen Salzgehalt von durchschnittlich 3,5 Prozent nicht in die Pflanze eindringen lassen.

An Land richtet es das Bastkleid als Puffer so ein, dass die Samen auch nach einem Fall aus 30 Metern Höhe unzerstört am Boden ankommen. Wenn die Schutzhülle dabei platzt, haben es Mikroorganismen leichter, das Bastkleid zu verkompostieren und den Kern keimen zu lassen.

Durch die vielen Nüsse, die in unterschiedlichen Größen von der Palme abfallen, ist eine Untersuchung der Abmessungsrelationen in Abhängigkeit der Länge und damit dem Wachstumsalter möglich. So zeigen bereits die Abmessungen der Kernlängen in Relation zur Gesamtlänge die drei unterschiedlichen Wachstumsphasen des Kokosnusskerns (Abbildung 3): Einer kurzen langsamen Aufbau-Phase folgt eine lineare Beziehung zwischen Kernlänge  $L_K$  und Gesamtlänge  $L$  der Nuss mitsamt dem Bastmantel. Die Geraden-Gleichung  $L_K = 0,62 L - 15$  [mm] weist bemerkenswerter Weise eine Steigung auf, die dem Goldenen Schnitt entspricht. Das heißt, die Hauptwachstumsperiode vollzieht sich in einer linearen Beziehung zwischen Kern und Bastumhüllung im Verhältnis 0,62 zu 1,00.



AUFSÄTZE

Abbildung 2: Schnitt durch eine Kokosnuss mit Faserschale.

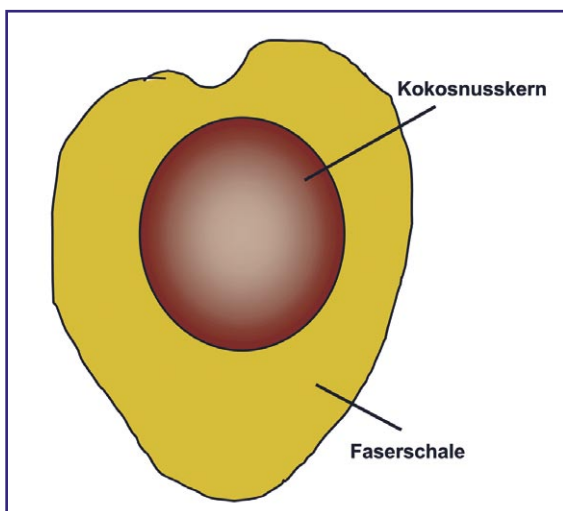
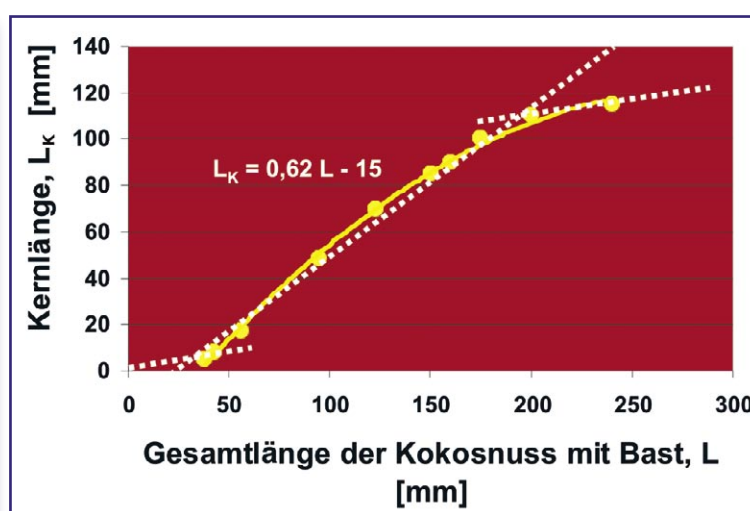


Abbildung 3: Verhältnis der Längen von Kokosnuss und Kern im Goldenen Schnitt.



Fettsäure	Formel	Anteil [%]
Hexansäure, Capronsäure	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$	0,2 - 1,0
Octansäure, Caprylsäure	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_6-\text{COOH}$	5,4 - 8,0
Decansäure, Decylsäure	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_8-\text{COOH}$	6,5 - 8,5
Laurinsäure, Dodekansäure	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{10}-\text{COOH}$	45,0 - 51,0
Myristinsäure, Tetradekansäure	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{12}-\text{COOH}$	16,5 - 18,5
Palmitinsäure, Hexadecansäure, Cetylsäure	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$	9,0 - 10,5
Stearinsäure, Octadecansäure	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$	2,0 - 2,3
Behensäure, Docosansäure	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{20}-\text{COOH}$	0,2 - 0,4
Ölsäure, cis(Z)-9-Octadecensäure	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	8,0 - 10,0
Linolsäure; Z,Z-9,12-Octadecadiensäure	$\text{C}_5\text{H}_{11}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	0,7 - 1,0

Tabelle 1: Fettsäuren des Kokos-Öls (Franke, Nutzpflanzenkunde, Thieme, Stuttgart, 4. Band, S. 157, 1989)

Nach hinreichender Reife verlangsamt der Kern sein Längenwachstum im Verhältnis zum Gesamtlängenwuchs, um sich verstärkt der Keimbildung und der Aushärtung der Kernschale zu widmen. Die Schale der Kokosnuss erreicht eine Dichte, die deutlich über 1,0 liegt, das heißt sie wird vom Wasser nicht getragen, wie man leicht selbst feststellen kann.

Das Breiten und Längen-Verhältnis bewegt sich ebenfalls über eine lange Wachstumsperiode hinweg linear in der Relation 0,8 zu 1,0 (Abbildung 4), also leicht ellipsenförmig.

Besonders deutlich lassen sich die drei Wachstumsphasen an den Verhältnissen vom Kernschalendicke und der Kernlänge ablesen (Abbildung 5): bis zu einer Kernlänge von 90 mm erfolgt ein langsames, aber lineares Wachstum der Schalendicke entsprechend der Geraden-Gleichung  $d_K = 0,022 L_K$  [mm]. Das heißt ein 90 mm langer Kokosnusskern verfügt über eine etwa 2 mm dicke Hartschale.

Die zweite Wachstumsphase verläuft ebenfalls linear, jedoch wesentlich steiler:  $d_K = 0,090 L_K - 12$

[mm]. Während der Nusskern in seiner Länge um 35 mm zunimmt, wächst die Hartschale um mehr als das Doppelte, um weitere 3 mm an.

Ab einer Kernlänge von 125 mm verfällt das Wachstum der Schalendicke wieder auf die gleiche Relation wie in der ersten Phase:  $d_K = 0,022 L_K + 2,5$  [mm]. In diesen Längen zwischen 16 und 18 cm gelangen die Kokosnussskerne in der Regel auf unseren heimischen Markt, ohne dass die meisten Menschen in den nördlichen Ländern jemals einen vollständigen Kokosnuss-Samen mit seinem Bastkleid zu Gesicht bekommen haben.

Dass die Gesamt-Kokosnuss nicht gleichmäßig in ihrem Umfang wächst, zeigt eine andere Relation: Betrachtet man die nach unten hängende Spitze, so wird man durch die drei Wölbungen der ausgewachsenen Nuss unwillkürlich an das Antlitz eines Kaninchens erinnert. Anfangs befindet sich die Spitze noch in der Mitte der Nuss. Ab einer Gesamtlänge von etwa 100 mm setzt zunehmend ein Dickenwachstum des Samens ein. Er erfolgt exzentrisch in eine Richtung. Die Relation der Höhenabschnitte  $h_1$  und  $h_2$ , die durch die untere Nuss-Spitze gebildet werden, beschreibt Abbildung 6 in Abhängigkeit von der Gesamtlänge. Lineare Wachstumsphasen sind in dieser parabolischen Kurve nicht zu erkennen.

Agrartechnischen Nutzen lassen sich aus diesen Erkenntnissen nur selten ziehen, da die tropischen und subtropischen Winde die Kokosnüsse in unterschiedlichen Reife-Stadien von den Palmkronen lösen. Den Palmbauern bleibt dann in der Regel das Sammeln vorbehalten, auch wenn sie mitunter für Touristen einmal ihre Geschicklichkeit zeigen, und mit Hilfe einer Bastschlinge um den Füßen den 25 m hohe Stamm bewältigen, um eine Nuss zu ernten. An vielen Orten wird auch noch das Auspressen des Kokosöls aus dem Kernfleisch mittels im Kreis laufender Zugtiere demonstriert.

Abbildung 4: Längen-Breiten-Verhältnis des Kokosnusskerns von etwa 1:0,8.

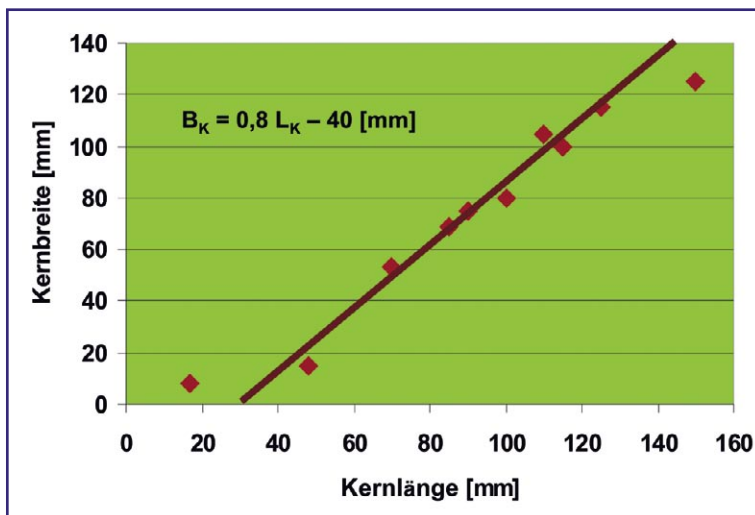
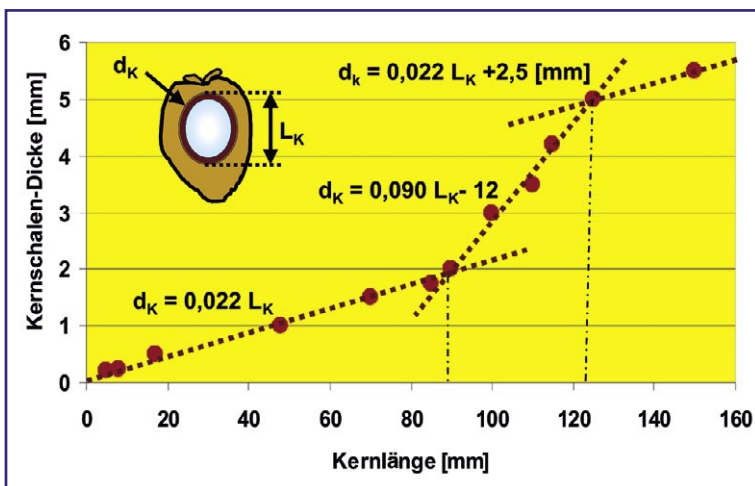


Abbildung 5: Wachstum des Kokosnuss-Kerns in drei Phasen.



### Funktionen der Kokosnuss

Die Kokosnuss stellt den Samen der Kokospalme dar. Den harten Kern umgibt ein faseriges ausgerichtetes Bastkleid, das nach außen hin nochmals durch eine dünne wasserdichte Haut abgeschlossen ist.

Der ausgewachsene Nusskern mit einer 5-6 mm dicken harten Schale enthält den Keim, der durch drei dünnwandige Stellen der Hartschale dringen kann, sowie das Fruchtfleisch samt der Kokosmilch.

Der Kern des jungen Samens liegt weit oben in dem Bastkleid. In der letzten Wachstumsphase entfernt er sich von dem oberen Rand und dringt 30 bis 40 mm nach unten in den Bastmantel hinein. Dieser Abstand schützt den Kern beim Abfallen. Denn aufgrund des oben liegenden Schwerpunktes des reifen Samens dreht er sich während des Abfallens auf die Oberseite. Im weichen Sand der Strände bleibt er praktischerweise auch so liegen. Dann befinden sich die Sollbruchstellen der Kernschale unten, und der Keim

kann mit seiner Wurzel auf kürzestem Weg in den feuchten Boden eindringen.

Die Kokosnuss besitzt also ein ganzes Bündel von Funktionen, die sich den Bedürfnissen der Pflanze in ihrer Fortentwicklung im Laufe der Evolution optimal und in spezifischer Weise angepasst haben.

Bioniker, jene Wissenschaftler, die biologische Funktionen in die Technik umzusetzen versuchen, schauen auf diese Funktionen in besonderem Maße: zu den bionisch verwertbaren Funktionen zählen auf jeden Fall die mehrfachen Schutzfunktionen, die auch Elemente in der Verpackungstechnik und Sicherheitstechnik darstellen. Neben den gut umsetzbaren mechanischen Schutzfunktionen lassen sich auch die Funktionen der

- sicheren, Schwerpunkt bedingten Positionierung,
- Schwimmfähigkeit,
- Feuchtigkeitstransport,
- Meersalz-Absperrung,
- des Lichtschutzes sowie
- des Schutzes vor Tierfraß nennen.

## Bionische Assoziationen

Bionische Assoziationen der von einer Kokosnuss ableitbaren Funktionen lassen sich bereits an einigen Gegenständen aufgrund von Parallelitäten finden, auch wenn die Kokosnuss nicht direkt als Vorbild und Ideengeber diente. Da wären beispielsweise die Thermokannen, in Holzwolle eingepackte Gegenstände, doppelwandige Schiffsrümpfe oder Wandkonstruktionen in Fertighäusern zu nennen.

Ein spezielles Brainstorming führt weitere Ideen zu Tage, die sich von der Kokosnuss ableiten lassen. Daraus sechs Beispiele (Abbildung 7):

1. Warmhalte-Gerätschaft: Die Mehrschichtigkeit der Kokosnuss leitet die Gedanken schnell in Richtung doppelwandiger Gerätschaften. Wenn in diese Zwischenräume jedoch nicht Isolationsmaterial eingelegt wird, sondern eine exotherm kristallisierende übersättigte Salzlösung, kann das vorgewärmte Behältnis, etwa eine Tasse, Kanne oder Warmhalteplatte, länger Wärme abgeben. Derartige Kristall-Lösungen aus Natriumacetat kennen wir aus den Wärme-Batterien, die wir bei Kälte in die Taschen oder Handschuhe stecken können.

2. Kissen-Tasche: Der harte Kern und die weichere Bastschale animieren die Gedanken auch schnell zu kombinierten Gebrauchsgegenständen, wie etwa ein Strandkissen, in das ein Kosmetiktäschchen eingenäht ist.

3. Pressfaser-Platten: Die in Längsrichtung orientierten Bastfasern der Kokosnuss bewirken eine Isolation und mechanische Dämpfung. Zwischen zwei Holz- oder Kunststoffplatten als Verbundmaterial gepresst, lassen sich stabile Baumaterialien und Verkleidungen herstellen.

4. Fasern als Verpackung-Material: Gerichtete und gedrehte Fasern aus den unterschiedlichsten Stoffen

können beispielsweise Glas-Ampullen in röhrenförmigen Behältern gut abpuffern. Das Bastwerk der Kokosnuss besteht aus solchen ausgerichteten unvernetzten Längsfasern.

5. Stoßleisten: Gewellte Stoßleisten mit rechtwinkelig zur Außenhaut ausgerichteten, dicht gepressten Fasern können erhebliche mechanische Kräfte abfangen. Sie lassen sich an Kraftfahrzeugen und Schiffen entsprechend einsetzen.

6. Stoßdämpfer: Eng gepresste Fasern zeichnen sich durch eine nennenswerte Dämpfung rechtwinkelig zur Faserrichtung aus. Als Verbundwerkstoffe können die ausgerichteten Fasern ihre dämpfende Wirkung in Puffern über lange Zeit unter Beweis stellen.

Vielleicht regen diese Beispiele auch zu weiteren kreativen Ideenfindungen an. CLB



Abbildung 6: Verschiebung des unteren Zentrums der Kokosnuss im Verlauf des Wachstums.

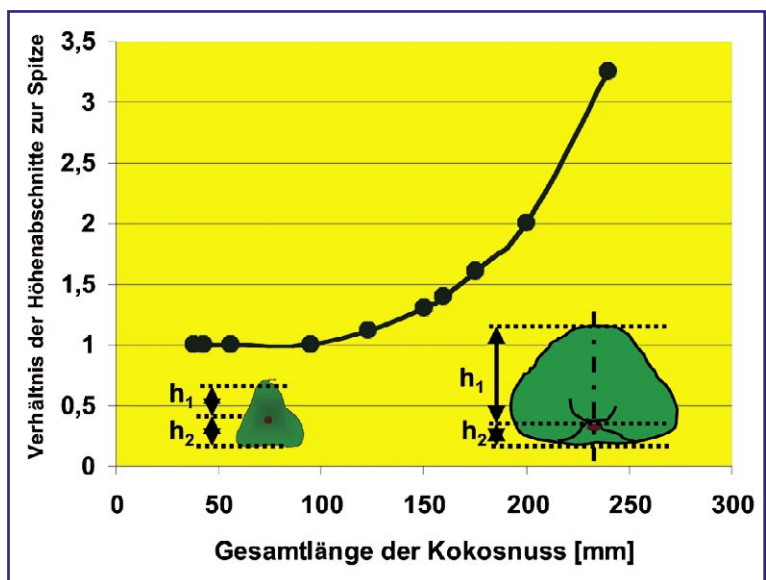
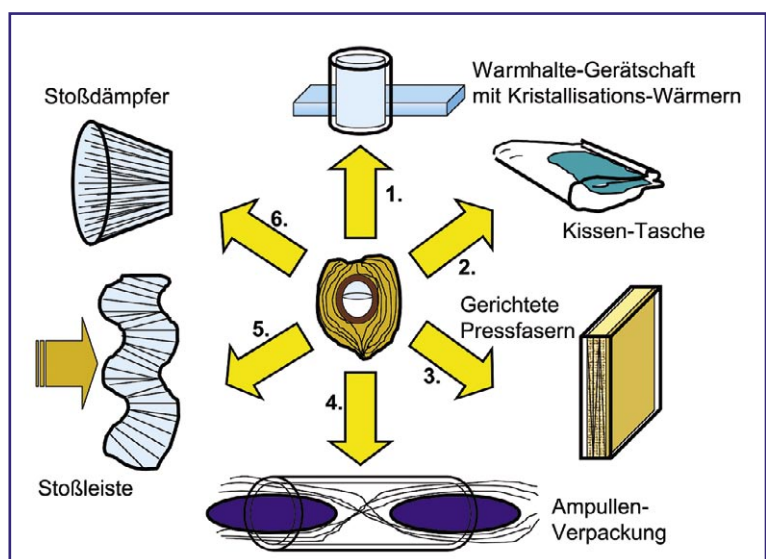


Abbildung 7: Umsetzungs-Ideen aus den Funktionen der Kokosnuss.



## MNU-Jahrestagung in Karlsruhe

# Strukturen bis hin zur Prüfungsordnung ändern

**E**ine Ausweitung des naturwissenschaftlichen Unterrichts war eines der Anliegen, die die Spitzenvertreter der MNU auf ihrer Jahrestagung in Karlsruhe vortrugen. Zudem plädierten sie für motivationsunterstützende strukturelle Änderungen von Unterricht, Lehrplan und Prüfungsordnung.

„Wir setzen uns hinsichtlich des naturwissenschaftlichen und mathematischen Unterrichts für einen Anteil von einem Drittel am Gesamtunterricht ein. Der jetzige Anteil liegt unter 25 Prozent“, kritisierte der Vorsitzende des Fördervereins MNU, Arnold a Campo, bei einem Gespräch mit Pressevertretern. Notwendig sei auch eine strukturelle Änderung des Unterrichts. Das Lehrpersonal solle die Lernumgebung arrangieren, und die Schüler sollten damit motiviert werden, Lösungen zu finden. Die stellvertretende MNU-Vorsitzende Sabine Thomas bezeichnete dies als „konstruktivistisches Bild vom Lernen“. In diese Richtung müsse die didaktische Methodik weiterentwickelt werden. Sie fördere auch schwächere Schüler, da sie sich aus dem Angebot die Probleme herauspicken, die sie lösen

könnten. Ebenso fördere diese Methodik auch die Fähigkeit der Kinder, formulieren zu können, weil sie jeweils begründen müssen, was sie wie herausgefunden haben. In diesem Zusammenhang begrüßte Sabine Thomas die Gründung des Wettbewerbs „Jugend lehrt“.

Diese Unterrichtsänderungen haben den Ausführungen der MNU-Spitze zufolge auch Auswirkungen auf Lehrplan und Prüfungsordnung. Man müsse sich weg von themenorientierten Lehrplänen bewegen. Vielmehr sei es notwendig, Kompetenzen zu beschreiben und zu vermitteln. Konsequenter Weise müsse man dann auch Prüfungspläne und -verfahren ändern.

Dieser Paradigmenwechsel betreffe natürlich insbesondere die Lehrer, so Thomas. Das sei nur mit einer guten Lehrerfortbildung zu leisten. So etwas sei immer eine „supergut investierte Zeit“. Hier könne die MNU mit Fachleiterseminaren Unterstützung leisten.

Arnold a Campo bedauerte, dass der Unterrichtsanteil der Naturwissenschaften und Mathematik in den Klassen 5 bis 8 vier Stunden pro Woche betrage, in höheren Klassen nur noch

drei Stunden. Dieses „Abschmelzen“ sei bundesweit zu beklagen. Ebenso gebe es keinen Ausgleich für ausgefallenen mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht in dem jetzt teilweise eingeführten achtjährigen Gymnasium. Besonders schlecht, so ergänzte der MNU-Beisitzer für Chemie, Robert Stephani, käme die Chemie weg. Dafür stünden oft nur zwei Wochenstunden zur Verfügung, und das auch nur in einem einzigen Schuljahr.

Kein Wunder, dass der MNU-Vorsitzende Arnold a Campo bei diesem Hintergrund in seiner Eröffnungsrede ein deutliches Lob für Baden-Württemberg aussprach: „Dieses Bundesland hat ein Zeichen gesetzt, das ich hervorheben möchte: In den Klassen 9, 10 und 11 des mathematisch-naturwissenschaftlichen Gymnasiums ist das Schwerpunktfach NWT naturwissenschaftlich-technischer Unterricht additiv zu den Fächern Biologie, Chemie und Physik hinzugekommen. Das erfüllt uns mit Freude ebenso wie die Beibehaltung der Verpflichtung zur Belegung von zwei Naturwissenschaften durch jeden Schüler in den Klassen 12 und 13.“ Er mahnte aber auch gleich: „Wir wünschen uns, dass das Ministerium generell der Versuchung widersteht, NWT in die drei Fächer zu integrieren, um so Stundenanteile für andere Fächer zu gewinnen.“

Der bereits 1891 gegründete Deutsche Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts (Förderverein MNU) ist mit ca. 7000 Mitgliedern einer der größten Fachlehrerverbände Deutschlands. Durch seine lange Geschichte und seine Stärke hat er die Möglichkeit, mit allen Kultusministern zusammen wünschenswerte Änderungen im Unterricht zu beraten. *RK*

Beim Gespräch mit Pressevertretern (v.r.): MNU-Vize Sabine Thomas, Vorsitzender Arnold a Campo, Chemie-Beisitzer Robert Stephani und Biologie-Beisitzer Jürgen Langlet (Foto: Kickuth).



## STED-Mikroskopie

# Auflösung jenseits der Beugungsgrenze

**M**ikroskopie-Methoden mit Elektronen sowie die Raster-sondenmikroskope haben Beobachtungsmöglichkeiten in molekulare Bereiche hinein eröffnet. Sie eignen sich jedoch nicht für die Untersuchung lebenden Materials. Jetzt gibt es Entwicklungen, die die Lichtmikroskopie in unerwartet kleine Dimensionen vordringen lässt. Ausgenutzt werden dafür ausgetüftelte Möglichkeiten der Fluoreszenzmikroskopie. Die Arbeitsgruppe um Prof. Dr. Stefan Hell vom Max-Planck-Institut für Biophysikalische Chemie in Göttingen arbeitet hier an vorderster Forscherfront.

Die Fluoreszenzmikroskopie spielt in den Lebenswissenschaften eine herausragende Rolle. Die Gründe dafür sind vielfach. Die charakteristische Fluoreszenzwellenlänge eignet sich hervorragend, die abzubildenden Bestandteile der Probe, wie zum Beispiel einer Zelle, spezifisch zu markieren und daher untergrundfrei abzubilden. Fluoreszenzmarkierungen spielen auch eine große Rolle bei der Untersuchung der Reaktionsdynamik größerer organischer Moleküle in Lösung. Daher ist es nicht verwunderlich, daß ca. 80 Prozent aller Mikroskopie-Untersuchungen in der Biologie auf die Fluoreszenzmikroskopie fallen.

Gerade aber die Interaktion von Licht und Fluoreszenzmarker bietet eine Reihe von Angriffsflächen, an denen die Göttinger Physiker ansetzen, um die Beugungsgrenze zu überwinden. In der Fluoreszenzmikroskopie werden nämlich die Markermoleküle in einen energetisch höheren Zustand angeregt, der bei der Rückkehr in den Grundzustand Fluoreszenzlicht emittiert. Weil das anregende Licht aber der Beugung unterliegt ist die Auflösung wie von Ernst Abbe bereits 1873 erkannt (Abb. 1) auf 200 Nanometer begrenzt. Es sei denn, man verwendet einen neuen physikalischen Trick.

Er besteht darin, dass der Fluoreszenzpunkt durch gezielte Abregung mit einer zweiten Lichtquelle von

außen nach innen teilweise gelöscht wird. Exakt ausgedrückt: Man will, dass der Fluoreszenzmarker mit Licht einer zweiten fokalen Licht-Intensitätsverteilung  $I$  transient in einen nichtfluoreszierenden Zustand überführt wird, wobei diese Licht-Intensitätsverteilung nicht homogen ist, sondern an mindestens einem Punkt eine Nullstelle hat. Das Fluoreszenzsignal, das somit noch übrig bleibt, stammt damit fast ausschließlich aus der Nullstelle der Licht-Intensitätsverteilung oder deren unmittelbaren Umgebung. Mehr noch: Je größer der absolute Wert der Intensität  $I$ , desto enger wird der Bereich um die Nullstelle, in dem noch Fluoreszenz möglich ist. Wächst  $I$  sogar ins Unendliche, so wird die Scheibe mehr und mehr zu einem Punkt. Es liegt damit auf der Hand, dass man mit übersättigten reversiblen Überführungen und einer Nullstelle einen beliebig feinen Fluoreszenz-Spot schaffen kann. Hochaufgelöste Bilder erhält man nun, indem man das Objekt mit diesem scharfen Spot Punkt für Punkt abrastert und im Rechner darstellt. Ist die Überführung in den anderen Zustand nur transient, so hinterläßt diese Verfahren keine Spuren und eine getreue Abbildung der Probe ist möglich.

Dieses allgemeine Konzept ist in verschiedenen Realisierungen denkbar, denn für das transiente Versetzen eines Fluoreszenzmoleküls in einen nichtfluoreszierenden Zustand eignen sich grundsätzlich optisch sättigbare Übergänge, die an der Fluoreszenz beteiligt sind. Reversibel heißt, dass der Marker wieder in seinen Ausgangszustand zurückkehrt. Diesem RESOLFT (von engl. reversible saturable optical fluorescent transitions) genannten neuen Konzept sind prinzipiell keine Auflösungsgrenzen gesetzt. Kriecht man die Nullstelle durch das Objektiv – was üblicherweise der Fall ist – so folgt die Größe des Fluoreszenz-Spots dem folgenden Gesetz:

$$\Delta d = \frac{\lambda}{2n \sin \alpha \sqrt{1 + I/I_{sat}}}$$

$I_{sat}$  ist die charakteristische Sättigungsintensität, d.h. eine Art Schwelle bei der die Fluoreszenz eines Moleküls mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit ( $\sim 65\%$ ) in den nichtfluoreszierenden Zustand überführt ist.  $I_{sat}$  ist charakteristisch für den verwendeten Marker. Ohne sättigende Überführung (d.h.  $I=0$ ) erhält man Abbes klassische Auflösungsgrenze. Doch im Gegensatz zu bisher ist  $\Delta d$



Abb. 1: Die Formel von Ernst Abbe (1840-1905) zur maximalen Auflösung eines Lichtmikroskops an einem vno der Universität Jena zu seinen Ehren errichteten Denkmal (Abb.: mpibpc).

## Krebs: Mechanismen und Möglichkeiten

• **Leukämie** lässt sich zwar mit dem Medikament Imatinib (Glivec) mittlerweile besser behandeln als in der Vergangenheit, manchmal jedoch bilden die Leukämiezellen eine Resistenz aus. Gemeinsam mit Partnerinstitutionen ist es Krebsforschern der Philipps-Universität Marburg gelungen, eine Kombinationstherapie von Imatinib mit weiteren Wirkstoffen zu entwickeln. Durch eine früh einsetzende Behandlung kann damit die Entstehung von Resistenzen verhindert werden.

• **Maligne Lymphome** gehören zu den häufigsten zum Tode führenden Krebserkrankungen. Die bisherigen Behandlungsmöglichkeiten umfassten die Chemotherapie, Strahlentherapie und Knochenmarktransplantation. In den letzten fünf Jahren erfuhr dieses Repertoire durch die Einführung monoklonaler Antikörper eine bedeutende Verbesserung. Leider sprechen einige Patienten nicht wie erhofft auf Antikörperbehandlung an. Forscher der Universität Mainz suchen nach Gründen für das Versagen oder den Wirkungsverlust von Antikörpertherapien. Mit Hilfe neuer Verfahren überprüfen die Forscher zunächst eine Vielzahl menschlicher Gene in ihrer Potenz, Lymphomzellen gegenüber der Wachstumshemmung oder Abtötung durch monoklonale Antikörper widerstandsfähig zu machen. Im nächsten Schritt werden dabei identifizierte Resistenz-Gene „anschaltbar“ in Lymphomzellen eingebracht, um im Mausmodell zu überprüfen, wie sich eine gezielte Beeinflussung dieser Gene tatsächlich auf die Empfindlichkeit wachsender Lymphome gegenüber Antikörpertherapien auswirkt.

• **Das Protein Polo-like kinase 1 (Plk1)** ist ein neues Krebsgen, das sich als Zielgen für die molekulare Therapie von Tumoren eignet. Dies haben Krebsforscher des Klinikums der Universität Frankfurt am Main entdeckt. Normalerweise ist das Gen Plk1 in den Organen eines Erwachsenen abgeschaltet. Das Genprodukt dagegen befindet sich in vielen unterschiedlichen Tumortypen in großen Mengen. Plk1, das unter anderem als ein Regulator der Zellteilung fungiert, verfügt als einziges der Familie der Protein-Kinasen über eine Domäne zur Bindung von Substraten, die Polo-box-Region. Diese Polo-box ist einzigartig als struktureller Angriffspunkt für die Entwicklung von Hemmstoffen gegen das Wachstum von Tumorzellen.

• **Chemotherapie** zählt neben operativer Entfernung und Bestrahlung zu den klassischen Tumorbehandlungen. Eine weitere Methode ist die Überwärmung (Hyperthermie) und gleichzeitige Zerstörung von Tumorzellen durch die Zuführung aufheizbarer Polymerpartikel. Wissenschaftlern der Fachhochschule Aachen ist es gelungen, medizinische Wirkstoffe in thermosensitive magnetische Partikel einzuschließen. Die Medikamente können über ein äußeres Magnetfeld kontaktfrei zu Tumoren dirigiert werden, wo sie durch induktive Erwärmung gezielt freigesetzt werden, ohne den Gesamtorganismus zu belasten.

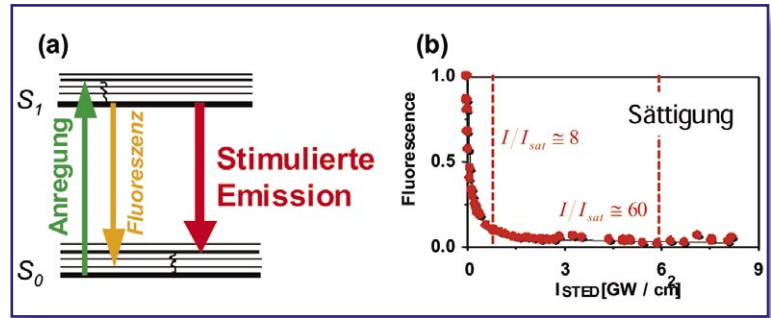


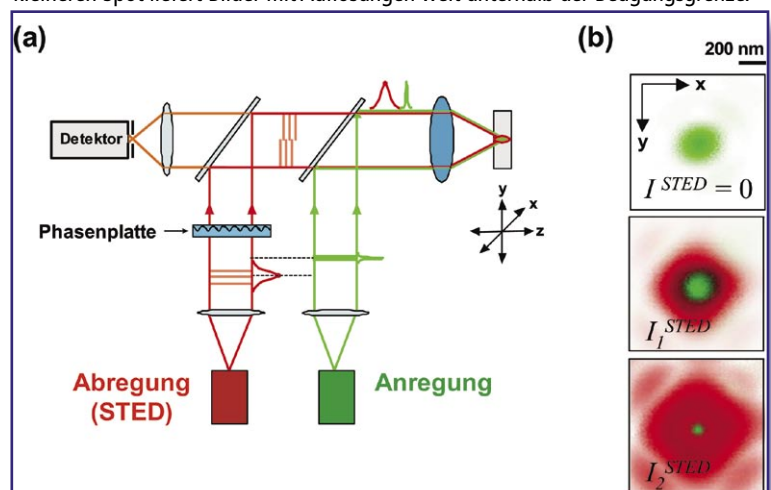
Abb. 2: Fluoreszenzlöschung durch stimulierte Emission. (a) Energieschema eines Fluoreszenzmoleküls: Licht geeigneter Wellenlänge kann den ansonsten fluoreszierenden, angeregten Zustand  $S_1$  mittels stimulierter Emission in den Grundzustand  $S_0$  abregen. (b) Mit zunehmender Intensität  $I_{STED}$  des stimulierenden Lichts verringert sich die Fluoreszenz aus  $S_1$  exponentiell. Über der ersten eingezeichneten Schwelle ist die Abregung fast komplett, d.h. gesättigt, und die Fluoreszenz weitgehend gelöscht (STED, engl.: stimulated emission depletion). Höhere Intensität des stimulierenden Lichts bedeutet einen höheren Sättigungsgrad  $I/I_{sat}$ .

jetzt nicht mehr nach unten begrenzt: für unendlich große Werte von  $I/I_{sat}$  folgt  $\Delta d \rightarrow 0$ . Somit ist klar, dass auch mit herkömmlichen Objektiven und fokussiertem Licht es prinzipiell möglich ist, Bilder zu erstellen, die über molekulare Auflösung verfügen. Der erste Repräsentant des RESOLFT Konzepts ist die STED-Mikroskopie (von engl.: stimulated emission depletion), die in den genannten Arbeiten verwendet wurde.

### STED-Mikroskopie

Mit Licht kann man ein Molekül nicht nur anregen, sondern auch schlagartig abregen, und zwar durch stimulierte Emission. Bei diesem von Einstein vorhergesagten in Abbildung 2a skizzierten Prozess wird die Energie des angeregten Moleküls größtenteils als ein weiteres (und hier nicht weiter wichtiges) Photon abgeführt. Abge-regte Moleküle können sofort wieder

Abb. 3: STED-Mikroskopie: (a) Typisches Schema eines STED-Mikroskops mit Anregungs-, Abregungsstrahl, Phasenplatte, Detektor und Objektiv. In der Fokalebene  $(x,y)$  des Objektivs bildet der Anregungslichtpuls (grün) eine Scheibe mit ca. 250 nm Durchmesser aus (b, rechts oben), die mit dem zeitlich synchronisierten Abregungslichtpuls überlappt (b, rechts mittig). Die Phasenplatte bildet den stimulierenden Abregestrahls so um, daß er nicht ebenfalls eine Scheibe, sondern eine zentrale Nullstelle ausbildet. Das Abregungslicht wird bei niedriger STED-Sättigung nur im äußeren Bereich des Anregungsfokus wirksam. Mit zunehmender Intensität bleibt jedoch nur ein immer kleinerer Bereich von der Abregung durch stimulierte Emission ausgenommen (b, rechts unten), so dass der Fokalbereich in dem Fluoreszenz noch möglich ist, also der Fluoreszenzspot, weit unterhalb die Beugungsgrenze gedrückt wird. (a) Abrastern in  $x,y$  eines fluoreszenzmarkierten Objekts mit diesem kleineren Spot liefert Bilder mit Auflösungen weit unterhalb der Beugungsgrenze.





angeregt und von neuem abgeregt werden; der Prozeß ist also im vorherigen Sinne reversibel und transient. Entscheidend für die Überwindung der Auflösungsgrenze ist aber nicht das Abregen an sich, sondern dessen Sättigung. Wenn nun eine bestimmte Schwellenintensität (=Sättigungsintensität) des stimulierenden Lichts überschritten ist, so ist die Fluoreszenz vernachlässigbar gering und das Abregen quasi komplett (Abbildung 2 b). Dies ist in der in Abbildung 2 gezeigten Messung bei Intensitätswerten über  $1 \text{ GW/cm}^2$  der Fall.

In einem typischen STED-Mikroskop wird nun das Anregungslicht und das Abregungslicht gleichzeitig in das Mikroskopobjektiv eingekoppelt (Abbildung 3a). Während das Anregungslicht (grün) erwartungsgemäß einen Spot von  $>200 \text{ nm}$  im Durchmesser hervorbringt, wird das zur Abregung stimulierende Licht so modifiziert, dass es einen Ring im Außenbereich des Anregungsspot ausbildet, der in der Mitte über eine Nullstelle verfügt (roter Ring in Abb. 3b). Fluoreszenz aus dem Randbereich des beugungsbegrenzten Anregungs-Spots wird durch den Abregungslichtpuls verhindert, während sie in der Nullstelle und deren Nähe erhalten bleibt.

Im Grunde genommen wünscht man sich für die Abregung einen möglichst engen Ring, d.h. ein enges lokales Intensitätsminimum mit Nullstelle. Doch auch die Erzeugung zentraler Minima unterliegt Abbes Gesetz der Beugung. Einen Durchmesser kleiner als  $\Delta d$  lässt sich auch für das lokale Minimum de facto nicht bewerkstelligen. Weil aber die Abregung des Moleküls übersättigt wird, wird der Bereich in dem die Fluoreszenz noch möglich ist, bei zunehmend intensiverem Licht immer weiter eingeschnürt (Abbildung 3b). Rastert man den derart verkleinerten Spot durch die Probe, dann liefert das sequentiell registrierte Fluoreszenzlicht ein deutlich schärferes Bild als ein Mikroskop, das mit einem beugungsbegrenzten und daher größeren Spot abbilden würde. Jüngste Messungen, durchgeführt mit einzelnen Fluoreszenzmolekülen als Meßsonde, zeigen in der Tat, dass die Größe des Spots dem neuen Gesetz folgt.

Dabei behält das STED-Mikroskop im Grunde genommen so gut wie alle Vorteile eines fokussierenden Fluoreszenzmikroskops bei. Es ist grundsätzlich 3D-fähig und funktioniert unter normalen Umgebungsbedingungen. Anwendungen finden sich sowohl bei der Erforschung nanoskaliger Bestandteile der Zelle, als auch bei künstlich nanostrukturierten Materialien. Ein Beispiel für die vielseitige Anwendbarkeit zeigt Abbildung 4. Die beiden oberen Bilder verdeutlichen den Gewinn an Auflösung bei der Abbildung fluoreszenzgefärbter Poren. Während man im herkömmlichen (im sogenannten konfokalen Modus) aufgenommenen Bild der Probe die Ringe als solche nicht erkennen kann, sind sie im STED-Vergleichsbild aufgelöst.

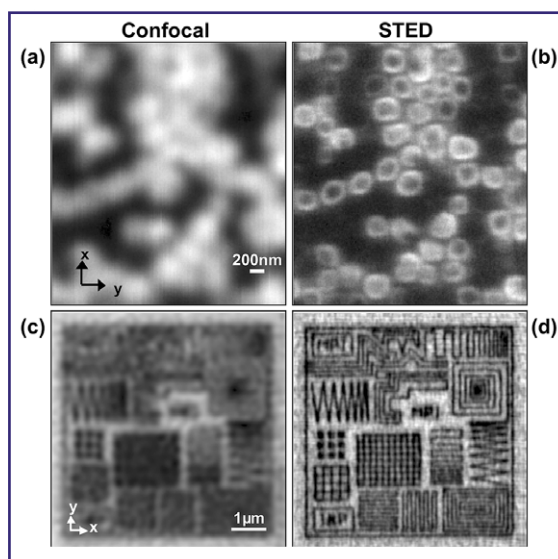
Die beiden anderen Bilder demonstrieren den Auflösungsgewinn an einer lithographischen Nanostruktur, wie sie als Zwischenschritt bei der Herstellung von Computerschaltkreisen üblich ist. Die in Kollaboration mit dem Institut für Röntgenphysik der Universität Göttingen mit einem Elektronenstrahl hergestellten Photolack-Linienmuster können selbst bei Strukturfeinheiten  $<80 \text{ nm}$  getrennt wahrgenommen werden, während die herkömmliche optische Abbildung keine Details mehr auflösen vermag. Sowohl im herkömmlich aufgelösten (links) als auch im STED-Bild wurde in diesem Vergleichsbeispiel zusätzlich ein mathematisches Bildbearbeitungsverfahren (lineare Entfaltung) eingesetzt, welche die Auflösung jeweils noch einmal geringfügig steigerten. Mathematische Bildverarbeitung ist aber in der STED-Mikroskopie nicht erforderlich, sondern nur optional.

Da prinzipiell nichts gegen eine weitere Auflösungssteigerung durch Optimierung der Abbildungsparameter spricht, kann in Zukunft mit noch schärferen Bildern der STED-Mikroskopie gerechnet werden. In der Tat ist es kürzlich gelungen zu zeigen, daß unter realistischen experimentellen Bedingungen die Spotgröße sogar bis zu  $\lambda/50$  reduziert werden kann, was in diesem Falle nur  $16 \text{ nm}$  betrug. Die Fähigkeit Auflösungen dieser Größenordnung zu erzielen, wurden bisher fast nur der Elektronenmikroskopie

und der Rastersondenmikroskopie zugeschrieben.

STED ist aber nur eine – wenn auch die erste und zurzeit die am besten erforschte – Variante des RESOLFT Konzepts. Andere vielversprechende Varianten, die etwa den Farbstoff sättigend in einen Dunkelzustand überführen, beispielsweise in einen Triplet-Zustand oder in einen dunklen Konformationszustand, zeigen laut Berechnungen ein ebenso hohes Potential die Beugungsgrenze zu durchbrechen. Das Gleiche gilt auch für Varianten, die optisch bistabile Moleküle reversibel von einem ersten in einen zweiten Zustand schalten. Mehr noch, weil ihre zu erwartenden  $I_{sat}$  Werte um Größenordnungen niedriger sind als bei STED, sind selbst bei um vier bis acht Größenordnungen geringeren Intensitäten Auflösungen von einigen wenigen Nanometern zu erwarten. Damit ist ein Tor für die Lichtmikroskopie und ihre Anwendungen aufgestoßen worden, die noch vor wenigen Jahren kaum denkbar gewesen wäre. *mpibpc*

Abb. 4: Bilder jenseits der Beugungsgrenze. Obere Reihe: (a) Fluoreszenzgefärbte Poren einer porösen Membran sind mit herkömmlicher Auflösung als solche nicht zu erkennen. (b) STED-Mikroskopie fördert ihre Struktur zutage. *Confocal* bedeutet, dass die herkömmlich aufgelösten Bilder in der linken Spalte mit einem Confocal-Lichtmikroskopieverfahren aufgenommen wurde, was zur Zeit das beste beugungsbegrenzte Standardverfahren der Lichtmikroskopie ist. Untere Reihe: Mit einem Elektronenstrahl gefertigte Nanostrukturen in fluoreszenzgefärbtem PMMA zunächst mit herkömmlicher Auflösung (c) und dann mit STED aufgenommen (d). Das STED-Mikroskop löst Linien mit bis zu  $80 \text{ nm}$  Breite und  $40 \text{ nm}$  Zwischenräumen auf.



## Namensgeber von SI-Einheiten (Teil 5)

# Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894)



Heinrich Rudolf Hertz wurde am 22. Februar 1857 in Hamburg als Sohn eines Rechtsanwaltes und Senators geboren. Zunächst wurde er in einer Privatschule unterrichtet und legte anschließend nach einem Jahr in der Ober prima des „Johanneum“ in seiner Heimatstadt die Reifeprüfung ab.

Begabung und Interessen waren bei ihm vielseitig und reichten von alten und neuen Sprachen über Mathematik und Naturwissenschaften bis zum praktischen Bau von Experimentiergeräten. Obwohl ihn seine Lehrer drängten, Mathematik oder (!) Orientalistik zu studieren, leistete er nach der Reifeprüfung in einem Frankfurter Baubüro ein Vorbereitungspraktikum für das Ingenieursstudium ab. Nebenbei las er Bücher über Physiologie und Architektur, hörte Vorlesungen über Mathematik, Physik, Chemie und Anthropologie und arbeitete an der Verbesserung des Telegrafens und der Herstellung großer Linsen. Nach seinem Praktikum trat er in Dresden ein polytechnisches Studium an, welches er in München fortsetzte. Der Umgang mit Tabellen und Formeln befriedigte ihn jedoch nicht, so dass er zur Univer-

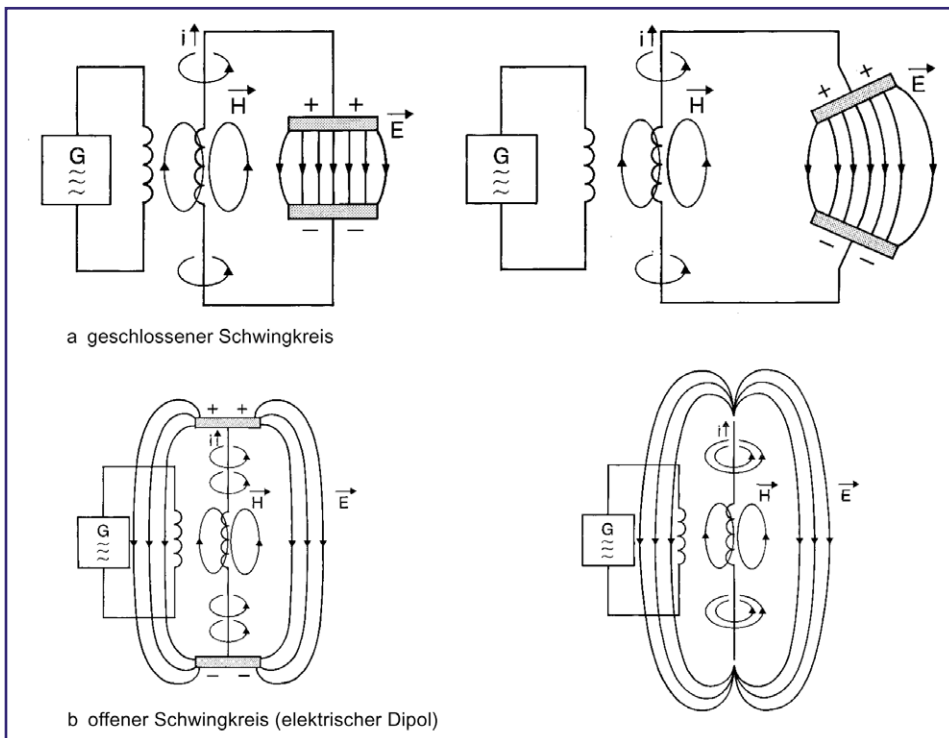
sität in München wechselte und Physik studierte. Im Herbst 1878 ging Hertz nach Berlin, wo er zwei Jahre später als 23-Jähriger mit der Preisarbeit der Berliner Akademie „Über die Induktion in rotierenden Kugeln“ promovierte. Während dieser Zeit machte er seine entscheidende Begegnung mit Hermann von Helmholtz (1821–1894), bei dem er im Herbst 1880 eine Assistentenstelle antrat. Neben dem Aufbau von Versuchen für Vorlesungen und der Durchführung von Praktika beschäftigte er sich unentwegt experimentell und theoretisch mit elektrischen Schwingungen, Kathodenstrahlen, Gasentladungen, dem Auftrieb in Flüssigkeiten, der Erscheinung von Ebbe und Flut, der Verdunstung von Flüssigkeiten und dem Messen der Luftfeuchtigkeit. Im Jahre 1883 habilitierte Hertz in Kiel. Jedoch erhielt er eine versprochene Professorenstelle nicht. Erst zwei Jahre später, im März 1885, bekam er einen Physik-Lehrstuhl in Karlsruhe.

1887 entdeckte Hertz beim Experimentieren den lichtelektrischen Effekt, die Elektronenablösung von festen Körpern beim Bestrahlen mit kurzwelligem Licht. Weiter erkannte er die Fähigkeit von Kathodenstrahlen, Materie zu durchdringen. Im gleichen Jahr gelang ihm auch mithilfe eines Dipols die Erzeugung von elektromagnetischen Wellen und der Nachweis der Wesensgleichheit mit Lichtwellen, was der englische Physiker James Clark Maxwell (1831–1879) vorausgesagt hatte. Er gab den beiden Maxwellschen Gleichungen, den Grundgleichungen der Elektrodynamik, die heutige Form in der Vektorschreibweise. Die erste Maxwell'sche Gleichung besagt, dass ein sich änderndes elektrisches Feld stets ein magnetisches Wechselfeld zur Folge hat. Die zweite Maxwell'sche Gleichung ist die Umkehrung der ersten und beinhaltet, dass ein sich zeitlich änderndes Magnetfeld

### Magnetisches Wechselfeld und elektrisches Wechselfeld bei einem Schwingkreis

$\vec{H}$  = magnetischer Feldstärkevektor  $\vec{E}$  = elektrischer Feldstärkevektor

Das Schema zeigt, wie aus einem aus einer Induktionsspule L und einem Kondensator G bestehender geschlossener Schwingkreis (links oben) durch „Aufklappen“ des Kondensators ein offener Schwingkreis (Dipolantenne) wird (rechts unten).



wiederum ein elektrisches Wechsel-  
feld verursacht, woraus sich das In-  
duktionsgesetz ergibt. Mit diesem  
Nachweis war die erste wesentliche  
Grundlage für die drahtlose Tele-  
grafie, Rundfunktechnik und Fern-  
sehgeschichte geschaffen. Hertz  
erkannte aber auch die Brechung,  
Transversalität, Polarisierung und  
Reflexion der elektromagnetischen  
Wellen, womit das Grundprinzip  
des Radars erfunden war.

Im Jahre 1889 wechselte Hertz  
nach Bonn, wo er nur noch weni-  
ge Jahre als Physik-Professor lehrte.  
Großes Aufsehen erfuhr am 20.  
September 1889 sein Vortrag „Über  
die Beziehung von Licht und Elektri-  
zität“ auf der 62. Heidelberger Na-  
turforscher- und Ärzteversammlung,  
der vielleicht als der großartigste  
populäre Vortrag in der Geschichte  
der Physik anzusehen ist.

Mittlerweile hatte sich bei Hertz  
eine Krankheit stetig verschlimmert,  
so dass für ihn das Experimentie-  
ren unmöglich wurde. In dieser

Zeit verfasste er eine Arbeit über  
die Mechanik und zwei berühmte  
theoretische Werke über die Elek-  
trodynamik ruhender und bewegter  
Körper, womit er den Weg zur Re-  
lativitätstheorie von Albert Einstein  
(1879–1955) ebnete.

Heinrich Rudolf Hertz starb nach  
schwerstem Leiden am 1. Januar  
1894 im 37. Lebensjahr in Bonn.  
Er war der deutsche Physiker, der  
die physikalischen Grundlagen für  
die drahtlose Nachrichtentechnik  
legte, ohne jedoch an die Nutzung  
zu denken. Dies taten erst später  
der italienische Physiker Guglielmo  
Marconi (1874–1937) und der rus-  
sische Physiker Alexander Stepano-  
witsch Popow (1859–1905). Aber  
auch ohne die Würdigung seiner  
Leistungen durch den Einheiten-  
namen Hertz wäre Heinrich Rudolf  
Hertz nicht aus der Geschichte  
der elektrischen Nachrichtentechnik  
wie aus der theoretischen und  
experimentellen Physik wegzuden-  
ken.

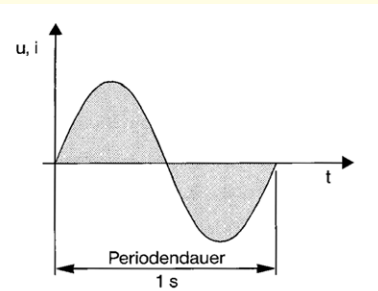
## Hertz

Hertz (Hz) ist die abgeleitete SI-Einheit der Frequenz, d. h. der Anzahl periodischer Vorgänge pro Zeit. Periodische Vorgänge sind solche Vorgänge, die sich in gleichen, aufeinander folgenden Zeitabschnitten in gleicher Weise wiederholen. Die bekanntesten Beispiele sind alle Arten von Schwingungen. Die Einheit Hertz wurde zu Ehren des deutschen Physikers Heinrich Rudolf Hertz benannt.

### Definition des Hertz (Hz)

1 Hertz ist die Frequenz periodischer Vorgänge, die sich jeweils nach der Periodendauer 1s in gleicher Weise wiederholen (s. Bild unten). 1 Hz bedeutet also auch: 1 Periode pro Sekunde.

$$1\text{ Hz} = 1/\text{s} = \text{s}^{-1}$$



## Auflösung zweites Wissenschaftsrätsel

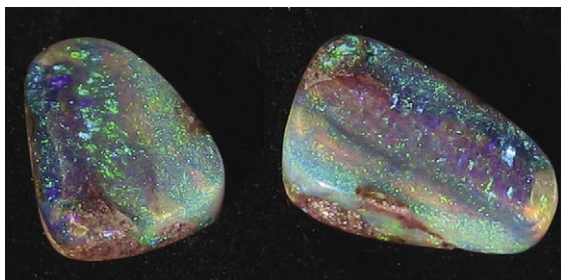
Hier die Lösung des Rätsels „Kennen Sie den?“, Teil 2, aus der CLB vom Januar 2006: **Grignard**.

Viele Leser mochten sich irritiert fragen, warum das Buchstabenraster sieben Positionen hatte, gleichzeitig aber das Lösungswort aus acht Buchstaben besteht. Da aus dem Namen der ersten gesuchten Person zwei Buchstaben verwendet werden sollten, ergeben sich acht Buchstaben, obwohl nur sieben Personen gesucht wurden. Da dieser Sachverhalt im Text nicht sehr deutlich ausgedrückt war, wurden selbstverständlich

G	letzter Buchstabe von	Duisberg
r	3. Buchstabe von	Forssmann
i	5. Buchstabe von	McClintock
g	4. Buchstabe von	Bergius
n	4. Buchstabe von	Kuhn
a	2. Buchstabe von	Pauli
r	3. Buchstabe von	Perutz
d	erster Buchstabe von	Duisberg

1	2	3	4	5	6	7	8
G	r	i	g	n	a	r	d

**Der Hauptpreis, dieser Opal aus Australien (unten zwei Ansichten; Originalgröße etwa ein Zentimeter) geht an Frau Melanie Klose, MPI für terrestrische Mikrobiologie, 35043 Marburg. Herzlichen Glückwunsch!**



auch alle Einsendungen mit den ersten sieben richtigen Buchstaben berücksichtigt.

**Drei Exemplare unseres Buchs „Alles Repetio – oder was?“ gehen an Horst Friedrich in 06108 Halle, Christel Käßmann in 65189 Wiesbaden und an Dr. Katja Windisch in 35039 Marburg.**



## Proteine, Gene und Hormone

**Sehnenverletzungen** mittels einer Stammzell-Therapie heilen: Bei Ratten mit einer geschädigten Achillessehne ist dies einem deutsch-israelischen Forscherteam gelungen. Die Forscher verpflanzten adulte Stammzellen in die verletzte Sehne und stimulierten sie mit einem Wachstumsfaktor und einem Signalmolekül namens „Smad8“, was zu einer Regeneration des Sehnen-Gewebes führte. Aus dem Untertyp mesenchymale Stammzellen (MSC) können sich bei Bedarf Sehnenzellen entwickeln.

**Erstmals ist ein krankheitsassoziiertes Gen** mittels einer Gentherapie gezielt ausgeschaltet worden. Forscher des deutsch-amerikanischen Unternehmens Alnylam und des kanadischen Unternehmens Protiva Biotherapeutics injizierten Affen kleine Lipidbläschen mit RNA-Molekülen, die das Gen für das Apolipoprotein B (ApoB) ausschalteten. Dieses Gen ist an der Herstellung des schädlichen LDL-Cholesterins beteiligt und mit konventionellen Therapien nicht zu regulieren. 48 Stunden nach der Injektion war die ApoB-Aktivität um mehr als 90 Prozent zurückgegangen, die Konzentration des LDL im Blut sank um mehr als 80 Prozent.

**Valproinsäure (VPA)** kann auch gegen Leukämien eingesetzt werden. VPA ist eigentlich ein Mittel gegen Epilepsie, das das Zentrale Nervensystem dämpft. Die Substanz wirkt aber zugleich als Hemmstoff für „Histondeacetylasen“, fanden Wissenschaftler der Universität Jena heraus. Histondeacetylasen bewirken eine so dichte Verpackung der DNA, dass sie nicht mehr abgelesen werden kann. VPA verhindert dies, und kann damit möglicherweise verstärktes Zellwachstum verhindern, das durch eine fehlerhafte Genabschaltung entstanden ist.

**Birkenpollenallergiker** können durch eine Kreuzallergie auch allergisch gegen Sojaprodukte sein. Ausgeprägte allergische Reaktionen bis hin zum allergischen Schock sind die Folge, so die Experten der Universitäts-hautklinik Leipzig. Ursache ist die hohe Ähnlichkeit des Birkenpollenallergens Bet v1 mit einem Stressprotein der Sojabohne Gly m4. Die Konzentration von Gly m4 ist nicht in allen Sojaprodukten gleich hoch, am höchsten in Eiweißpulvern und in Getränken mit einem Sojaproteinisolat. Sojaprodukte, die stark erhitzt werden, enthalten nur sehr wenig Gly m4.

**Die Gene des Vogelgrippe-Erregers H5N1** sind erstmals in Deutschland von Forschern aus München vollständig entschlüsselt worden. Die Forschungsergebnisse ermöglichen Rückschlüsse auf die Ausbreitungswege der Tierkrankheit. Der mit einem Budget von 400 000 Euro ausgestatteten Forschergruppe gelang die genetische Entschlüsselung der beiden wichtigsten Geflügelpestgene Hämagglutinin (H) und Neuraminidase (N) aus einer verendeten Stockente aus dem Landkreis Bad Tölz-Wolfratshausen, die vom Friedrich-Loeffler-Institut H5N1-positiv befunden worden war.

## Wissen erfolgreich kommuniziert

Kerstin von Aretin, Günther Wess (Herg.): *Wissenschaft erfolgreich kommunizieren*. 172 Seiten; Wiley-VCH Verlag, Weinheim; ISBN 3-527-31308-7, 24,90 Euro.

Im Verlag Wiley-VCH sind bereits zwei Bücher erschienen, die sich an Ingenieure beziehungsweise Naturwissenschaftlerwenden und den Themen Schreiben, Publizieren und Kommunizieren gewidmet sind; nun ist ein drittes hinzu gekommen. Der Titel der Neu-



erscheinung macht auf den ersten Blick stutzig. „Wissenschaft kommunizieren“ ist sicher Fachsprache der Kommunikationswissenschaftler und wird im Laufe der Zeit Umgangssprache werden. Die Herausgeberin und der Herausgeber treten nicht nur als solche, sondern auch als Autorin/Autor auf, insgesamt haben elf Personen den Inhalt des Buches gestaltet. Sie kommen aus ganz unterschiedlichen Fachbereichen, haben in ihrer derzeitigen Position aber alle mit Vermittlung von Wissenschaft zu tun. Und das ist der große Vorteil des Buches, das vom Verlag solide hergestellt wurde, die Lesbarkeit einiger Abbildungen müsste allerdings besser sein. Die zehn Beiträge wurden drei Bereichen zugeordnet: Die kommunizierenden Forscher; Die auflagebringenden Journalisten; Die vermittelnden Berater. Es hängt sehr von der Vorbildung des Lesers, seiner beruflichen Erfahrung und seiner Lernmotivation ab, ob das Buch für ihn nützlich ist. Interessenten müssen wissen, dass das Buch nicht so dicht an der Praxis liegt wie die beiden oben erwähnten VCH-Bücher. Der eine Leser wird sich mehr für die Wissenschaft in der Tageszeitung, der andere mehr für die Wissenschaftsendung im Fernsehen, ein weiterer für den Bericht über das Management der Wissenschaftskommunikation mit Beispielen aus einem Pharmaunternehmen interessieren. Hat der Leser das Buch durchgearbeitet, so wird er wie der Rezensent feststellen, dass sich die Mühe gelohnt hat. Die zehn Beiträge sind ganz sicher eine gute Übersicht auch für junge Menschen, die daran denken, nach ihrer beruflichen Ausbildung noch das Kommunizieren zu erlernen und auf diesem Gebiet tätig zu werden. Ihre Tätigkeit wird dann eine sehr lohnende sein, denn es stimmt vollkommen, was die Herausgeber am Ende ihres Nachwortes sagen: „Das nutzwerte Wissen ist zwar latent in den Forschungsergebnissen enthalten. Doch erst die Kommunikation macht es für die Gesellschaft sichtbar.“ **R. Ellmer**

## Bioprozesstechnik für Studenten

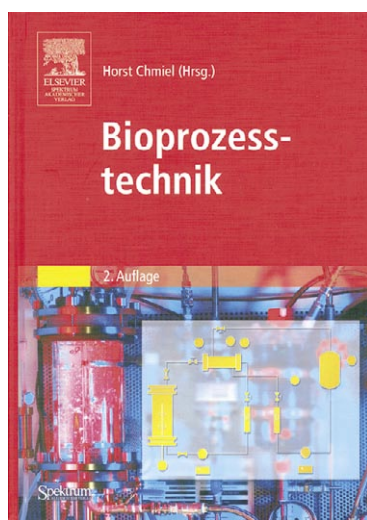
Horst Chmiel (Hrsg.): Bioprozesstechnik. Zweite, neu bearbeitete Auflage. 420 Seiten; Elsevier GmbH, München; Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2006; ISBN 3-8274-1607-8; 39,50 Euro.

Wenn bei einem Buch ein Name als Herausgeber angegeben wird, so bedeutet dies, dass weitere Personen Beiträge beigesteuert haben. Das vorliegende Buch ist von insgesamt 14 Autoren geschrieben worden, und bei jedem Kapitel ist angegeben, wer für das Kapitel verantwortlich zeichnet. Es gilt hier natürlich das Gegenteil von dem bekannten Sprichwort der vielen Köche, denn die Spezialisten haben ihr Spezialgebiet dargestellt, und das kann für ein Fachbuch nur gut sein. Genau genommen haben noch mehr Fachleute an dem Buch mitgearbeitet; der Autor bedankt sich im Vorwort für viele Anregungen bei Fachkollegen. Es sei der Hinweis gestattet, dass die erste Auflage des Werkes vor 14 Jahren erschienen ist, nach Ansicht des Herausgebers für den deutschen Markt zu früh. Jetzt ist es einbändig und liegt voll im Trend.

Dieses Buch beschreibt nicht nur die Welt der Bioreaktoren, sondern alles was davor und danach kommt und was dazu gehört. Die zwölf Kapitel sind kleine Lehrbücher für sich. Dies sind die Kapitelüberschriften, der Kapitelumfang ist aus der Zahl der Seiten in Klammern ersichtlich: Einführung in die Zellbiologie (21); Einführung in die Biochemie (43); Enzymkinetik (31); Wachstum: Kinetik und Prozessführung (49); Rheologie von Biosuspensionen (24); Transportvorgänge in Biosuspensionen (21); Bioreaktoren (21); Sterilisation und Steriltechnik (18); Mess- und Regeltechnik an Bioreaktoren (23); Aufarbeitung (Downstream Processing) (64); Kultur von Tierzellen (37); Enzymatische Prozesse (50). Es liegt in der Natur der Sache, dass die Autoren bei einigen Kapiteln ohne ein gehöriges Maß an Mathematik nicht auskamen.

Da ein Fachbuch nicht nur vom Text „lebt“, hier noch einige Anmerkungen. Wichtige Begriffe sind im laufenden Text durch Verwendung von fetter Schrift hervorgehoben. Es gibt zwölf Literaturverzeichnisse, nämlich am Ende von jedem Kapitel eins. Das dreiseitige Symbolverzeichnis ist eine dreispaltige Tabelle mit Symbol der Größe (zum Beispiel A), Einheit der Größe ( $m^2$ ) und Name der Größe (Oberfläche, Austauschfläche, Klärfläche), wobei die Indizierungen (zum Beispiel w für wässrige Phase) zusätzlich aufgeführt sind. Das Sachregister umfasst etwas mehr als sieben Seiten. Vermutlich um den Preis in Grenzen zu halten, hat der Verlag dem Buch nur wenig Farbe spendiert, offensichtlich nur eine, die aber vom Layouter/Gestalter durch unterschiedliche Rasterung (zusammen mit der Rasterung von Schwarz) geschickt eingesetzt wurde. Die wenigen Fotos sind sehr klar, die sehr vielen, häufig großformatigen Zeichnungen und Diagramme haben zwar nicht alle die gleiche Strichstärke, sind aber bis auf eine Ausnahme (Seite 367) immer sehr gut zu „lesen“. Papier, Druck und Einband sind hervorragend.

Ich kann mir gut vorstellen, dass das Ziel des Buches erreicht wird, nämlich den Studenten der Biotechnologie das Rüstzeug für die Übertragung biotechnischer Prozesse vom Labor- in den industriellen Maßstab zu liefern. **R. Ellmer**



## Proteine, Gene und Hormone

**Die Eigenschaften „springender Gene“**, auch Transposons genannt, werden von Wissenschaftlern des Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin (MDC) Berlin-Buch untersucht. Aus springenden Genen von Fischen entwickelten sie ein künstliches Transposon und zeigten, dass es die Wachstumsphase der Zelle (die G1-Phase) verlangsamt, da es mit einem bestimmten Genregulator (Miz-1) interagiert.

**Viele Medikamente zur Schlaganfallbehandlung** wirken nur ungenügend. Forscher der Universität Zürich haben nachgewiesen, dass verabreichte überlebensfördernde Medikamente in hohem Masse aktiv aus der geschädigten Hirnregion zurück in die Blutbahn transportiert werden. Das Transporter-Eiweiß Mdr-1 transportiert die Medikamente aktiv in die Blutbahn zurück, und verhindert damit, dass sich diese im geschädigten Hirngewebe anreichern. Indem die Wissenschaftler Mdr-1 hemmten, konnten sie die Wirksamkeit der Medikamente deutlich verbessern.

**Ataxie**, eine schwere neurologische Erkrankung, ist durch Degeneration des Kleinhirns, Laufstörungen und in einigen Fällen geistige Retardierung gekennzeichnet. Wissenschaftler des Instituts für Humangenetik der Justus-Liebig-Universität Gießen entdeckten ein mutiertes Gen, das den Bauplan für Kaliumkanal-moleküle, die insbesondere für die normale Funktion der Neuronen des Kleinhirns erforderlich sind, enthält. Das veränderte Gen verursacht eine Störung des Ionenhaushaltes der Zellen. Dies führt zu Funktionsstörungen sowie einer höheren Anfälligkeit der Neuronen gegenüber oxidativem Stress. Als Folge gehen die Neuronen langsam zu Grunde, sie degenerieren.

**Neurodermitis** ist eine chronisch-entzündliche Hauterkrankung. Neben Umwelteinflüssen tragen genetische Faktoren zum Ausbruch der Krankheit bei. Mit ersten Erfolgen fahnden Dermatologen vom Universitätsklinikum Bonn in einer breit angelegten Familienstudie nach Erbanlagen, die eine Neurodermitis mit auslösen. Erste Ergebnisse konnten zeigen, dass es verschiedene Mutationen in Genregionen gibt, die Entzündungsbotenstoffe verschlüsseln und im weitesten Sinne die Hautschutzfunktion gewährleisten.

**Gene, die bei Schnecken einfache Formen von Gedächtnis steuern**, spielen auch beim menschlichen Gedächtnis eine wichtige Rolle. Bei der Schnecke beispielsweise steuern diese Gene einfache Formen von Lernen und Gedächtnis. Forscher der Universität Zürich konnten nachweisen, dass ähnliche Gene auch beim Menschen eine wichtige Rolle bei Gedächtnisprozessen spielen. Die untersuchten Gene sind für die Herstellung von Signalmolekülen in Nervenzellen verantwortlich. Die Forscher hoffen, dass ihre Befunde zu einem besseren Verständnis der Funktionsweise des Gedächtnisses beim Menschen beitragen und dass dadurch neue Wege zur Behandlung von Gedächtnisstörungen ermöglicht werden.

## Mikrowellen-Synthesizer mit großem Probendurchsatz

Gleich fünf neue Mikrowellen-Synthesizer der neuen S-Klasse werden von CEM anlässlich der ANALYTICA vorgestellt: Die Discover S-Klasse, der



Explorer 24, der Explorer 48, der Explorer 72 und der Explorer 96 bieten den weltweit höchsten Probendurchsatz für chemische Synthesen und dazu eine ganze Reihe weiterer innovativer Aspekte für die organische Chemie.

Die neuen Explorer-Geräte bestehen aus einer Discover-Mikrowelle und den neuen Autosamplern auf der Mikrowelle, was wiederum den Vorteil des geringen Platzbedarfs beinhaltet: Explorer 48 48 Proben, Explorer 72 72 Proben, Explorer 96 96 Proben, die Grundfläche dieses Explorer-Gerätes ist trotzdem kleiner als bei konventionellen Synthesizern mit nur 60 Proben

Neben den klassischen 10 ml Druckgefäßen werden nun auch automatisierbare 35 ml Druckgefäße eingesetzt. Der Verschlussmechanismus wird weiterhin ohne Werkzeug mit den IntelliVent-Kappen erfolgen, also keine Alu-Bördelkappen mit Crimpzange. Außerdem können drucklose Gefäße

mit bis zu 100 ml Volumen verwendet werden.

Eine neue geräuschlose elektromagnetische Rührung im Explorer vermag sogar stark viskose Proben zu vermischen, was gerade in dem großen 35 ml Druckbehälter von Vorteil ist. Zudem ist die neue Rührung in drei unterschiedlichen Geschwindigkeiten programmierbar.

In den neuen Discover- und Explorer-Geräten der S-Klasse kann mit einer CCD-Kamera direkt die Reaktion beobachtet werden. So kann beispielsweise direkt ein Farbumschlag der Reaktion oder weitere charakteristische Änderungen beobachtet und dokumentiert werden.

CEM Mikrowellen-Labortechnik GmbH  
47475 Kamp-Lintfort  
Tel. +49 2842 9644 0  
Fax +49 2842 9644 11  
[www.cem.de](http://www.cem.de)

## Produkte der Vorausgaben

### Flaschendeckel

Bio-Chem Valve und Omnifit haben ein Sortiment an Flaschendeckel-Konfigurationen auf den Markt gebracht, um flüchtige Dämpfe sicher unter Verschluss halten und Chemikalien sicher transferieren zu können. [www.omnifit.com](http://www.omnifit.com)

### Durchflusskonstanthalter

Neu im Programm von Bio-Chem Valve sind kompakte, Platz sparende Dosierventile, mit denen sich Gradienten präzise mischen und Flüssigkeitsgemische trennen lassen. [www.omnifit.com](http://www.omnifit.com)

### Emulsionspumpe

Die Allweiler AG hat die neue, flexible und mit hoher Verschleißbeständigkeit ausgestattete Schraubenspindel-pumpe EMTEC-A entwickelt, speziell für Emulsionen und Kühlschmiermittel. [www.allweiler.de](http://www.allweiler.de)

### At-line Tensiometer

L.O.T.-Oriël hat ein transportables Gerät für die Messung der Oberflächenspannung von Flüssigkeiten entwickelt. [www.LOT-Oriël.com/de](http://www.LOT-Oriël.com/de)

### Wursthüllen

CaseTech aus Walsrode bietet Hüllen für die Wurstproduktion sowie technische Dienstleistung für Wurstwarenhersteller an. [www.datalogic.com](http://www.datalogic.com)

### Ventildiagnose-Software

Foxboro Eckardt vertreibt die Ventildiagnose-Software VALcare für intelligente Ventildiagnose zur vorbeugenden Wartung. [www.foxboro-eckardt.com](http://www.foxboro-eckardt.com)

### Muffelöfen

Drastische Zeitreduktion mit Mikrowellen-Muffelofensystemen von CEM: Phoenix Airwave sowie Phoenix SAS. [www.cem.de](http://www.cem.de)

### Schnelltrockner

Der neue, flexibel einsetzbare Wirbelschichttrockner TG 200 von Retsch liefert bei deutlicher Zeitersparnis gegenüber Vorläufermodellen ein aufgelockertes, gründlich durchmisches Produkt. [www.retsch.com](http://www.retsch.com)

### Spektrometer

Die Führungsposition von Ocean Optics in der Spektromertechnologie der nächsten Generation wurde durch zwei neue Patente gestärkt. [www.oceanoptics.com](http://www.oceanoptics.com)

### NIR-Spektrometer

Die Guided Wave Modelle Lab412 und Modell 412 sind moderne Zweistrahlenspektrometer für den VIS-, NIR und xNIR-Bereich.. [www.cmc-instruments.de](http://www.cmc-instruments.de)

### Glaspipetten-Reiniger

Der Pipettenspüler-Automat Modell Hölzel EPS-2D/N erfüllt diese Anforderungen. [www.hoelzel-gewo.com](http://www.hoelzel-gewo.com)

### ICP-Gerätefamilie

Mit der neuen simultanen ICP-Geräte-Familie iCAP 6300/6500 stellt Thermo Electron die Leistungsträger der ICP-Zukunft vor. [www.thermo.com](http://www.thermo.com)

## Mikrowellenbeschleunigte Lösemittelextraktion (MASE)

Mikrowellenunterstützte Analyseverfahren gewinnen sowohl in der Forschung wie auch in der Routineanalytik zunehmend an Bedeutung. Mikrowellenbeschleunigte Lösungsmittelextraktionen (MASE) finden als Ersatzmethode für die zeitaufwendige Soxhletextraktion Verwendung. Dabei können bestehende Extraktionsbedingungen wie zum Beispiel die Wahl des Lösungsmittels einfach auf die Mikrowellenextraktion hin übertragen werden. Erhebliche Vorteile dieser neuen Mikrowellentechnik ergeben sich einerseits durch die drastische Zeitverkürzung infolge der Erhöhung der Extraktionstemperatur oberhalb des atmosphärischen Siedepunktes. Andererseits ermöglicht die Mikrowellenextraktion die gleichzeitige Probenvorbereitung von bis zu 40 Proben auf einem Drehteller. Neben dem Zeitgewinn erfolgt ferner eine Kostenreduktion durch eine deutliche Minimierung des Lösungsmittels um den Faktor 10 bis 20, was wiederum

niedrigere Anschaffungs- und Entsorgungskosten zur Folge hat. Durch die Verwendung von wesentlich weniger Lösungsmittel kommt neben dem Aspekt des Arbeitsschutzes noch der Umweltschutzgedanke zum Tragen, da die Lösungsmittelexposition auf ein Minimum begrenzt wird (Green Chemistry). Hierfür wird das Mikrowellensystem Mars Xpress (siehe Bild) eingesetzt.

Einsatzgebiete sind die gängigen Umweltstoffgruppen (PAK, Pestizide, CKW, Dioxine und PCB, etc.) in den verschiedenen Matrices wie Boden, Sedimenten, Wasser, Klärschlamm, etc. Ebenfalls von großem Interesse sind biologische Materialien, wie Gewebeuntersuchungen, Rückstandsanalytik von Metaboliten (auch radioaktiv markiert) in diversen Pflanzen und Lebensmitteln. Ein weiterer Einsatzbereich ist die Vielfalt der pharmazeutischen Substanzen in den verschiedensten Darreichungsformen, wie Pflaster, Dragees, etc., ebenso Kunststoffuntersuchun-



gen (Additive in Polymeren, Alterung von Polymeren).

CEM Mikrowellen-Labortechnik GmbH  
 47475 Kamp-Lintfort  
 Tel. +49 2842 9644 0  
 Fax +49 2842 9644 11  
 www.cem.de

## Kontaktwinkel und Oberflächenspannung

Das CAM 200 ist ein leistungsfähiges, modular aufgebautes, optisches Goniometer zur Messung des statischen und dynamischen Kontaktwinkels nach der SessileDropMethode, sowie der Oberflächen und Grenzflächenspannung mit der Pendant bzw. RaisedDropMethode. Basis des Systems ist eine schnelle und hochwertige FireWireDigitalkamera und ein optimiertes Beleuchtungssystem zur genauen und störungsfreien Darstellung des Tropfens und der Oberflächenmorphologie. Mit den neuen Optionen bei Probenstischen und Dispensern kann das CAM 200 jetzt vollständig automatisiert betrieben werden.

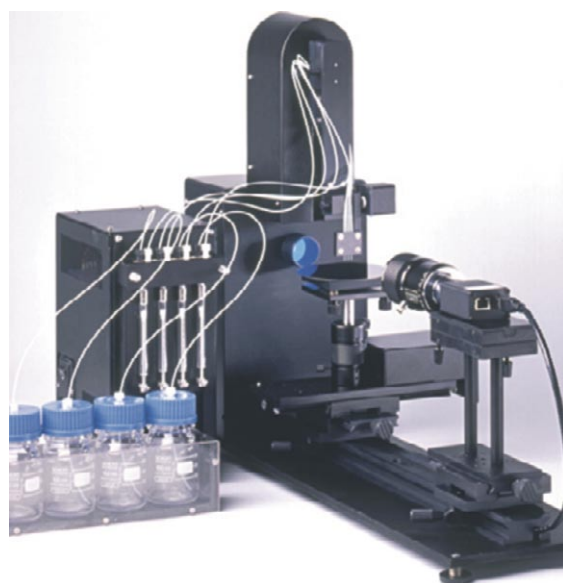
- Motorisierter Probenstisch mit 150 mm Verfahrweg
- Motorisierter Dispenser mit Vertikalbewegung zur automatischen Tropfenerzeugung und positionierung auf der Probenoberfläche
- Automatisierter Mehrprobendis-

penser für bis zu vier Flüssigkeiten

- Automatisierter Dispenser für Standardeinwegpipetten

In Verbindung mit der AutobaselineFunktion ist eine komplette Messserie mit vielen Einzelmessungen auf einer Probe auf Knopfdruck möglich. Das modulare Design und die breite Auswahl an Zubehör und Optionen machen Dutzende unterschiedlicher Konfigurationen möglich; das CAM 200 kann für jede Anwendung passend konfiguriert werden.

L.O.T.-Oriel GmbH & Co. KG  
 64293 Darmstadt  
 Tel 06151 8806 0  
 Fax 06151 896667  
 www.LOT-Oriel.com/de







# Bezugsquellenverzeichnis

## ANALYSEN

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

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

## ARBEITSSCHUTZARTIKEL



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

## CHEMIKALIEN



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

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

## DEUTERIUMLAMPEN



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

## DICHTUNGSSCHEIBEN AUS GUMMI MIT AUFVULKANISIERTER PTFE-FOLIE

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

## FTIR-SPEKTROMETER-ZUBEHÖR



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

## GEFRIERTROCKNER

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

## GEFRIERTROCKNUNGSANLAGEN



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



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

## HOHLKATHODENLAMPEN



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

## KÜHL- UND TIEFKÜHLGERÄTE



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



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

## KÜVETTEN

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

## LABORCHEMIKALIEN



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

## LABOREINRICHTUNGEN



**köttermann**  
Das Systemlabor  
Köttermann GmbH & Co KG  
Tel. 05147 976-0 Fax 05147 976-844  
www.koettermann.de, info@koettermann.de

## LABOREINRICHTUNGEN

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

## LABORHILFSMITTEL



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

## LABOR-SCHLÄUCHE UND -STOPFEN AUS GUMMI

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

## LABORZENTRIFUGEN, KÜHLZENTRIFUGEN



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



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



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

## LEITFÄHIGKEITS-MESSGERÄTE



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

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

## MIKROSKOPE



**hund**  
**WETZLAR**

**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



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

## PH-MESSGERÄTE



**HANNA**  
**instruments**  
Deutschland GmbH

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

## REINIGUNGSMITTEL FÜR LABORGLAS



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

## SAUERSTOFF-MESSGERÄTE



**HANNA**  
**instruments**  
Deutschland GmbH

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

## STERILISATOREN

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

## TEMPERATUR-MESSGERÄTE



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

## TEMPERATUR-MESSGERÄTE



**HANNA**  
**instruments**  
Deutschland GmbH

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

## THERMOMETER



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

## VAKUUMKONZENTRATOREN

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

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

Jede Empfindung, jede Wahrnehmung ist ja schon eine Einwirkung der realen Körperwelt auf unser Seelenleben. Aber darüber hinaus kennen wir eine Fülle von Tatsachen und Erlebnissen, die bezeugen, daß die Körperwelt, ja, daß bestimmte Stoffe unser seelisches Dasein erheblich beeinflussen können. Wenn wir müde sind und arbeiten müssen, dann nehmen wir Anregungsstoffe zu uns, seien es Kaffee, Tabak, Alkohol, oder seien es Pharmaka wie Pervitin. Bestimmte Stoffe (z. B. Bromverbindungen) beruhigen unsere Erregung, andere beeinflussen unsere Wahrnehmungswelt in ganz bestimmtem Sinne, und wir wissen aus zahlreichen Untersuchungen, daß sich Art und Form unserer Wahrnehmungen durch bestimmte Rauschgifte nicht nur überhaupt beeinflussen, sondern sogar steuern lassen: so ist die Wirkung von Meskalin eine durchaus andere als die von Opium. Vor einigen Jahrzehnten hat ein phantasiebegabter Schriftsteller einen Roman geschrieben, in dem durch bestimmte chemische Verbindungen und Mischungen von solchen die Träume der Menschen in ganz bestimmtem Sinne gesteuert werden — das sind für uns heute keine prinzipiellen Unmöglichkeiten, auch wenn der Weg bis zu einer solchen Kenntnis der Einwirkung von Pharmaka auf Wahrnehmungs- und Vorstellungswelt und damit auf die Träume noch sehr weit sein dürfte.

Solche geradezu aufdringlich erlebten Wirkungen chemischer Stoffe und physikalischer Faktoren auf unser Seelenleben sind ja eine der Wurzeln für das Auftreten des radikalen Materialismus als Lösung des Leib-Seele-Problems gewesen, der sich dann bei *Karl Vogt* zu dem nicht gerade sehr geschmackvollen Vergleich steigerte, „daß die Gedanken etwa in demselben Verhältnis zum Gehirn ständen wie die Galle zur Leber oder der Urin zu den Nieren.“ Das Seelische als Produkt des Gehirns, entspringen aus der Wirkung physiologischer Vorgänge, streng an deren Kausalität gebunden — das ist ein Bild, das einer „Psychochemie“ nun alle Tore öffnet, und das wir heute, etwas moderner, aber kaum weniger absurd, etwa so formulieren könnten: „Der Unterschied zwischen einem Genie und einem Kretin ist allein eine Frage der hormonalen Ausstattung.“

Alle solche Übertreibungen werden in ihre Grenzen gewiesen, wenn wir uns erinnern, was wir inzwischen fast vergessen hatten, daß es ja auch eine umgekehrte Wirkung gibt! *Schillers* kühner Satz: „Es ist der Geist, der sich den Körper baut!“ ist nicht weniger richtig als die unbezweifelbare Tatsache, daß es der Körper ist, dessen Gesundheit und richtiges Funktionieren die Grundlage eines gesunden seelischen Lebens ist, und daß das, was wir geistig sind, letztlich auch dadurch bestimmt ist, wie unser Körper beschaffen ist.

Nicht nur unser bewußter Wille wirkt in den Körper hinein und ruft bestimmte, gezielte Bewegungen hervor, sondern wir kennen noch eine Fülle anderer Einwirkungen, die sogar bis zu körperlichen Veränderungen gehen können. Wir brauchen dabei gar nicht an die Berichte über die Fähigkeiten von *Yoghis* zu denken, es gibt auch in unserer Welt genug Beispiele dafür. Besonders

## Fortsetzung von Umschlagseite 2

das Ballen einer Faust ruft starke Aktionsströme in den Muskeln hervor — aber auch die bloße Vorstellung, daß die Faust geballt werde (ohne Ausführung, ja ohne den Willen dazu) erzeugt bei den weitans meisten Versuchspersonen ebenfalls deutlich meßbare Aktionsströme in den Muskeln des betreffenden Armes.

Tatsächlich aber ist nun der Begriff der „Psychochemie“ von den oben genannten Wissenschaftlern nicht so weit gefaßt worden — leider, möchte man sagen, denn damit ist dieser Name für das weitere Gebiet sozusagen blockiert. Nach der auf der Tagung in Columbus gegebenen Definition ist die „Psychochemie“ die „Chemie der Geisteskrankheiten und anderer abnormer Gemütszustände“.

Wenn dadurch das Gebiet der „Psychochemie“ auch stark eingeengt wird, so bleiben die Probleme, die dieser Wissenschaft entstehen, und zwar die grundsätzlichen Probleme, dieselben. Das alte Dogma „Geisteskrankheiten sind Gehirnkrankheiten“ (*Griesinger*) gilt heute schon lange nicht mehr, wenigstens nicht in strengem Sinne. „Immer kennen wir“, betont *Karl Jaspers*, „nur Bedingungen des Seelischen; niemals kennen wir die Ursache eines seelischen Vorganges, sondern immer nur eine Ursache“, und bei vielen Seelenstörungen und Psychopathien „findet man im Hirn überhaupt nichts, weder die direkten noch auch die entferntesten Grundlagen.“ Es gibt keinen Zweifel, daß „jeder eigentümliche Vorgang auch seine eigentümlichen körperlichen Bedingungen hat“ — aber es bleibt, wenigstens heute noch, festzustellen, daß „nicht ein einziger bestimmter Hirnvorgang bekannt ist, der einem bestimmten seelischen Vorgange als direkte Parallelerscheinung zugeordnet wäre.“

Oder doch? Haben neue Forschungen gegenüber diesen Thesen, die einige Jahre alt sind, nicht schon eine grundlegende Änderung gebracht?

Die Feststellungen, auf die *Jaspers* sich bezieht, betreffen letztlich anatomische, histologische oder auch physiologische Untersuchungen. Aber es entsteht hier doch die Frage, ob die „bestimmten Hirnvorgänge“, die den verschiedenen Geisteskrankheiten und Psychopathien zugeordnet sind, nicht chemische Vorgänge sind: Störungen und Veränderungen im Stoffwechsel der Ganglienzellen des Zentralnervensystems, Umsteuerungen von Enzymwirkungen durch Gifte oder aus anderen, noch unbekanntem Ursachen — und damit stehen wir nun mitten im Zentrum der Fragestellungen der modernen „Psychochemie“. Damit wird aber auch deutlich, daß dieser neue Zweig der Wissenschaft nicht nur sehr wesentliche Erkenntnisse über das physiologisch-chemische Geschehen im Nervensystem und dessen Auswirkungen in den seelischen Bereich bringen wird, sondern daß von dieser Fragestellung aus auch das alte Problem, ob Geisteskrankheiten Gehirnkrankheiten sind, einer neuen Beantwortung zugeführt werden kann.

Von besonderem Interesse ist hier das 1938 von *A. Stoll* und *A. Hofmann* hergestellte Lysergsäure-diäthylamid, dessen psychotogene, d. h. psychose-ähnliche Zustände hervorrufoende Wirkung von *A. Hofmann* 1943 zufällig am

drastische bietet die Hypnose, etwa der berühmte Brandblasenversuch: einem Hypnotisierten wurde ein Fünfmarkstück auf die Handoberfläche gelegt und ihm wurde suggeriert, das Geldstück sei glühend — nach einiger Zeit bildete sich auf der Stelle der Hand eine große Brandblase; oder: eine stark hysterisch veranlagte Patientin sitzt im Untersuchungszimmer eines Arztes, hört den Ventilator, hält ihn für das Summen einer Wespe — fühlt sich plötzlich gestochen — und es entwickelt sich auf ihrem Arm eine starke Schwellung, ein „Wespenstich“.

Wir fangen heute gerade erst an, diesen großen Problembereich zu erschließen. Die vielen, nicht zu leugnenden Wirkungen von Wundertättern und Wunderärzten haben uns die Augen geöffnet, daß hier Möglichkeiten ruhen, die viel weiter und größer sind als wir bisher gedacht haben. *J. H. Schultz* „Autogenes Training“, die „Psychosomatische Medizin“, wie sie im Heidelberger Kreise um *Viktor v. Weizsäcker* entwickelt worden ist, sind erste wissenschaftliche Schritte in dieses neue Gebiet hinein, und jeder dieser Schritte zeigt, daß hier noch eine unüberschaubare Fülle von Problemen und neuen medizinischen Möglichkeiten wie von tieferen und entscheidenden Erkenntnissen über das Zusammenspiel von Leib und Seele vorliegt.

### Ein neuer Zweig der Wissenschaft?

Im Grunde genommen sind alle Probleme einer Wechselwirkung zwischen Leib und Seele, Seele und Leib auch Probleme einer „Psychochemie“, versteht man dieses Wort im weitesten Sinne. Jeder physiologische Vorgang in den Körperzellen ist, zumindest auch, ein chemischer Vorgang, wird also durch chemische Stoffe beeinflusst — und diese Beeinflussung muß sich dann, wenn eine Wechselwirkung angenommen wird, auf das Seelenleben auswirken. Wie? Ignoramus — wir wissen es nicht, und ob wir es je wissen werden? Und umgekehrt führt jeder Willensentschluß, jede unbewußte Einwirkung auf den Körper notwendig über physiologisch-chemische Vorgänge. Wie die Seele es anfängt, in das chemische Geschehen in den Zellen einzugreifen, ignoramus — und auch dies werden wir vielleicht niemals wissen können.

Wohl aber können wir die Einflüsse als solche feststellen, wir können feststellen, wie sich unser Denken, Fühlen, unsere Stimmungen, unser seelischer Tonus verändern bei Einwirkung gezielter äußerer Beeinflussungen — und wir können auch feststellen, wie sich unser physiologischer Zustand, der Ablauf der einzelnen Reaktionen in den Zellen, verändert, wenn starke seelische Erregungen, anspannendes Denken oder Vorstellungen mit starker Realisierungstendenz uns erfüllen.

Ein interessantes, durchaus alltägliches Beispiel für die Realisierungstendenz unserer Vorstellungen bieten die Versuche von *Allers* und *Scheminsky* im Wiener Physiologischen Institut: Die Versuchsperson sitzt bequem im Sessel, die Arme aufgelegt. Vom Unterarm werden mittels Elektroden evtl. vorhandene Muskelaktionsströme abgeleitet und in geeigneter Weise sichtbar oder durch Verstärkerhörern auch hörbar gemacht.

eigenen Leibe, bzw. genauer: an der eigenen Seele entdeckt und dann im Selbstversuch nachgeprüft und bestätigt wurde. Bemerkenswert ist bei diesem Stoff, wie geringe Mengen zur Auslösung von Wirkungen genügen: schon 0,0005 bis 0,002 mg pro kg Körpergewicht eingenommen rufen nach ½ bis 2 Stunden psychotische Veränderungen hervor, die dann 5 bis 24 Stunden andauern. Hemmende Wirkungen auf den Gehirnstoffwechsel, speziell die Energieerzeugung durch Abbau der Kohlenhydrate, sind festgestellt worden und mit Hilfe der Elektro-encephalographie (elektrophysiologischer Meßmethoden) konnte, wie *E. V. Everts* auf dem New Yorker Symposium berichtete, eine Art „topographische Karte“ des Gehirns gewonnen werden, die zeigt, in welchen Regionen die Weiterleitung von Nervenimpulsen durch Lysergsäure-diäthylamid oder Bufotenin oder Mescaline gehemmt, stark beeinflußt oder gar nicht berührt wird.

Daß man mit solchen psychotogenen Stoffen nicht nur bestimmte psychische Veränderungen für kurze Zeit hervorrufen, sondern geradezu „Modellpsychosen“ erzeugen kann, hat in den USA dazu geführt, auch die vom Gesunden „nicht einfühlbaren“ psychischen Veränderungen dem Psychologen, Arzte und Pfleger durch eigenes Erleben wenigstens in gewissem Maße zugänglich zu machen, „um sie zu einem besseren Verständnis des Verhaltens der Patienten zu befähigen.“

Die Aussichten, die aus solchen Erkenntnissen, für die die Untersuchungen über das Lysergsäure-diäthylamid nur ein Beispiel sind, für eine Heilung von Geisteskrankheiten sich ergeben können, lassen sich heute noch nicht absehen — aber wir dürfen hoffen, daß die Psychochemie dazu beitragen wird, dieses noch sehr dunkle Gebiet zu erhellen. Auch hier scheint der Weg über die „Modellpsychosen“ neue Möglichkeiten zu eröffnen. So hat man jüngst in den USA festgestellt, daß das  $\alpha$ -(4-Piperidyl)-benzhydrol-hydrochlorid die Wirkung des Lysergsäure-diäthylamids hemmt, wenn man dieses Mittel vorher gibt.

Daß das Alkaloid Arecolin bei schweren schizophrener Zuständen leichte Momente erzeugen kann, daß Reserpin bei Geisteskrankheiten beruhigend wirkt, sind vorerst empirische Erkenntnisse, deren physiologisch-chemische Untersuchung im Tierversuch wie in Gewebzüchtungen sicherlich weitere Wege weisen wird. Allerdings liegen die Probleme hier doch etwas anders als bei den rein physiologischen Untersuchungen über Pharmaka und ihre Wirkung, denn es hat sich immer deutlicher gezeigt, daß Tiere in ihrer Reaktion auf psychomimetische Stoffe vom Menschen doch erheblich abweichen.

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

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

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