

CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

Analytik

Biotechnik

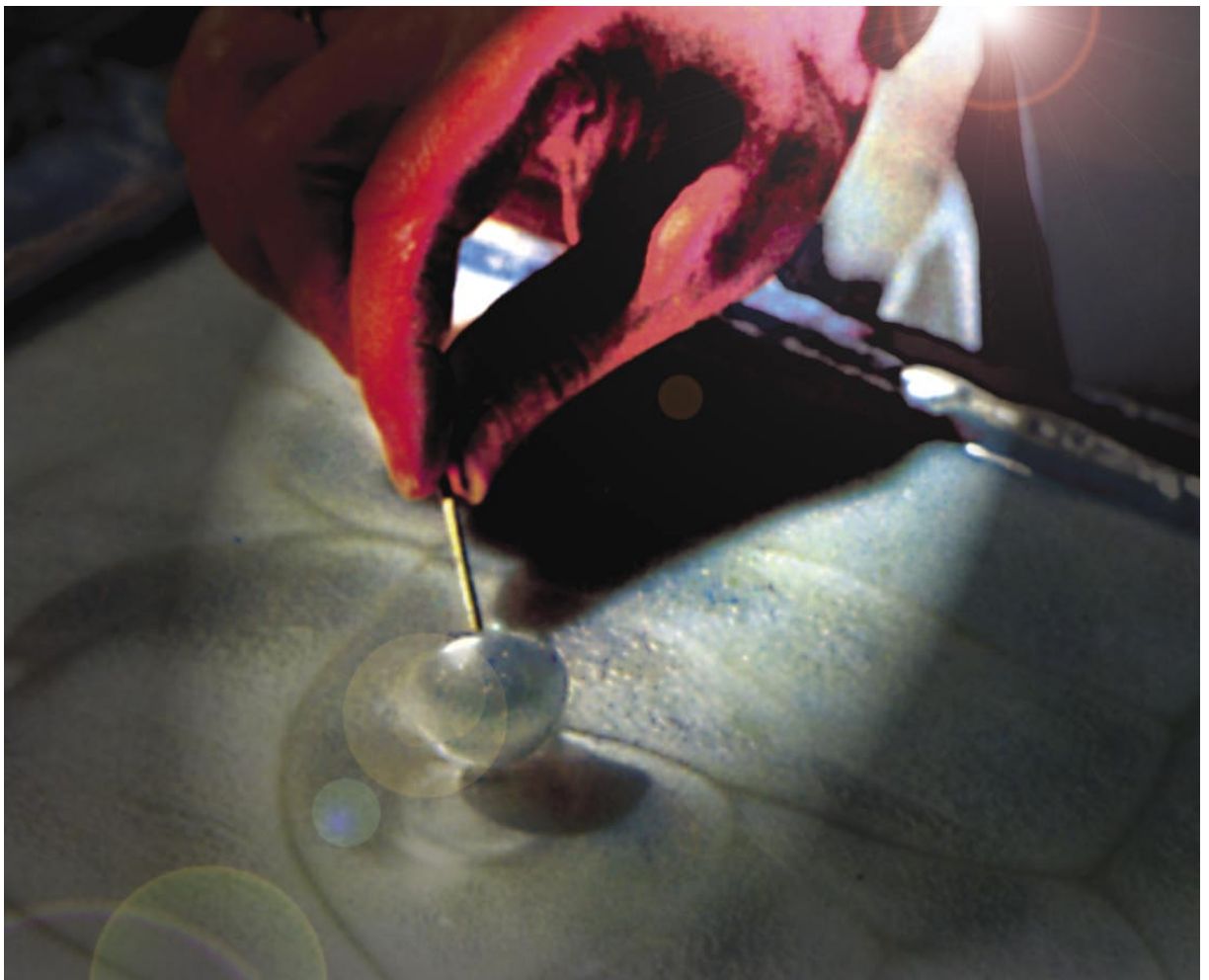
Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung



- **Analysiert: Die „Perlen von Mallorca“**
- **Inhaltsstoffe von Rhabarber**
- **Lust als physikalische Größe**

Chemie

FÜR LABOR UND BETRIEB

Eine verständliche Monatsschrift

Nr. 9

Frankfurt a. M., September 1956

7. Jahrgang

Nobelpreisträger sprechen über ihre Arbeiten II¹⁾

Zur Theorie der Elementarteilchen

Auf der ersten Tagung der Nobelpreisträger für Physik in Lindau vor drei Jahren waren dem Thema „Theorie der Elementarteilchen“ drei Vorträge gewidmet, und es sprachen: *Werner Heisenberg*, *P. A. M. Dirac* und *Hideki Yukawa*²⁾. Es bildete einen besonderen Reiz der diesjährigen Tagung, daß nicht nur diese drei Forscher wiederum zu demselben Thema sprachen, sondern daß auch alle drei an ihre damaligen Vorträge anknüpften. „Fortschritte und Schwierigkeiten in der Quantentheorie der Elementarteilchen“ hieß damals der Vortrag Prof. Heisenbergs — „Probleme in der Theorie der Elementarteilchen“ lautete das Thema in diesem Jahre, schon in der Wahl des Titels die Beziehung andeutend, aber auch zugleich betonend, daß von „Fortschritten“ seitdem noch nicht sehr die Rede sein kann.

Es bleibt auch in diesem Jahre das Ergebnis: die Theorie der Elementarteilchen ist irgendwie „festgefahren“. Vor drei Jahren betonte man — außer den drei genannten Forschern wies auch Prof. *Powell* darauf hin — daß man zur theoretischen Bewältigung der hier auftretenden Probleme „eine neue Mathematik“ benötige, und daß es eines ganz neuen Gedankens bedürfe, über den man begrifflicherweise auch nicht in Andeutungen etwas aussagen könne.

In diesem Jahre sind die damals vorgetragenen Versuche zur Lösung der Schwierigkeiten weiter entwickelt worden, und diese Versuche haben zu einigen recht seltsamen, ja erregenden Konsequenzen geführt. Wir wollen versuchen, soweit es in diesem Rahmen möglich ist, wenigstens eine Andeutung von diesen Konsequenzen zu geben.

Eine einheitliche Theorie der Materie

Für eine Theorie der Elementarteilchen stellt schon ihre große Zahl eine Schwierigkeit dar. Aus den ursprünglichen zwei Teilchen, den Protonen und den Elektronen, aus denen man einst das ganze All der Materie glaubte aufbauen zu können, sind mittlerweile 25 Elementarteilchen geworden, von denen hier nur das Neutron, das Positron, die verschiedenen Arten von Mesonen³⁾ und das Anti-Proton⁴⁾ erwähnt werden sollen. Schon gegen Ende

¹⁾ Teil I diese Ztschr. 7, 325 (1956).
²⁾ Vgl. diese Ztschr. 4, 531 (1953).
³⁾ Vgl. diese Ztschr. 4, 454 (1953).
⁴⁾ Vgl. diese Ztschr. 7, 32 (1956).

370

Nobelpreisträger sprechen über ihre Arbeiten

der zwanziger Jahre war man sich darüber klar, daß eine solche Theorie auf den Grundpfeilern der modernen Physik errichtet werden müsse: der Quantentheorie, der Relativitätstheorie und der Wellentheorie. Die Vereinigung von Quantentheorie und Wellentheorie gelang zunächst auch ganz gut, bis gegen Ende der dreißiger Jahre Schwierigkeiten entstanden: die Theorie führte zu physikalisch sinnlosen Resultaten, wie etwa einer unendlichen Energie für Elektronen (s. u. S. 372). Aber es entstanden auch Konflikte zwischen der Quantenmechanik einerseits und der Raum-Zeit-Struktur der Relativitätstheorie andererseits, so daß ein Abgehen von den bisherigen Grundvoraussetzungen notwendig erscheint.

Der naheliegende Gedanke, aus den Wechselwirkungen der einzelnen Elementarteilchen aufeinander — sie alle lassen sich ja ineinander umwandeln und können auch in Energie umgewandelt werden — bestimmte allgemeine Gesetzmäßigkeiten abzuleiten, hat auch nicht zu dem erstrebten Ziele geführt, und Professor Heisenberg betonte, daß die Mängel, die diese Versuche zeigten, durchaus grundsätzlicher Natur sind.

Bei seinem Versuche, die Schwierigkeiten und Probleme einer Theorie der Elementarteilchen zu bewältigen, geht nun Heisenberg von drei Grundgedanken aus, die seiner Meinung nach entscheidend und zugleich wegweisend sind:

1. Es hat keinen Zweck, für die Vielzahl der Elementarteilchen jeweils die Wellengleichungen aufzustellen und mit Hilfe dieser verhältnismäßig großen Anzahl von Gleichungen eine einheitliche Theorie aufzubauen. Vor allem dürften auch die mathematischen Komplikationen hierbei kaum zu bewältigen sein. Alle Elementarteilchen sind letztlich Teilchen von „Materie“, die Theorie muß daher von einer einheitlichen Wellentheorie der Materie ausgehen: die einzelnen Elementarteilchen müssen dann als „Lösungen“ der Gleichung erscheinen, und das heißt, die Gleichung oder das Gleichungssystem muß so beschaffen sein, daß ihre Lösung besagt: es gibt gerade diese und nur diese Elementarteilchen (wobei noch offen bleiben kann, daß evtl. einige neue, noch unbekannte Elementarteilchen dabei auftreten).

2. Da sich gezeigt hat, daß die Masse eines Elementarteilchens ebenso wie seine Geschwindigkeit abhängig ist von den Wechselwirkungen der Teilchen aufeinander, gründet die neue Gleichung auf diesen Wechselwirkungen, wobei dann die Masse der Teilchen als Lösung erscheint.

3. Da Energie und Materie nur verschiedene Formen einer und derselben Ursubstanz oder Urenergie sind⁵⁾, muß die Theorie nicht nur die verschiedenen Elementarteilchen als „Formen“ dieses Ur-X (wie wir vielleicht vorsichtiger sagen) erweisen, sondern auch den Unterschied von Energie und Materie als solche besonderen „Formen“ aufweisen.

Professor Heisenberg zeigte dann an einer von ihm aufgestellten „Modellgleichung“, wie seiner Meinung nach eine solche Grundgleichung der Theorie

⁵⁾ Vgl. diese Ztschr. 6, 592 (1955).

der Materie aussehen müsse. In seinem Göttinger Institut ist diese Gleichung in ihren Anwendungen auf die Elementarteilchen sehr genau durchgerechnet worden, und die Ergebnisse stimmen zumindest qualitativ gut mit den Tatsachen überein. Das läßt hoffen, daß auf diesem Wege weitergegangen werden kann. Jedenfalls glaubt Heisenberg, daß diese Modellgleichung den Typ der erst zu suchenden endgültigen Gleichung darstellt.

In seinem großen Diskussionsbeitrag zu diesem Vortrage bezweifelte Professor Pauli allerdings, daß die kommende Theorie auf einer verhältnismäßig so einfachen Grundlage ruhen könne, wie sie die Heisenbergsche Gleichung darstelle.

Zumal ja gewisse Schwierigkeiten wie „negative Wahrscheinlichkeiten“, „Geisterzustände“ der Teilchen auch in dieser Theorie nicht ganz verschwunden sind, sondern eine nur durch Verbote eingeschränkte Existenz behalten haben.

Elektronen und das Vakuum

Professor P. A. M. Dirac ging bei seinem Versuche, zu einer Theorie der Elementarteilchen zu gelangen, genau von dem entgegengesetzten Standpunkt aus: um eine vernünftige Theorie aller Elementarteilchen zu gewinnen, müsse zunächst einmal die Theorie eines dieser Teilchen wirklich ausgebaut und vervollkommen werden. Da wir von allen Teilchen über das Elektron am meisten wissen, sei daher mit der Theorie des Elektrons zu beginnen. Er sei nicht, wie viele andere Physiker, der Auffassung, daß eine vollständige Theorie der



Erläuterung zum Titelbild und zu obenstehender Abbildung: Gespräche auf der Lindauer Tagung. Die persönliche Führungsnahme der Teilnehmer ist für jede Tagung von Wichtigkeit. Für die Nobelpreisträger stellt die Möglichkeit, in der schönen und ruhigen Umgebung von Lindau und Bad Schachen die aktuellen Probleme ihrer Forschungsgebiete diskutieren zu können, einen besonderen Reiz der Lindauer Tagung dar. Unser Titelbild zeigt eine wissenschaftliche Diskussion zwischen Sir Chandrasekhara Raman (Mitte), Professor Gustav Hertz (rechts) und Professor Werner Heisenberg. (Photo: Fritz Eschen, Berlin). — Auf dem obenstehenden Bilde sehen wir Werner Heisenberg (rechts) im Gespräch mit Otto Hahn. In der Mitte, sichtlich in skeptisch-melancholische Gedanken vertieft, Sir Frederic Soddy (Photo: F. Thorbecke, Lindau/Bodensee).

Elektronen nur im Zusammenhang mit der Theorie der anderen Teilchen aufgebaut werden könne. Wir sollten uns lieber bemühen, „unser Wissen über das Elektron zu vergrößern und durch eine kritische Prüfung der bisherigen Theorie deren Fehler zu beheben“. „Meine neue Arbeit“, so sagte Professor Dirac, „bewegt sich ganz auf dieser Linie“.

Nach der Auffassung der Partikeltheorie ist ein Elektron eine negative Elementarladung, die als solche ein kugelförmiges elektrisches Feld um sich hat. Durch dieses Feld tritt das Elektron in Wechselwirkung mit elektromagnetischen Feldern, also auch mit den Feldern anderer Elektronen. Denkt man sich nun die Ladung eines Elektrons in einem Punkte vereinigt, so wird die Coulombsche Feldkraft bei Annäherung an diesen Punkt unendlich groß. Da aber nach Auffassung der Physik ein unendlich großes Feld nicht möglich ist, ergeben sich zwei mögliche Konsequenzen:

1. Die Ladung des Elektrons darf nicht in einem Punkte vereinigt gedacht werden, oder

2. Das Coulombsche Gesetz gilt nicht mehr für sehr kleine Entfernungen.

Die Versuche, die zweite Möglichkeit zu berücksichtigen, haben bisher noch nicht zu aussichtsreichen Ergebnissen geführt. Andererseits aber leiten sich die bisherigen Erfolge der Elektronentheorie von der Auffassung der punktförmigen Ladung her. „Wir stehen hier“, so betonte Dirac, „am Anfang fundamentaler Schwierigkeiten“.

Zur Vereinfachung der Theorie hat man nun häufig die Annahme eines „bloßen Elektrons“, also eines Elektrons ohne Coulombsches Feld zu Grunde gelegt. Da „bloße Elektronen sehr einfach zu behandeln sind“, versucht man, erst ihre Theorie aufzubauen, um dann später das „Feld“ in die Theorie einzufügen, „aus den bloßen Elektronen so physikalische zu machen“.

Professor Dirac entwickelte zunächst die Grundlagen einer Theorie physikalischer Elektronen, von der wir hier nur zwei Punkte hervorheben wollen:

a) Nach der Quantentheorie kann ein Atom Energie nur in ganzen Vielfachen eines Elementarquants aufnehmen oder abgeben. Dabei gehen Elektronen des Atoms ruckhaft von einem energieärmeren in einen energiereicheren Zustand über, bzw. umgekehrt. Anschaulich gesprochen: Elektronen „springen“ von einer tieferen Schale auf eine höhere oder fallen auf eine tiefere Schale zurück (wobei sie Licht bestimmter Wellenlängen, die Spektrallinien, ausstrahlen).

Man kann diesen Vorgang aber — und in der Quantenmechanik hat sich dies als zweckmäßig erwiesen — auch anders darstellen: nimmt ein Atom Energie auf oder gibt es Energie ab, so verschwindet ein Elektron auf der Schale A und gleichzeitig entsteht ein Elektron auf der Schale B. Die bisherige Theorie hat hierbei immer mit „bloßen Elektronen“ gerechnet, man kann aber, betonte Professor Dirac, die Rechnungen auch so ändern, daß die Elektronen dabei von ihren Coulombschen Feldern begleitet werden.

Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,

tunneln vielleicht doch Aliens durch die unendlichen Fernen und wötmöglich Dimensionen des Weltalls zu uns auf die Erde? Man bedenke: Einige der heute aktuellen Theorien, die auf die Quantenmechanik aufbauen, legen Multiversen nahe, ein Weltall für jeden möglichen Quantenzustand! Die Auswirkungen der Quantenphysik haben aber auch einen zunehmenden Einfluss auf die Techniken, die wir bereits verwenden.



Der Siegeszug der heutigen Analytik begründet sich zu einem großen Teil in der Verfeinerung physikalischer Messtechniken, auch wenn Biochips die Analytik immer mehr von der Seite der Chemie her bereichern. „Chemie ist angewandte Physik“ sticheln ja auch gerne Physiker

bei Gesprächen mit Kollegen aus der Chemie. Fundamental haben sie ja nicht Unrecht. Die vorliegende CLB liefert daher Stoff, sich Basiswissen der Physik wieder in Erinnerung zu rufen, und das – rechtzeitig zum Aprilbeginn – auf lustige Weise: „Lust als physikalische Größe“ ab Seite 98 führt vom Bohr'schen Atommodell – und dessen Bedeutung für die Musik – über die Hauptsätze der Thermodynamik, den Entropiebegriff und dessen Verknüpfung mit Information hin zu komplexen Systemen – und schließlich hin zu „Lustonen“. Kann man ja auch ´mal so sehen ;-)

Wie sich die Quantenmechanik vor 50 Jahren darstellte ist nebenstehend (und auf Umschlagseite 3) nachzulesen; auch damals maß die Redaktion der CLB diesem Thema schon fundamentale Bedeutung zu. Die aktuellen Er-

kenntnisse und Anwendungen beziehen auch immer wieder die Kosmologie ein und schaffen einen Zusammenhang zwischen Quantenmechanik, Teilchenphysik und Astronomie, in dieser CLB beispielhaft beschrieben auf den Seiten 108 und 109. Einmal wieder beschäftigt die Forscher die Dunkle Materie. Auf Seite 111 wird schließlich eine neue Beobachtung eines bisher nur theoretisch vorhergesagten Quanteneffekts beschrieben. Die Quantenwelt ist sicherlich noch für einige Überraschungen gut!

Für die „bodenständigen“ Leser ernen Ihnen widmen wir uns in dieser Ausgabe dem Rhabarber, rechtzeitig zum Beginn der Gartensaison. Hier erfahren Sie, was in dem Gemüse steckt, und in welchem Maße es man bedenkenlos genießen kann.

Vielleicht freuen Sie sich aber auch auf einen Osterurlaub auf der Ferieninsel Mallorca. Dann können Sie sich hier schon einmal kompetent über spezielle Souvenirs erkundigen, die „Perlen von Mallorca“. Buch-Erfolgsautor und CLB-Mitherausgeber Georg Schwedt hat ihr Geheimnis gelüftet und beschreibt dies ab Seite 88. Mit diesem bunten Strauß von Artikeln rund um die Naturwissenschaften grüßt

Ihr

INHALT

Aufsätze

Die Perlen von Mallorca – perlas majorica Fischschuppen und Bismut _____	88
Kalziumoxalate und Nierensteine Rhabarber, ein barbarisches Gemüse _____	92
In Physik, Chemie und Biologie: Lust als physikalische Größe _____	98

Rubriken

Editorial _____	81
Impressum _____	83
F & E im Bild _____	83
Unternehmen _____	84
Personalien _____	86
Förderungen / Preise _____	87

Umschau	
Neue Theorie zur Dunklen Materie	
Fehlende Masse durch „sterile Neutrinos“ _____	108
Forschung und Technik _____	110
Grundlagen _____	112
Umfeld Wissenschaft _____	114
Literatur _____	115
Neue Produkte _____	116
Veranstaltungen _____	118
Bezugsquellenverzeichnis _____	119



Zum Titelbild:
Der Artikel auf Seite 88 berichtet von echten und nachgemachten Perlen (Abb.: Schwedt/RK).

CLB-Memory

Schadstoffe schwächen Lern- und Konzentrationsfähigkeit	
BUND: Noch immer zu viel PCB in Schulen _____	M17
Naturwissenschaftler lehnen unterdurchschnittlich bezahlten Arbeitsplatz ab	
Dritte „Continental-Studentenumfrage“ _____	M18
Biosynthese ist manchmal effektiver als chemische Wirkstoffproduktion	
Analyse der Alkaloidbiosynthese in Schlafmohn _____	M20
Online-Gewinnspiel vom Forschungszentrum Karlsruhe	
Mit 18 Fragen die Wissenschaft entdecken _____	M21
Wissenschaft, Kultur und Ethik für eine menschliche Zukunft	
Käsefondue-Workshop für integrales Denken _____	M22
Broschüre informiert über Nutzung und Perspektiven	
Naturfaserverstärkte Kunststoffe _____	M22
VDI-Studie zu Hochschulangeboten	
Nanotechnologie im Überblick _____	M23
Der erste Eindruck zählt auch im Berufsleben	
Geschäftlicher Online-Knigge _____	M23
Elemente und ihre Darstellung und Gewinnung	
Die dritte Hauptgruppe – es kann mehr als eine Antwort richtig sein _____	M24

Was bewegt die inneren Haarsinneszellen?

Ursache vieler Schwerhörigkeiten ist eine Fehlfunktion der Hörschnecke (Cochlea). Ihre Funktion und Dysfunktion ist bislang nicht vollständig aufgeklärt. Um menschliche Kommunikation zu ermöglichen, benötigt die Cochlea Eigenschaften, die bisher von keinem künstlich hergestellten System erfüllt werden können.

Die sensorischen Zellen in der Hörschnecke, innere Haarsinneszellen genannt, wandeln schallinduzierte Bewegungen in ein elektrisches Signal um. Die Umwandlung findet in einem Bündel von einem bis acht Mikrometer langen Haaren auf der Zelle statt. Bei gerade wahrnehmbaren Lautstärken werden die Haare um den Bruchteil eines Nanometers ausgelenkt. Bislang war nicht bekannt, wodurch das Bündel bewegt wird. Wissenschaftler der Tübinger Universitätsklinik haben den adäquaten Reiz für die atomaren Bewegungen aufgedeckt: Mittels eines Laserinterferometers zeigten sie, dass das Zellende, in dem das Haarbündel eingebettet ist, sich entgegengesetzt zu einer darüber liegenden Deckmembran bewegt.



Dieser Impuls versetzt die Flüssigkeit um das Haarbündel in Bewegung und lenkt dadurch das Haarbündel aus. Es ist, als ob Wasser in einem Gummischlauch durch Quetschen mit der Hand in Bewegung versetzt wird. Dabei beträgt der Abstand zwischen Haarzelle und Deckmembran jedoch nur vier bis acht Mikrometer und das Quetschen findet mindestens 3000 Mal pro Sekunde (3 kHz) statt. Die Abbildung zeigt die spiralförmige Form einer Cochlea mit insgesamt 4,5 Windungen. Die knöcherne Cochleawand wurde entfernt (Abb.: Anthony W. Gummer).

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. Röbbbe
Wünschiers, Köln.

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

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 Buchbesprechungs-exemplare kann
keinerlei Gewähr übernommen werden.

ISSN 0943-6677



NACHRICHTEN & NOTIZEN

Applied Biosystems hat die Research Products Division von Ambion gekauft. Ambion stellt hochwertige RNA-Reagenzien für die life science Forschung her.

Die Pharma Sparte von Roche in Penzberg hat ein weiteres Forschungs- und Entwicklungsgebäude eingeweiht. Das sieben Millionen Euro teure Gebäude entstand in nur sieben Monaten. Rund 100 Mitarbeitende aus Forschung und technischer Entwicklung erforschen und entwickeln Verfahren und Methoden für die Herstellung therapeutischer Proteine.

Die v. Nordeck Holding AG mit Sitz in Hannover und St. Gallen/Schweiz unterstützt als Mehrheitsaktionär die Ansiedelung der egomedical AG in Sachsen-Anhalt. Dadurch werden in den nächsten Jahren 300 direkte sowie 250 indirekte Arbeitsplätze in und um Theeßen im Landkreis Jerichower Land entstehen. Die egomedical AG aus Martinsried bei München entwickelt und produziert biochemische Testsysteme für die Patienten-Selbstkontrolle.

InProcess Instruments aus Bremen hat einen weiteren Umsatzsprung von rund 30 Prozent für die Online Gasanalyse im Jahr 2005 erzielt. Der Absatz für die Analysetechnik in der Stahlindustrie hat sich weiter gefestigt und gleichzeitig wurden für den Einsatz in der Glasindustrie vier Systeme aus der Produktgruppe GIA (Gas Inclusion Analyser) ausgeliefert.

Lanxess wird im April 2006 die Produktionsanlage „Lanxess Business Unit Semi Crystalline Products“ (SCP) zur Compoundierung technischer Kunststoffe in Wuxi/China eröffnen. Rund 20 Millionen Euro wurden in die Anlage investiert, die Durethan und Pocan herstellt. Etwa 100 Arbeitsplätze werden entstehen.

Die Arysta LifeScience North America Corporation und die BASF Corporation haben vereinbart, dass wesentliche Teile der Micro Flo Company LLC aus Memphis, Tennessee, einer Tochtergesellschaft der BASF Corporation, Florham Park, New Jersey, in den Besitz von Arysta übergehen. Die Akquisition erweitert das Geschäft von Arysta in Nordamerika und verschafft dem Unternehmen eine gute strategische Position im Pflanzenschutzmarkt der USA.

Michell Instruments hat mit dem Erwerb des niederländischen Unternehmens Rense Instruments BV seine Produktpalette mit qualitativ hochwertigen und gleichzeitig kostengünstigen rF-Messinstrumenten erweitert. Bisher als Taupunktspezialist bekannt, wird Michell Instruments nun auch Sensoren, tragbare Geräte und Kalibriersysteme, welche die relative Feuchte (rF) messen, anbieten.

Brenntag, Weltmarktführer in der Wachstumsbranche Chemiedistribution, hat den amerikanischen Chemiedistributeur Los Angeles Chemical (LA Chemical) mit Sitz in Southgate, Kalifornien, übernommen. LA Chemical erwirtschaftete im Jahr 2005 einen Umsatz von 165 Mio. USD und steht damit im Ranking der größten amerikanischen Chemiedistributeure auf Platz 15.

Patentverwertungsagentur Rubitec

Verwertungserfolge nehmen zu

Über 100 neue Erfindungen von 2002 bis Februar 2006 sprechen für sich. Mittlerweile werden der rubitec, der Patentverwertungsgesellschaft der Ruhr-Universität Bochum, zwischen 25 und 30 Erfindungen pro Jahr angezeigt. Eine weitere Steigerung ist zu erwarten.

Seit 1998 ist die rubitec GmbH als Verwertungsgesellschaft der Ruhr-Universität (RUB) am Markt tätig. Im Geschäftsfeld „Patente“ berät die rubitec als exklusiv beauftragte Patentverwertungsagentur der RUB die Erfinder der Hochschule, betreut zusammen mit Patentanwaltskanzleien das Patentanmeldeverfahren und verwertet die Schutzrechte durch Abschluss von Lizenz- und Kaufverträgen oder/und durch Anwerbung von Drittmittelprojekten. Die Patentverwertungsinitiative wird

vom BMBF seit 2002 und vom Land NRW seit 2004 finanziell gefördert.

Seitdem steigt sowohl die Anzahl der Erfindungen, als auch deren Qualität. Betrug die Anzahl der zum Patent angemeldeten Erfindungsmeldungen 2004 noch 30 % aller gemeldeten Erfindungen, so lag diese Quote im letzten Jahr bei 45 %.

Insgesamt acht Verwertungsabschlüsse kann die rubitec seit 2002 vorzeigen. Nachdem 2005 alleine drei Verwertungsabschlüsse verzeichnet wurden, sind es, obwohl erst Anfang des Jahres, in 2006 bereits zwei.

Unter den Projektpartnern befinden sich namhafte Konzerne und Firmen, wie etwa die BASF AG, ABB AG, NKM Noel Special Cranes GmbH und ein großer US-Konzern.

BASF erwirbt Bauchemie-Geschäft von Degussa

Noch mehr Präsenz im Bausektor

Die BASF AG, Ludwigshafen, hat sich mit der Degussa AG, Düsseldorf, über den Erwerb des weltweiten Bauchemie-Geschäfts geeinigt. Der Kaufpreis für das Eigenkapital beträgt knapp 2,2 Milliarden Euro. Daraus errechnet sich für die BASF ein Transaktionswert von 2,7 Milliarden Euro.

Der weltweite Markt für Bauchemikalien hat derzeit eine Größe von rund 13 Milliarden Euro und wächst pro Jahr um 4 bis 5 %. Mit der Integration sichert sich BASF den Zugang zu weiteren Industriekunden und Endverbraucher-Märkten. Durch die starke Präsenz der BASF in Asien entstehen Wachstumsmöglichkeiten im boomenden Bausektor dieser Region.

Der Unternehmensbereich Bauchemie der Degussa erzielte mit seinen rund 7400 Mitarbeitern im Geschäftsjahr 2004 weltweit einen

Umsatz von rund 1,8 Milliarden Euro und ein EBIT von 201 Millionen Euro. Als Markt- und Technologieführer sowie größter Anbieter bauchemischer Produkte vertreibt Degussa Bauchemie weltweit rund 40 000 Produkte.

Die BASF liefert Vorprodukte an die Bauchemie, insbesondere an Formulierer von Bauchemie-Produkten. Funktionale Polymere der BASF verbessern die Fließfähigkeit von Beton, erhöhen seinen äußeren Schutz oder helfen bei der Betonsanierung. Weitere Einsatzgebiete sind Fliesenklebstoffe, Bodenbelagsklebstoffe, Dichtstoffe, Wasserdampfsperren oder auch Grundierungen. In Latentwärmespeichern werden funktionale Polymere zum Temperaturmanagement eingesetzt. Weitere BASF-Bauchemikalien sind zum Beispiel Holzschutzlacke oder Polyurethansysteme für Montagezwecke.

Allweiler bildet mehr Lehrlinge aus

Zukunftssicherung entgegen bundesweiten Trend

Die Allweiler AG wird 2006 die Ausbildungsquote am Stammsitz des Unternehmens in Radolfzell auf etwa sieben Prozent der Stammebelegschaft im Werk erhöhen. Dies sind fast doppelt so viele Ausbildungsstellen wie in den vergangenen Jahren. Mit den neuen Lehrstellen soll vor allem der Nachwuchs an qualifizierten Facharbeitern sichergestellt werden.

Traditionell bildet der älteste deutsche Hersteller von Pumpen (gegründet 1860) einen großen Teil seiner Facharbeiter selbst aus. Mehr als 50 Prozent der heute beschäftigten Facharbeiter haben ihre Ausbildung im Unternehmen erfolgreich abgeschlossen. Hans-Erich Vonderheid, Personalleiter des Unternehmens, sieht die Vorteile darin, dass die Ausbildung

exakt die Bedürfnisse des Unternehmens erfüllt. Zudem biete Allweiler gute Lehrvoraussetzungen und ein ausbildungsfreudiges Betriebsklima.

In den letzten Jahren wurden jeweils zwischen acht und zehn Lehrstellen angeboten. 2006 soll diese Zahl verdoppelt werden. Ausgebildet wird in den Berufen Industriekaufmann/-frau mit „Zusatzqualifizierung europäisches Wirtschaftsmanagement“, Technische/r Zeichner/in, Modellbaumechaniker/in, Gießereimechaniker/in, Zerspanungsmechaniker/in und Industriemechaniker/in.

Auch der Betriebsrat begrüßt die Erhöhung der Lehrstellenangebote. „Wir freuen uns, dass die Geschäftsleitung unseren Vorschlag im Rahmen der tarifvertraglichen Regelungen umgesetzt hat. Dieser



Dr. Michael Matros, Werksleiter Radolfzell (Bild: Allweiler).

Schritt dient der Zukunftssicherung des Standortes und wir sind stolz, dass sich Allweiler entgegen dem bundesweiten Trend verhält.“, so der Betriebsratsvorsitzende Hermann Buhl.

Frost & Sullivan-Auszeichnungen 2005 und 2006

Preisträger Topas Advanced Polymers und Sartorius

Topas Advanced Polymers (TAP) erhält den „Award for Technology Leadership 2005“ der internationalen Unternehmensberatung Frost & Sullivan im Bereich medizinische und pharmazeutische Verpackungsindustrie. Der Sartorius Konzern wurde mit dem „2006 Growth Strategy Leadership Award“ im Marktsegment der Feuchtebestimmung ausgezeichnet.

TAP produziert eine Reihe von Polymeren mit außergewöhnlichen Eigenschaften, die zur Herstellung von Verpackungen für Medizinprodukte eingesetzt werden. Cycloolefin Copolymere (COC) sind kristallklare, amorphe Werkstoffe auf Basis von zyklischen und linearen Olefinen. TAP vertreibt COC unter dem Markennamen Topas.

Topas verfügt über alle erforderlichen Zulassungen für Medizin- und Lebensmittelkon-

takt-Anwendungen in Europa und den USA und wird für Folien, pharmazeutische Blisterverpackungen, optische Präzisionsspritzgussteile, Tonerbindemittel für Laserdrucker, Medizin- und Laborbehälter verwendet.

Topas Advanced Polymers, ein Joint Venture der japanischen Gesellschaften Daicel Chemical Industries Ltd. und Polyplastics Company Ltd., wurde im Januar 2006 gegründet, um das Geschäft mit Cycloolefin Copolymeren von Celanese/Ticona weiterzuführen. Das Unternehmen mit Sitz in Frankfurt und Florence/USA hat etwa 100 Mitarbeiter.

Sartorius hat seinen Weltmarktanteil in der Feuchtebestimmung im Jahr 2005 deutlich gesteigert. Das Unternehmen habe sich durch seine applikationsspezifischen Dienstleistungen vom Wettbewerb abgehoben. Durch Zukäufe

in den USA (Sartorius Instrument Omnimark Corp. Denver Instrument, Inc.) habe es seine regionale Präsenz sowie die Kundenbasis erweitert. Durch Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen Einrichtungen setze Sartorius darüber hinaus Standards bei neuen Messverfahren und -technologien, so die Unternehmensberatung.

Geräte zur Bestimmung der Materialfeuchte beziehungsweise zur Wassergehaltsbestimmung werden in der Wareneingangs- und Produktionsüberwachung zahlreicher Branchen, beispielsweise in der chemischen, pharmazeutischen und Lebensmittelindustrie, eingesetzt. Verarbeitungsfähigkeiten von Rohstoffen, Geschmack und Haltbarkeit von Lebensmitteln, aber auch Messgenauigkeiten bei der Probenbestimmung hängen vom Materialfeuchtegehalt der Eingangsmaterialien ab.

BAYER AG **Dr. Klaus Schäfer** (43), derzeit bei Bayer MaterialScience AG Leiter Technology Services, wird neuer Vorsitzender der Geschäftsführung der Bayer Industry Services GmbH & Co. OHG, einem Joint Venture der Bayer AG und der Lanxess AG. Er tritt die Nachfolge von Dr. Jürgen Hinz (59) an. Seit der Gründung von Bayer MaterialScience war er für die technische Unterstützung und Versorgung der Produktionsanlagen des Unternehmens verantwortlich.



verantwortet den Bereich Produktion von optischen Hightech-Präzisionssystemen. Althoffs Aufgabe bei Leica Microsystems beinhaltet alle produktionsrelevanten Prozesse innerhalb des Unternehmens, einschließlich des Materialeinkaufs und der Fertigungslogistik. Seit dem Jahr 2001 war Ludger Althoff bei dem Werkzeugmaschinenhersteller Hengstler in Aldingen, Baden-Württemberg, tätig.

gemeinnützige Organisation, deren Ziel die Wissensmehrung und Wissensverbreitung im Bereich der Konzeption und Nutzung von Filter- und Trenntechniken ist. Die Gesellschaft hat Mitglieder in über 25 Ländern der Welt.

EHRUNGEN

Prof. Dr. Christian Jochum, der frühere Vorsitzende der Störfall-Kommission (SFK) und **Dr. Norbert Pfeil**, der frühere Vorsitzende des Technischen Ausschusses für Anlagensicherheit (TAA) erhielten das **Bundesverdienstkreuz am Bande des Verdienstordens** der Bundesrepublik Deutschland. Der Unternehmensberater Prof. Dr. Jochum leitete die SFK seit 1999 und Dr. Pfeil von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung führte den TAA ebenfalls seit 1999. Herr Prof. Dr. Jochum und Herr Dr. Pfeil hatten sich in ihrer Zeit als Vorsitzende für eine intensive fachliche Zusammenarbeit beider Gremien SFK und TAA erfolgreich eingesetzt.

Der Experimentalphysiker **Prof. Dr. Ludger Wöste** (60) von der Freien Universität Berlin erhält als einer von fünf Deutschen den mit 22 000 Euro dotierten **Gay-Lussac-Humboldt-Preis** des französischen Ministeriums für Erziehung und Wissenschaft. Mit der Auszeichnung werden Wöstes Forschungsergebnisse im Bereich der Molekular-, Cluster- und Atmosphärenphysik gewürdigt. Mit dem Preisgeld soll die von Wöste unterhaltene deutsch-französische Forschungskooperation gestärkt werden. Ein weiterer Preisträger ist der bereits hoch dekorierte Bochumer Physiker **Prof. Dr. Padma Kant Shukla**, der für seine Zusammenarbeit mit französischen Wissenschaftlern geehrt wird. Das mit dem Preis vergebene Forschungsstipendium wird Prof. Shukla nutzen, um am Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement in Orléans im Bereich Weltraum-Plasmaphysik zu forschen.

FAUST PHARMACEUTICALS S.A. in Strasbourg, ein privat geführtes Unternehmen für die Durchführung klinischer Studien mit Neurotransmitter-modulierenden Pharmaka, hat **Thomas C. Seoh** als Chief Executive Officer gewonnen. Mr. Seoh (48) war von 1995 bis 2005 Senior Vice President bei Guilford Pharmaceuticals, Inc. in Bloomington, Minnesota, U.S.A..



LEWA **Bernd M. Stütz** ist als neuer Vorsitzender der Geschäftsführung der LEWA gewählt worden. Der erfahrene Manager ist zuständig für Technik/Vertrieb und wird zusammen mit dem kaufmännischen Geschäftsführer Karl Hettrich die neue LEWA pumps+systems führen. Dr. Reinhard Dechow (66), der bisherige Vorsitzende der Geschäftsleitung, wird in den Beirat wechseln. Hintergrund ist der im Oktober 2005 erfolgte Verkauf des Familienunternehmens LEWA Herbert Ott GmbH+Co. KG sowie der 15 internationalen Vertriebsgesellschaften an eine Investorengruppe unter der Führung der Deutschen Beteiligungs AG (DBAG).

FZ JÜLICH **Prof. Dr. Richard Wagner**, Fachvorstand für Informationstechnologie und Supercomputing des Forschungszentrums Jülich, wird Direktor des renommierten Instituts Laue-Langevin (ILL), Grenoble, des internationalen Spitzenreiters in der Forschung mit Neutronen.



MDC Der Bioinformatiker **Prof. Nikolaus Rajewsky** von der New York University hat den Ruf auf eine W3-Professur an das Max-Planck-Centrum für Molekulare Medizin (MDC) Berlin-Buch und die Charité, Universitätsmedizin Berlin angenommen. Er tritt die Nachfolge von Prof. Jens Reich an. Prof. Rajewsky hat seit 2003 eine Professur für Biologie und Mathematik im „Center for Comparative Functional Genomics“ an der New York University. Er wird in dem gemeinsam von MDC und dem Leibniz-Institut für Molekulare Pharmakologie (FMP) errichteten Labor für Medizinische Genomforschung arbeiten.

ISC **Prof. Dr. Gerhard Sextl** (47) hat nach 18-jähriger Tätigkeit in der chemischen Industrie die Leitung des Fraunhofer-Instituts für Silicatforschung ISC in Würzburg übernommen. Gleichzeitig folgt er dem Ruf der Bayerischen Julius-Maximilians-Universität Würzburg auf den Lehrstuhl „Chemische Technologie der Materialsynthese“. Bis zu seinem Wechsel zu Fraunhofer war Sextl Technischer Leiter und Mitglied der Geschäftsführung bei der Zeochem AG im schweizerischen Uetikon.



LEICA MICROSYSTEMS Die Führungsspitze der Leica Microsystems GmbH zählt mit **Ludger Althoff** (41) nun vier Mitglieder. Der gelernte Maschinenbautechniker



WHITEHOUSE SCIENTIFIC Der Geschäftsführende Direktor, **Dr. Graham Rideal**, ist zum zweiten Mal in Folge zum Vorsitzenden der Filtration Society gewählt worden. Die Filtration Society ist eine

Wettbewerb für europäische Biotech-Betriebe

Zum vierten Mal verleiht die Deutsche Messe AG in diesem Herbst den „European Biotechnica Award“ an erfolgreiche Biotechnologie-Unternehmen. Als Veranstalterin der Leitmesse Biotechnica verfolgt sie das Ziel, der deutschen und europäischen Biotech-Branche vielfältige Plattformen des wirtschaftlichen, politischen und gesellschaftlichen Dialogs zu bieten. Teilnehmen können kleine und mittelständische Biotechnologie- und Life-Sciences-Unternehmen mit Hauptsitz in Europa, die die folgenden Kriterien erfüllen: maximal 350 Beschäftigte, Jahresgesamturnsatz von höchstens 50 Millionen Euro, wirtschaftliche Unabhängigkeit (maximal 25 Prozent des Firmenkapitals in der Hand eines oder mehrerer Großunternehmen; ausgenommen Venture-Capital-Firmen) sowie bereits erfolgreiches Engagement auf den Märkten für Biotechnologie und Life Sciences.

Die Gewinner werden auf der Grundlage der folgenden Kriterien ermittelt: Marktattraktivität beziehungsweise -potenzial der Produkte oder Dienstleistungen, wissenschaftliche beziehungsweise technische Bedeutung der Produkte oder Dienstleistungen für den Markt, überzeugende Marketingkonzepte, wissenschaftlicher Innovationsgrad, erfolgreiche Umsetzung des Geschäftsmodells und ergänzender Strategien sowie Professionalität der Unternehmensführung. Der Preis ist mit insgesamt 40 000 Euro dotiert. Davon werden 20 000 Euro als Geldpreis an den Erstplatzierten und 20 000 Euro als Sachleistungen vergeben. Bewerbungsformulare können unter www.biotechnica-award.de heruntergeladen werden. Bewerbungsschluss ist der **1. Juni 2006**. Die Gewinner werden am 12. Oktober 2006 in Zürich bekannt gegeben und vorgestellt.

Ideenwettbewerb

„Ideen von heute für Unternehmen von morgen“, lautet das Motto des zweiten landesweiten Ideenwettbewerbs in Schleswig-Holstein. Mitmachen lohnt: Es winken Geldpreise im Gesamtwert von 10 000 Euro sowie Sachpreise. Ab dem 1. April 2006 dürfen Geschäftsideen aus Wissenschaft, Wirtschaft, Kunst und Musik eingereicht werden. Sie können sich sowohl für Produkt- und Verfahrensentwicklungen als auch für Dienstleistungen eignen. Einsendeschluss ist der **31. Mai 2006**. Die Finalisten präsentieren ihre Konzepte den Juroren am 5. Juli in den Lübecker „Media Docks“. Die Bewerbungsunterlagen sind unter www.gruendung-fhl.de abrufbar. Für weitere Fragen steht Piroška Csösz vom Kompetenzzentrum Gründung und Management der FH Lübeck unter Tel 0451 300 5446 zur Verfügung.

Innovationen bei Verstärkten Kunststoffen

Die Arbeitsgemeinschaft Verstärkte Kunststoffe – Technische Vereinigung e.V. (AVK-TV) bittet um Einreichungen zum AVK Innovationspreis in den Kategorien Anwendung, Umwelt und Hochschularbeit. Ziel des Preises ist die Förderung neuer industrieller Problemlösungen durch Composites und technische Duroplaste, die Darstellung der Leistungen unserer Branche im Umweltschutz, sowie die Förderung der Hochschularbeit im Bereich der Verbundwerkstoffe und der technischen Duroplaste. Die Preisverleihung erfolgt anlässlich der 9. Internationalen AVK-TV Tagung vom 12. - 13. September 2006 im Kongresshaus Baden-Baden. Bewerbungen können bis zum **8. Mai 2006** zu den Bereichen Industrie-, Umwelt- und Universitätspreis eingereicht werden. Weitere Informationen beim AVK e.V. in Frankfurt, Tel 069 271077 0 oder unter www.avk-tv.de.

Die 100 besten Arbeitgeber im Mittelstand

Das Projekt „Top Job – die 100 besten Arbeitgeber im Mittelstand“ startet mit neuer wissenschaftlicher Leitung und einem veränderten Konzept in das fünfte Jahr. Unternehmen, die bei dem bundesweiten Arbeitgebervergleich Top Job zu den hundert führenden zählen, erhalten das gleichnamige Gütesiegel. Dem Besten winkt der Titel „Arbeitgeber des Jahres“. Ziel des Benchmarkingprojektes ist es, vorbildliche Arbeitgeber im Mittelstand einer breiten Öffentlichkeit bekannt zu machen und sie so bei der Suche nach qualifizierten Kräften zu unterstützen. Mentor der angesehenen Initiative ist Bundeswirtschaftsminister a. D. Wolfgang Clement. Startberechtigt sind Unternehmen aller Branchen mit 20 bis 5000 Mitarbeitern. Bewerbungsschluss ist am **31. Mai 2006**. Um in den Kreis der 100 besten Arbeitgeber aufgenommen zu werden, müssen die Unternehmen in einem zweistufigen Ver-

fahren des Instituts für Führung und Personalmanagement der Universität St. Gallen bestehen. Bewertet werden sechs Kategorien: Führung und Vision, Motivation und Dynamik, Kultur und Kommunikation, Mitarbeiterentwicklung und Perspektive Familien- und Sozialorientierung sowie internes Unternehmertum. Eine individuelle Stärken-/Schwächenanalyse wird durchgeführt. Alle 100 Unternehmen werden in dem von Wolfgang Clement und Prof. Dr. Heike Bruch herausgegebenen Buch „Top Job – die 100 besten Arbeitgeber im Mittelstand“ vorgestellt. Sie werden außerdem auf der Website www.topjob.de präsentiert. Auf der Preisverleihung im Februar 2007 werden diese Unternehmen geehrt, gleichzeitig fällt hier der Startschuss für den Aufbau eines gewinnbringenden Netzwerkes der Top-Arbeitgeber. Unterlagen gibt es unter www.topjob.de.

Fischschuppen und Bismut

Georg Schwedt, Clausthal

In der Stadt Manacor im Osten der Insel Mallorca kann der Tourist nicht nur Perlen mit Namen Majorica beziehungsweise Orquidea kaufen, sondern auf einem Rundgang auch Blicke in die Produktionsstätten werfen. Die Geschichte und die Geheimnisse dieser künstlichen Perlen anhand eigener Analysen werden in diesem Beitrag vorgestellt.

Herkunft der Bezeichnung Perlen

In der Literatur gibt es keine völlig übereinstimmenden Erklärungen. So wird im Herkunftswörterbuch des Duden vom lateinischen Wort *perna* „Hinterkeule von Tieren“ in der vulgär-lateinischen Verkleinerungsform *per/n/ula*, „das daneben im übertragenen Sinne eine Meermuschel bezeichnete (wohl von der Muschelform, die mit einer Hinterkeule verglichen werden kann)“, ausgegangen. Über die romanischen Sprachen entstand dann im Althochdeutschen *perla* und im Mittelhochdeutschen dann *berle*, *perle* – frz. *perle*, span. *perla*. In Römpps Chemielexikon ist eine andere Herleitung nachzulesen – von den lateinischen Wörtern für Birnchen: *pirula* und/oder für Kügelchen: *sphaerula* – oder sogar vom deutschen Wort Beerlein. In der Brockhaus-Enzyklopädie wird das lateinische Wort *perna* auch mit „Muschel (von der Form einer Hinterkeule)“ übersetzt. *Perlmutter*, verkürzt *Perlmutter*, ist als Zusammensetzung aus dem spätmittelhochdeutschen Wort *perlinmuoter*, als Entlehnung von *mater perlarum* entstanden, ursprünglich für Perlmuschel, die wie eine Mutter eine Perle hervorbringt und wurde später auf die irisierende Schicht der Weichtierschalen, vor allem von Muscheln, übertragen.

Naturperlen

Dringen in spezielle Muscheln, die unter dem Sammelnamen Perlmuscheln zusammengefasst werden, mit dem aus der Strömung aufgenommenen Plankton Fremdkörper wie zum Beispiel ein Sandkorn



Der Autor

Der Buchautor und Mitherausgeber der CLB, Prof. Dr. Georg Schwedt, ist seit 1987 Professor für Anorganische und Analytische Chemie an der Technischen Universität Clausthal.



Abbildung 1: Die Perlen im Nagellackentferner.

(oder auch Parasiten) in das Innere ein, so sondern sie als Abwehrreaktion Calciumcarbonat (als Calcit) ab und umschließen so den Eindringling. Es entstehen stumpf aussehende Perlen. *Perlmutter* entsteht dadurch, dass die planparallelen Schichten (Plättchen) aus dann Aragonit (und/oder Calcit) durch Conchin (aus Chitin und Skleroproteinen) verkittet werden. Einfallendes Licht wird infolge der dimeren Kalklamellen so gebrochen, dass die Perlenschicht irisierende Farben zeigt.

Bis Perlen die Größe einer Erbse erreichen, vergehen etwa 10 bis 15 Jahre. Zwischen der Muschelschale (aus Kalk) und dem Mantel entsteht im Bindegewebe eine Einbuchtung, eine Blase, als Perlsack bezeichnet. In ihr entwickelt sich die Perle. Chemisch besteht eine Perle zu etwa 96 % aus Calciumcarbonat (Aragonit, nach der spanischen Provinz Aragonien, bei 400 °C in Kalkspat umwandbar; Calcit: Kalkspat, spaltbar), das durch 2 bis 4 % an organischen Bindemitteln (Conchogene oder Conchin[olin] genannt, siehe oben) zusammengehalten wird.

Echte oder Naturperlen bilden sich in der tropischen und subtropischen Meeresschneckenart *Pteria* (Seeperlmuschel). Man findet aber kleinere Perlen auch in anderen Mollusken (Weichtieren) wie der Flussperlmuschel *Margaritana*, in Austern (zweischaligen Muscheln), Seeohren (einschalig), Riesen- und Purpurschnecken.

Perlenfischer im Arabischen Golf, im Indischen Ozean und in der Südsee müssen Hunderte von Muscheln öffnen, bis sie eine Naturperle finden, daher auch als Zufallsperle bezeichnet. Heute wer-

den gesammelten Muscheln auch auf Perlen durchleuchtet und im negativen Fall wieder in das Meer geworfen. Nach Schätzungen werden allein an den Küsten von Sri Lanka jährlich 30-40 Millionen Muscheln auf Perlen geprüft.

Als Perle, echte Perle, Naturperle oder Orientperle dürfen nur Perlen bezeichnet werden, die ohne den Eingriff des Menschen entstanden sind.

Perlenfischer –
aus dem „Brockhaus“ von 1839

„Die berühmtesten Perlenbänke befinden sich an der japanischen Küste, bei der Insel Ceylon [Sri Lanka], bei der Insel Bahrein im persischen Meerbusen und bei der Stadt Katif an der Küste des glücklichen Arabiens; die sonst im Meerbusen von Panama bei den Perleninseln betriebene einträgliche Perlenfischerei ist jetzt gänzlich vernachlässigt. Von Jugend auf dazu geübte Taucher betreiben das Geschäft, die Perlmuscheln vom Meeresgrunde herauf zu holen oder die *Perlenfischerei*, zu deren regelmäßigem Betrieb die Regierung auf Ceylon jährlich im April einen bestimmten Bezirk anweist und dieselbe beaufsichtigt.

Oft kommen gegen 1000 Boote dort zusammen. Jeden Morgen wird durch einen Kanonenschuss das Zeichen zum Beginn der Fischerei gegeben und jedes der Boote hat etwa 20 Taucher an Bord, welche sich abwechselnd mit einem um den Leib befestigten Seil auf den Meeresgrund hinablassen. Ohren und Nase verstopfen sie sich mit Baumwolle. Ein mit Öl getränkter und am Arme befestigter Schwamm erlaubt ihnen, wenn sie ihn vor den Mund halten, einige Mal Atem zu holen, ohne Wasser zu verschlucken. Das Untersinken wird durch einen an die Füße gehängten großen Stein beschleunigt. Ein großes Messer, welches jeder Taucher in der Hand hat, dient zum Ablösen der Muscheln, von denen er so viel wie möglich in der kurzen Zeit seines Verweilens in einen mitgebrachten Korb oder Netzbeutel zusammenrafft. Es dient auch mitunter zur Verteidigung gegen Haie und andere gefährliche Seetiere, von denen schon viele Taucher verwundet und auch getötet worden sind.

Kann der Taucher nicht länger unter Wasser bleiben, so entledigt er sich des Steins und rüttelt am Seil, was für die Mannschaft im Boot das Zeichen ist, ihn schleunigst mit seiner Beute herauf zu ziehen. Weniger gefährlich ist die Perlenfischerei, wenn sie mit der Taucherglocke betrieben wird.

Die erbeuteten Perlmuscheln werden an die Sonne gelegt und getrocknet oder in Gruben und Fässern der Fäulnis preisgegeben, wo sie sich dann öffnen oder doch leicht öffnen lassen. Durch Auswaschen des vermoderten Fleisches der Tiere in einem Trog werden dann die vorhandenen Perlen abgesondert. Viele Muscheln haben gar keine Perlen, andere enthalten bis zu 12 Stück.“



Zuchtperlen

Schon im 13. Jahrhundert waren die Chinesen in der Lage, Muscheln einen Fremdkörper einzusetzen und so Perlen zu gewinnen. Eine „Zucht“ entstand aber erst am Ende des 19. Jahrhunderts. Der Japaner Kokichi Mikomoto hatte am Meer eine Muschelfarm angelegt. Er führte Perlmutterkügelchen (siehe unten) oder auch kleine Naturperlen in ein Stück von der Oberhaut des Muschelmantels ein und verlagerte ihn in das Innere. Nach vier bis sechs Jahren entwickelte sich dann auf diesem Kern eine glanzgebende Schale. Eine chemische Unterscheidung zwischen Natur- und Zuchtperle ist nicht möglich, jedoch lassen sich Unterschiede der Röntgenbeugungsmuster und im Diamagnetismus feststellen. 1920 fand R. Nacken heraus, dass die Außenschicht von Zuchtperlen aus Süßgewässern im Röntgenlicht infolge der Aufnahme von Mangan fluoreszieren (im Meerwasser ist zu wenig Mangan enthalten). Naturperlen sind in der Regel weiß, Zuchtperlen dagegen kommen in vielen Farbschattierungen (von rosé und gelblich bis schwarz) vor. Bei den Zuchtperlen werden Meer- und Süßwas-

Abbildung 2: Die Perlen nach dem Experiment (aus dem Nagellackentferner beziehungsweise nach dem Erhitzen in einer Spiritusflamme).

Abbildung 3: Sortieren der Perlen.



serperlen unterschieden und innerhalb der beiden Gruppen noch zwischen Perlen mit eingesetztem Kern (meist aus Perlmutt) oder ohne Kern (stattdessen durch Einpflanzen von Fremdgewebeteilchen; Ratgeber zu Perlen im Internet: www.perlen.de/entstehg.htm und <http://pages.ebay.de/buy/guides/perlen-buying-guide>).

Imitationsperlen – die Mallorca-Perlen

Imitationsperlen mit völlig anderen chemischen Eigenschaften als Natur- oder auch Zuchtperlen tragen Namen wie Fischsilber-, Komposit-, Antillen-, römische oder Mallorca- beziehungsweise Majorica-Perlen.

Den Glanzeffekt von Perlmutt(er), Perlglanz genannt, der durch Mehrfachreflexion an den planparallelen Calciumcarbonatschichten entsteht, hat man durch Pigmente nachgeahmt. Das erste Pigment war das Guanin- und Hypoxanthin-haltige *Fischsilber*, das noch heute für Nagellacke verwendet wird.

Mallorca-Perlen enthalten Kerne aus trübweißem Bleiglas, Keramik, Kunststoff oder auch Muschelschale, werden mehrfach in eine „Essence de Orient“ getaucht und dann mit einem speziellen Lack überzogen. Man erhält so vollkommen runde Perlen, die eine sehr glatte, deutlich härtere Oberfläche als Naturperlen aufweisen. Die „Essence de Orient“ besteht aus farblosen Guanin-Kristallen, die sich auf Fischschuppen absetzen, und mit Firnis vermischt werden. Fischschuppenessenz wird seit dem späten 16. Jahrhundert gewonnen. Man verwendet dafür die Schuppen des Weißfisches (*Alburnus lucidus*), die geringe Mengen an Guanin, Kalk und Proteinen enthalten. Unter Zusatz von stark verdünntem Ammoniak werden die Fischschuppen mittels Bürsten auf Sieben, die mit Leinwand bespannt sind, verrieben. Dabei löst sich eine silbrige Substanz, welche durch die Leinwand hindurchgeht. Die so gewonnene Suspension wird zentrifugiert,

und der Rückstand mit einer ammoniakalischen Seifenlösung gewaschen (Entfernung von Fett). Zur Anwendung der Perlenessenz schreibt W. Schweppe (Handbuch der Naturfarbstoffe, Landsberg/Lech 1993): „In erster Linie zum Überziehen von Glasperlen zur Herstellung von Perlenimitationen. Dazu wird die wasserfreie Perlenessenz mit einer Lösung von Nitrocellulose in Äther-Alkohol oder Amylacetat gemischt. In diese Suspension taucht man die auf einem Brett befestigten Perlen ein, dreht das Brett um und lässt das Lösungsmittel an der Luft verdunsten. Der Tauchvorgang wird zwölfmal wiederholt. Möchte man irisierende Perlen herstellen, so wird die Perle mit einem weichen Leder und basischem Wismutnitrat poliert und dann in eine Lösung von Celluloseacetat getaucht.“

Perlas Majorica – die „Story“

Über die Geschichte der *Majorica Perlen* (geschütztes Warenzeichen) berichtet eine kleine (viersprachige) Broschüre der Firma wie folgt:

„Zu Beginn dieses Jahrhunderts (1902) stellte ein Mann [der deutsche Ingenieur Friedrich Hugo Heusch] fest, dass wenige Frauen sich echte Perlen leisten konnten, obwohl viele davon träumten. Er grübelte darüber nach und fasste den Entschluss, selbst Perlen herzustellen, die den teuren echten Perlen an Schönheit nicht nachstanden. Da er von seinem Erfolg überzeugt war, baute er kurz entschlossen in der Stadt Manacor auf der spanischen Insel Mallorca eine Werkstatt, um dort Versuche durchzuführen.

Vierzig Jahre später war aus der bescheidenen Werkstatt ein großer Betrieb geworden, in dem 1000 Facharbeiter sich damit beschäftigen, zum ersten Mal in der Geschichte in geheimnisreichen Arbeitsprozessen Perlen herzustellen, die von den feinsten natürlichen Perlen nicht zu unterscheiden sind. (...)“

Eine Perlenessenz war jedoch schon zu Ende des 19. Jahrhunderts bekannt. In Bischings Warenkunde heißt es: „Die Perlen-Essenz, welche den falschen Perlen das täuschende, irisierende Aussehen der Echten gibt, wird durch Abwaschen des silbrigen Überzuges der Schuppen der Laube (*Leuciscus alburnus* L.) und anderer Weißfische gewonnen. Zur Anfertigung eines halben Kilogramms Perlen-Essenz sind die Schuppen von 18-20000 Fischen erforderlich.“

Offiziell führt die Firma (für Schmuck und Perlen) Majorica, S.A., ihre Geschichte bis auf das Jahr 1890 zurück. In ihrer Broschüre wird besonders auf die Qualitätskontrolle hingewiesen:

„In Manacor gibt es eine besondere Abteilung, die sich ausschließlich mit Qualitätskontrolle befasst. Vierzig unerbittliche Sachverständige erteilen den *Majorica Perlen* die „Erlaubnis“, in die entferntesten Winkel der Erde zu reisen. *Majorica Perlen* müssen in den Augen dieser Fachleute in Bezug auf

Abbildung 4:
Einzelperle im
Tauchbad.



Farbe, Glanz und Pracht echten Perlen gleichkommen. Anderenfalls werden sie zurückgewiesen. Die Oberfläche muss tadellos und vollkommen fehlerfrei sein. Danach wird festgestellt, ob die *Majorica Perlen* in Farbe, Glanz und Schönheit unveränderlich sind. Es werden auch genaue Untersuchungen der Widerstandsfähigkeit durchgeführt, um ihre Haltbarkeit gegen äussere Einflüsse nachzuweisen, wie zum Beispiel gegen Feuchtigkeit, Hitze, Parfum, Kölnisch Wasser, Hautcreme, Ausdünstung usw. *Majorica Perlen* wurden dem Einfluss tropischer Sonne und arktischer Kälte ausgesetzt, ohne dass eine Änderung in ihrem Aussehen oder ihrer Struktur festgestellt werden konnte.“

Naturperlen sind im Unterschied zu den Kunstperlen sehr empfindlich gegen Säuren, Schweiß und Kosmetika.

Untersuchungen an Mallorca-Perlen

Touristen können in Manacor nicht nur Perlen im Museum bewundern, mit den schönsten Kunstperlen aus aller Welt hinter Glasvitrinen, sondern bei einem Rundgang auch Einblicke in die Produktion bekommen (bei den Firmen *Perlas Majorica* beziehungsweise *Perlas Orquidea*). Durch Glasfenster schaut man den Arbeiterinnen in einer Schauwerkstatt beim Eintauchen der bereits durchbohrten Kerne in Bäder zu, wirft einen Blick in die Säle der Qualitätskontrolle und der Herstellung von Ketten. In den Geschäften kann man nicht nur Ketten, Ohrclips und anderen Schmuck, sondern auch einzelne Perlen (auch 2. Wahl) erwerben. An solchen Perlen wurden von uns folgende Untersuchungen durchgeführt.

Hält man eine Perle mit Hilfe einer Pinzette in die Flamme einer Spirituslampe, so tritt eine Verkohlung der Oberfläche ein und die durchbohrte Perle zerplatzt in zwei Hälften.

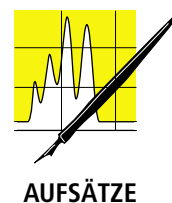
Behandelt man eine Perle mit Lösungsmitteln wie Aceton oder einem Nagellackentferner, so löst sich die Oberfläche. Die abgelösten Teilchen können dann mittels IR-Spektroskopie näher untersucht werden. Man erhält zahlreiche Absorptionsbanden, die sich zum Teil sowohl Guanin als auch Hypoxanthin ($1600-1700$, 1376 , 1263 cm^{-1}) zuordnen lassen. Charakteristisch für den mit einem Nagellackentferner (Isopropanol und Ethylacetat) abgelösten „Perlglanz“ sind folgende Wellenzahlen: $1720/1655$ (NH_2 – auch Aryl-Gruppen), 1377 (OH-Deformationsschwingung), 1271 (Carbonyl), 837 und 739 (Aromaten). Intensive Absorptionsbanden im Bereich von 3000 bis 3500 cm^{-1} , wie sie für Chitin charakteristisch sind, fehlen.

Der Kern lässt sich in Fluorwasserstoffsäure lösen. Die AAS-Analyse ergibt einen Gehalt von etwa 9 % an Blei. Es handelt sich somit um einen Glaskörper aus Bleiglas. Behandelt man eine Perle mit halbkonzentrierter Salpetersäure, so tritt zunächst

eine intensive Gelbfärbung infolge der Nitrierung von Eiweißstoffen mit aromatischen Aminosäuren (Xanthoprotein-Reaktion) auf. In der Lösung lässt sich auch Bismut mittels Flammen-AAS bestimmen. Bezogen auf die auf dem Glaskörper befindliche Schicht ergibt sich ein Gehalt von 0,5 % an Bismut.

Die geheime Rezeptur kann aus diesen Analysen zwar nicht ermittelt werden, jedoch geht aus den Untersuchungen hervor, dass die Perlen aus Mallorca nach dem oben beschriebenen Verfahren, durch Kombination von organischer Substanz (wie Fischsilber) mit basischem Bismutnitrat, hergestellt wurden.

CLB



AUFsätze

Literatur

- [1] H. Schweppe: Handbuch der Naturfarbstoffe, ecomed Verlagsges., Landsberg/Lech 1993.
- [2] F. Ullmann (Hrsgb.): Enzyklopädie der technischen Chemie; Perlen, künstliche, Band 8, S. 323-324, 2. Aufl., Urban & Schwarzenberg, Berlin und Wien 1931.
- [3] A. Bisching: Allgemeine Warenkunde zum Gebrauche für Handels- und Gewerbeschulen, S. 374-377, 6. Aufl., Verlag A. Hölder, Wien 1889.

Abbildung 5: Perlen auf einem Ständer (alle Fotos: Schwedt).



Rhabarber, ein barbarisches Gemüse

Prof. Dr. Wolfgang Hasenpusch, Universität Siegen

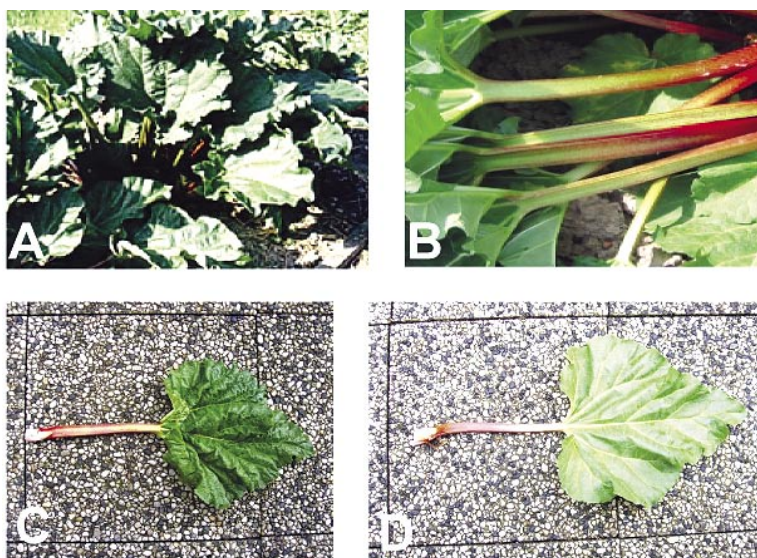


Abbildung 1 A bis D: Speise-Rhabarber, im Garten (A), in voller Reife (B), mit krausem Blatt (C) und reiferem glatten Blatt (D; Fotos: Thorsten Zaiß).

Nur wenige Wochen im Jahr ist es uns vergönnt, den Garten-Rhabarber, das stangenförmige Gartengemüse mit dem milden Säure-Cocktail zu ernten. Wie die einen Gefallen an dem säuerlich fruchtigen Geschmack der zumeist süß zubereiteten Rhabarber-Speisen finden, fürchten sich die anderen vor den Nierenstein-bildenden Oxalaten und den stumpf werdenden Zähnen. Neben der Morphologie des Speise- und Wild-Rhabarbers und seinen interessanten Abmessungs-Korrelationen sollen vor allem die Inhaltsstoffe und das Risiko zu Nierensteinen beim Verzehr des Garten-Rhabarbers betrachtet werden. Immerhin leiden 65% der Nierenstein-Patienten an den igelartigen Kalziumoxalat-Dendriten.

Der Garten-Rhabarber

Die Art des Gemeinen Rhabarbers, *Rheum rhabarbarum*, die kultivierte Gartenpflanze, von der wir allge-

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.



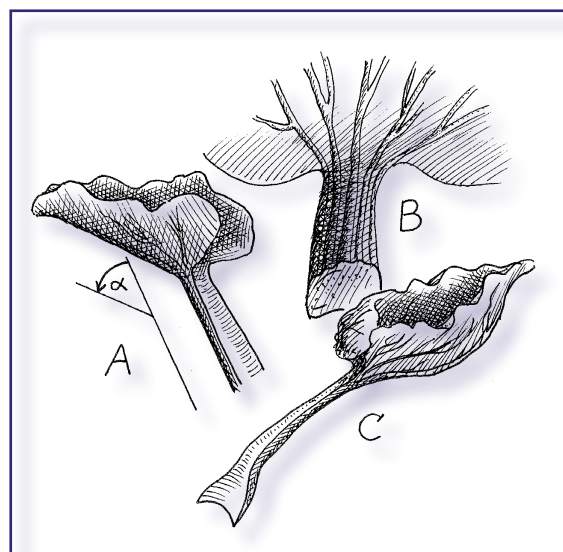
mein sprechen, wenn ihre Stiele im Mai und Juni auf den Märkten und im Handel angeboten werden, gehört zur Gattung der Rhabarber-Pflanzen (*Rheum*), zur Familie der Knöterich-Gewächse (*Polygonaceae*), zur Ordnung der Knöterichartigen Pflanzen (*Polygonales*), zur Unterklasse der nelkenähnlichen- (*Caryophyllidae*) und zur Klasse der dreifurchenpollen-zweikeimblättrigen Pflanzen (*Rosopsida*), um die gesamte botanische Systematik nach dem schwedischen Naturforscher Carl von Linné (1707-1778) zu zitieren (Abbildung 1 A bis D). Ihren Namen bekam die Rhabarber-Pflanze von Rha, der früheren Bezeichnung des Wolga-Flusses, an dessen Mündung er angebaut wurde, sowie dem griechischen Wort „barbaros“ für fremdländisch.

Die Rhabarber-Pflanze dient bereits über 5000 Jahre in China, Arabien und Persien, im europäischen Raum seit dem Mittelalter, zu medizinischen Anwendungen. Schriftliche Erwähnungen reichen bis in das Jahr 2700 v.Chr. zurück.

Der rotstängelige Rhabarber, den wir als Kompott, Marmelade oder zum Backen verwenden, ist erst seit dem 18. Jahrhundert, also seit etwa 250 Jahren, in unseren Gärten als Kulturpflanze gezüchtet worden. Rhabarber wirkt darmregulierend, blutreinigend, harn-treibend und entschlackend. Er ist daher Bestandteil so mancher frührsommlicher Kuren.

Zur Anpflanzung benötigt der Rhabarber feuchten und humusreichen Boden. Sie geschieht über den ge-

Abbildung 2: Typische Details des Speise-Rhabarbers: abgewinkeltes Blatt (A), flacher Stiel und Übergang der Blattadern (B), Regenwasser-Ableitung zu den Wurzeln (C).



teilten Wurzelstock im Herbst oder Frühling. Von den etwa 20 verschiedenen am Markt angebotenen Sorten sind die rotstieligen Sorten „Holsteiner Blut“, „Elmsfeuer“ oder „Esta“ wegen ihrer ausgewogenen milden Säuren besonders empfehlenswert. Vom zweiten Jahr an kann Rhabarber bis zu zehn Jahre aus dem gleichen Wurzelstock geerntet werden. Danach läßt der Ertrag deutlich nach.

Die Erntezeit des Speise-Rhabarbers beschränkt sich auf die Monate Mai und Juni, bis zum Johannistag, dem 24.06. Danach steigen die Oxalsäure-Gehalte im Stiel erheblich aber keineswegs bedrohlich an. Wer kennt nicht die Bauernregel: „Meide Rhabarber nach Johannis, sonst spürst du ´s deutlich im Gebiß!“

Garten-Rhabarber und Wilder Rhabarber

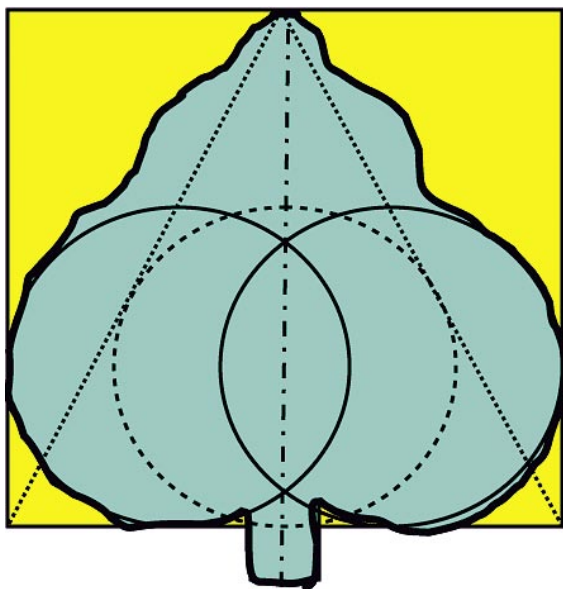
An feuchten Weges- und Uferrändern ist er oft anzutreffen, der Wilde Rhabarber (*Rumex hymenosepalus*), eine Ampferart aus Nord-Amerika. Er hat eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Garten-Rhabarber, ist jedoch kleiner mit dünneren Stielen und oft schmälere Blättern. Wilder Rhabarber wird auch die Rote Pestwurz (*Petasites hybridus*) mit ihren bis zu 60 cm breiten rundlichen Blättern genannt (Abbildung 2 A-C).

Bei unserem Speise-Rhabarber fallen jedoch einige spezielle Details besonders deutlich auf:

- das abgewinkelte Blatt vom Stiel bei mittelgroßem Spross,
- die fünf Blattadern an der Unterseite, die sich am Stielkopf in das Blatt hinein wie die Finger einer Hand auffächern sowie
- das elegante eigene Bewässerungssystem über die trichterförmigen Blätter mit der zur flachen Rinne ausgebildeten Stiel-Oberseite bis zum Wurzelstock.

Darin unterscheidet sich das heimische Gartengemüse auch von der wilden Form: die zumeist länglicheren Blätter zeigen sich kaum abgewinkelt, die vier

Abbildung 4: Rhabarberblatt und der Goldene Schnitt.



Adern zweigen sich von der fünften Mittelader ab und der Stiel fällt dünner aus.

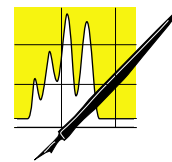
Eine ganze Menge lernen wir von den Abmessungs-Zusammenhängen dieser Pflanzen.

Abmessungen und Gewichte

Rhabarber-Pflanzen unterschiedlicher Größe geben Auskunft über ihre Art zu wachsen, indem Abmessungen und Gewichte sowie ihre Korrelationen betrachtet werden.

Betrachten wir zunächst die sofort ins Auge fallenden Blätter. Von ihrer stark gewellten Art glätten sie sich im Laufe der Wochen zusehens, bis sie relativ geglättet auch die Reife der Rhabarber-Stangen anzeigen. Blattbreite B und Blattlänge L , von der Spitze bis zum Stielansatz, liegen in gleicher Größenordnung: $L = B$ (Abbildung 3) Sie passen also in ein Quadrat. Das wiederum erinnert an die Konstruktion des Goldenen Schnitts über Quadrat, Dreieck und Kreis. Tatsächlich lassen sich zwei Kreise des Durchmessers von $0,62 L$ in etwa überlappend in das abgerundet dreieckige Rhabarberblatt einbeschreiben (Abbildung 4).

Nicht geradlinig verläuft allerdings die Beziehung zwischen Blattbreite oder -höhe und Blattgewicht: Sie hat eine Parabel-Form von $G = \frac{1}{800} B^3$ (Abbildung 5). Das läßt den Schluss zu, dass die Dicke des Blattes entsprechend zunimmt. Da Blattgewicht und Stielgewicht gleich zunehmen, $G_{\text{Blatt}} = G_{\text{Stiel}}$, verteilt die



AUFSÄTZE

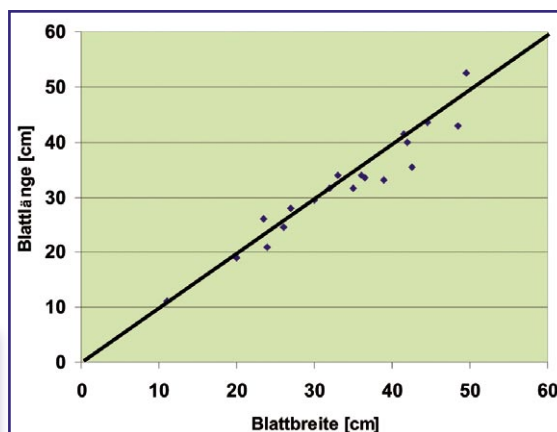


Abbildung 3: Gleiche Blattlänge und Breite bei den Blättern des Speise-Rhabarbers.

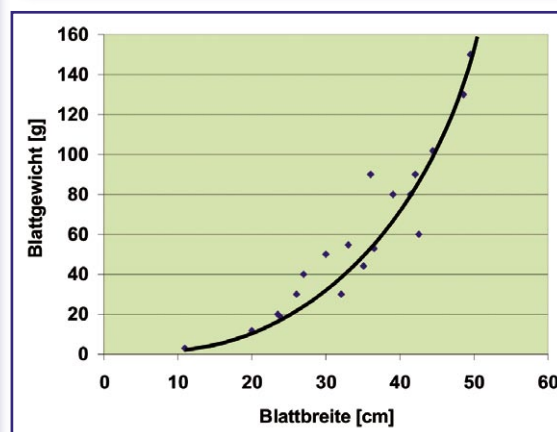


Abbildung 5: Beziehung zwischen Blattbreite und dem Blattgewicht.

Abbildung 6:
Gleiche Blatt- und
Stielgewichte
beim Speise-Rha-
barber.

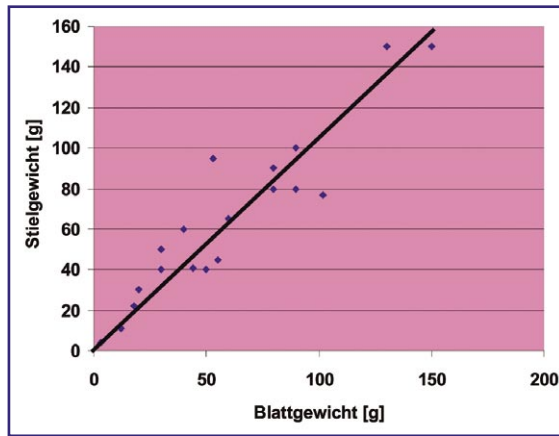


Abbildung 7:
Nicht-lineare
Beziehung zwi-
schen Stiellänge
und -gewicht.

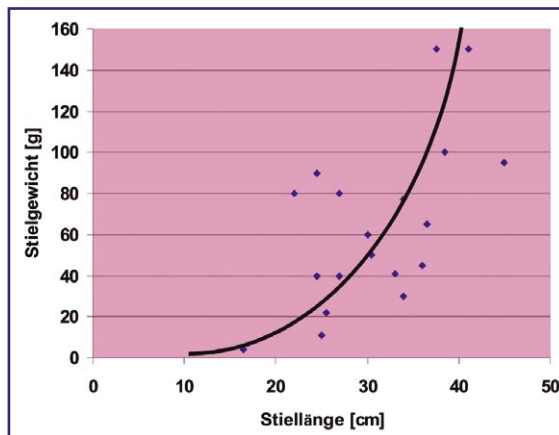
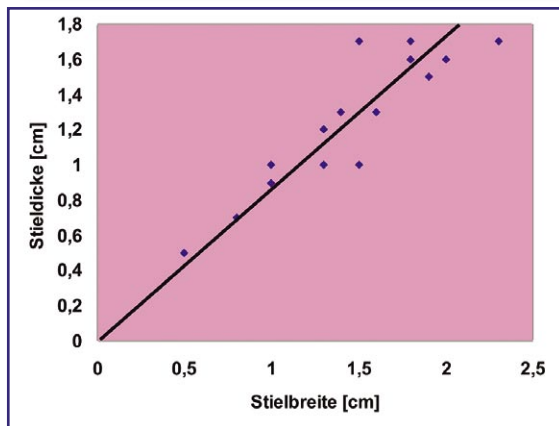


Abbildung 8:
Breite und Dicke
von Speise-Rha-
barberstielen.



Pflanze ihre Kräfte augenscheinlich gleichermaßen in Blatt und Stiel (Abbildung 6).

Gewicht und Länge der Stiele bilden im Verhältnis zueinander eine etwas engere Parabel mit versetztem Nullpunkt: sie nähert sich der Gleichung $G_{\text{Stiel}} = 0,15 (L_{\text{Stiel}} - 10)^2$ (Abbildung 7). Der Stiel wächst linear deutlich mehr in die Breite als in die Dicke: $D_{\text{Stiel}} = 0,83 B_{\text{Stiel}}$ (Abbildung 8).

Eine eigenartige Entwicklung zeigt sich bei dem Winkel α zwischen Stiel- und Blatt-Unterseite: Junge Rhabarbersprosse zeigen einen Winkel nahe Null, ebenso wie die ausgewachsenen reifen Gemüse. Bei Stiellängen von etwa 30 cm und -Breiten von 1,5 bis 1,8 cm zeigen sich Winkel-Maxima, die bis zu 45° betragen können (Abbildung 9). Hier scheint die Pflanze mit der Blatt-Abwinkelung für ausreichende Belich-

tung und Bewässerung ihrer Wurzeln zu sorgen. Einige analoge Beziehungen am Wilden Rhabarber zeigen die Abbildungen 10 a-d.

Wie eine Qualle liebt der Rhabarber das Wasser, und man sollte es nicht für möglich halten: der Wasser-Gehalt des Rhabarbers liegt annähernd so hoch wie bei den Medusen der Meere.

Inhaltsstoffe des Rhabarbers

In erster Linie sind natürlich die rötlich grünen Blattstiele von Bedeutung. Allerdings werden in der Medizin auch die Wurzeln dieser Gemüsepflanze in der ursprünglichen Form des Medizinal-Rhabarbers (*Rheum officinale*) genutzt.

100 g der essbaren Rhabarberstiele enthalten fast 94 Gew.-% Wasser. Die geringe Anzahl an Kalorien dieses Diät-Gemüses von 13,2 Kcal verdankt es den etwa 2% an Kohlehydraten, Eiweiß und Fett sowie den Fruchtsäuren Oxalsäure (0,5-2,4%), Äpfelsäure (1,8%) und Zitronensäure (0,4%). Die physikalisch-chemischen Daten dieser drei Rhabarber-Säuren sind in Tabelle 1 aufgeführt. Es versteht sich daher von selbst, dass Rhabarberspeisen nicht in Aluminium- oder Eisentöpfen zubereitet werden, auch nicht in abgeplatzten oder beschädigten Emaille-Töpfen. Daneben verweist die Literatur (zum Beispiel Römpf) auf diverse Spurenelemente, wie: K: 270 mg; Ca: 52 mg; Phosphat: 24 mg; Mg: 13 mg; Fe: 0,5 mg; Zn: 0,2 mg. Auch die Vitamine C, E und A sind im Rhabarberschaft enthalten.

Besonders aufgrund der relativ hohen Oxalsäure-Gehalte sollten Kleinkinder und Menschen mit Magenbeschwerden und Neigung zu Nierensteinen zurückhaltend mit diesem Gemüse umgehen. Im Zusammenhang mit Milchprodukten wird ein Teil der Oxalsäure durch ihren relativ hohen Calciumgehalt bereits vor der Niere zu feinkristallinem Kalziumoxalat gebunden. Dass sich von ihnen als Kristallkeime ausgehend in der Niere größere spitze Dendriten bilden, wurde noch nicht beobachtet.

Die Inhaltsstoffe der Medizinalrhabarber-Wurzel untersuchte Eduard Schratz bereits in den 50iger Jahren (Forsch.ber. 325, Wirtsch. u. Verkehrsministerium NRW, 1957). Dabei fielen bereits die unsystematischen Untersuchungen und Benennungen der Rhabarbersorten auf. Größere Mengen der Wurzeln wirken abführend. Aus der Wurzel der Medizinalrhabarber-Pflanze *Rheum palmatum* ließen sich etwa 3% Anthracen-Derivate extrahieren. Ende April wurden die höchsten Werte mit 6% gefunden. Die Inhaltsstoffe Anthrachinon und Anthranol (9-Hydroxyanthracen) schwankten um das Verhältnis 2:1. Der Oxalsäure-Gehalt variiert von 1,0 bis 1,3%. In Rhabarber-Wurzeln werden auch Kalziumoxalat-Drusen von maximal 160 Mikrometer Durchmesser gefunden. Die Veraschung der Wurzeln ergaben Rückstände von 5 bis 7%, von denen sich der größte Anteil (etwa 80%) als Kalziumcarbonat, CaCO_3 , herausstellte.

Rhabarber und Nierensteine

Während der Genuss von Rhabarber-Speisen dem gesunden Erwachsenen in der Regel nichts anhaben kann, ist bei Anfälligkeiten zu Nierensteinen Vorsicht geboten.

Sie lösen sich bei gewisser Größe auch als größere spitze Grießkörper, die vor allem in der Harnröhre erbärmliche Schmerzen hervorrufen. Von den vier bekanntesten reinen Zusammensetzungen an Nierensteinen kommen die Oxalatsteine am häufigsten vor. Ihre Häufigkeiten, die chemische Zusammensetzung sowie ihre Eigenschaften zeigt Tabelle 2. Die Strukturen und Formeln zeigt auch Abbildung 11. Mischformen dieser Grundtypen sind möglich.

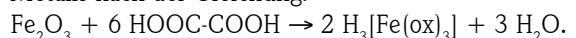
Oxalsäure findet man auch in anderen Gemüsearten, Früchten und Lebensmitteln, wie Schwarzer Tee, Kakao-Produkten, Spinat, Rote Beete, Bohnen sowie Brombeeren, Erdbeeren, Himbeeren, Stachelbeeren und Pflaumen. Weitgehend Oxalsäure-frei sind Äpfel, Erbsen, Feldsalat, Kopfsalat, Gurken, Heidelbeeren,

Preiselbeeren, Kartoffeln, Kürbis, Melonen, Paprika, Pfirsiche, Radieschen, Schwarzwurzeln und Spargel.

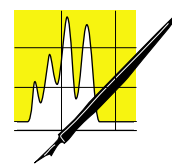
Auch Ascorbinsäure (Vitamin C) baut der Körper zu Oxalsäure ab. Reine Oxalsäure gilt als Gefahrstoff mit der Bezeichnung „gesundheitsschädlich“, dem kombinierten Risikosatz R 21/22 (= gesundheitsschädlich beim Berühren mit der Haut und beim Verschlucken) sowie dem Sicherheits-Ratschlag S24/25 (= Berühren mit der Haut und mit den Augen vermeiden). Die Angaben in Rhabarberstangen schwanken von einigen zehntel Prozent bis zu 2,4%. Konzentrationen über 1,0% gelten als bedenklich.

Oxalsäure greift Unedelmetall-Gefäße und -Bestecke an. Dadurch erhalten Rhabarber-Speisen einen unangenehmen metallischen Geschmack.

Auch lassen sich Rostflecke mit Oxalsäure (ox) behandeln. Es handelt sich um eine Komplexbildung des Metalls nach der Gleichung:



Leider lässt sich mit dieser Reaktion kein Kalziumoxalatstein, CaOx , auflösen, da dieser farblose



AUFsätze

Tabelle 1:
Carbonsäuren im
Rhabarber

	Oxalsäure	DL-Äpfelsäure	Citronensäure
Synonyme	Kleesäure	Hydroxybernsteinsäure	Zitronensäure
Formel	$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \times 2 \text{H}_2\text{O}$	$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5$	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$
Struktur	HOOC-COOH	HOOC-CH ₂ -CH(OH)-COOH	HOOC-CH ₂ -C(OH)(COOH)-CH ₂ -COOH
Molekulargewicht, M	126,07	134,09	192,13
Dichte [g/cm³], (18°C)	1,65	1,60	1,665
Schmelzpunkt [°C]	101	127-30	153
Flammpunkt [°C]	n.b.	203	n.b.
Zündtemperatur [°C]	n.b.	349	345
Löslichkeit in H₂O [g/l], (20°C)	102	530	1330
pH-Wert der Lösung, 20°C	0,7 (50g/l)	2,3 (10g/l)	1,7 (100g/l)
Wassergefährdungsklasse	1	1	1
Gefahrstoff-Kennzeichnung	Xn, gesundheitsschädlich	Xi, reizend	Xi, reizend
R-Sätze	21/22	36	36
S-Sätze	24/25	24/25	24/25
LD₅₀, (oral, Ratte), [mg/kg]	7500 (wasserfrei)	n.b.	3000
Name der Salze	Oxalate	Malate	Citrate
CAS-Nr.	6153-56-6	6915-15-7	77-92-9
EG-Nr.	205-634-3	230-022-8	201-069-1
Weitere Vorkommen	Sauerklee, Sauerampfer, Salicornia, Rübenblätter	unreife Äpfel, Quitten, Weintrauben, Berberitzen-, Vogel- und Stachelbeeren	Zitronensaft (5-7%), Milch, Nadelhölzer, Rübensaft, Pilze, Tabak, Wein
Verwendung	Urtiter in der Mangano- und Alkalimetrie, Fleckenmittel für Rost, in Tinten u. Putzmitteln	Lebensmittel-Zusatzstoffe: Na- (E350), K- (E351) und Ca-Malat (E352)	Lebensmittel-Industrie als Säuerungsmittel, Kosmetik, Entrosten und Entkalcken, Pharma-Industrie, Fleckenmittel
Historie	1769 von Wiegand im Sauerklee erkannt; 1776 von K.W. Scheele aus Zucker hergestellt.	1785 von Karl Wilhelm Scheele aus Apfelsaft isoliert.	1784 von Karl Wilhelm Scheele aus Zitronensaft isoliert. Justus v. Liebig bestimmte die Struktur 1838.

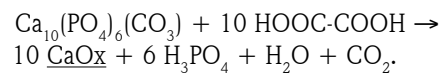
Tabelle 2:
Nierensteine.

Vorkommen [%]	Name	Zusammensetzung (Formel)	Mol.gew. [g]	Dichte [g/cm ³]	Löslichkeit [g/100g H ₂ O]
65	Kalziumoxalat	Ca(OOC) ₂	128,10	2,2	0,00067 (13°C); 0,0014 (95°C)
15	Harnsäure	C ₅ H ₄ N ₄ O ₃	168,11	1,89	0,007 (20°C)
10	Struvit	MgNH ₄ PO ₄ x 6 H ₂ O	245,61	1,71	0,0231 (0°C); 0,0195 (80°C)
9	Kalziumphosphat	Ca ₃ (PO ₄) ₂	310,18	3,14	0,002 (20°C)
1	Cystin	(HOOC-CHNH ₂ -CH ₂ -S-) ₂	240,30	1,68	unlöslich, n.b.

Niederschlag einer der am schwersten löslichen Kalzium-Verbindungen darstellt. Abbildung 12 zeigt die Löslichkeiten der bekannten Kalzium-Verbindungen in Wasser.

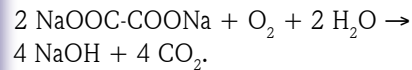
Das Oxalat ist sogar noch deutlich schwerer löslich als das Kalziumphosphat, aus dem unser Zahnschmelz, Carbonato-apatit, Ca₁₀(PO₄)₆(CO₃), besteht. Daher werden die Zähne besonders dann schnell stumpf, wenn das Stangengemüse roh und unverdünnt an die Zähne kommt: Die Oxalsäure löst das Kalziumphosphat

unter Bildung des feinkristallinen Kalziumoxalats, CaOx, auf:



In Rübenblättern findet man bis zu 12% Oxalsäure. Klee-Blätter enthalten das Kaliumsalz und Salicornia-Arten (Queller) das schwerer in Wasser lösliche Natriumsalz.

Die Säure und ihre Salze, die Oxalate, dienen neben vielen anderen industriellen Anwendungen als umweltfreundliches Reduktionsmittel, da bei der Oxidation dieser Stoffe nur Wasser und Kohlendioxid freigesetzt werden:

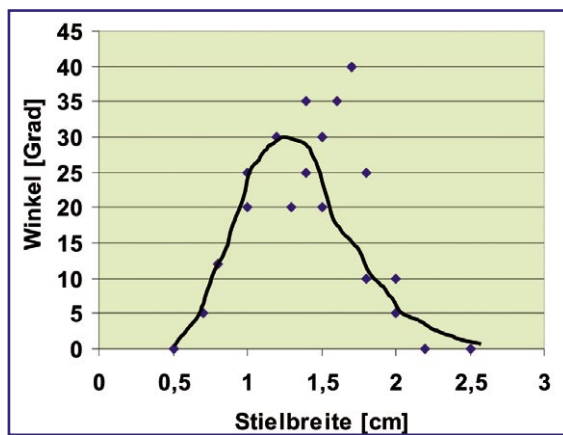


Der menschliche Urin enthält am Tag etwa 15 bis 50 mg. Eine erhöhte Ausscheidung bezeichnet man als Oxalurie. Abbildung 13 zeigt den Verlauf von Dichte und Löslichkeit innerhalb der Gruppe der Alkalimetalloxalate vom Lithium- bis zum Cäsium-Salz. Auch sie sind als „gesundheitsschädlich“ eingestuft.

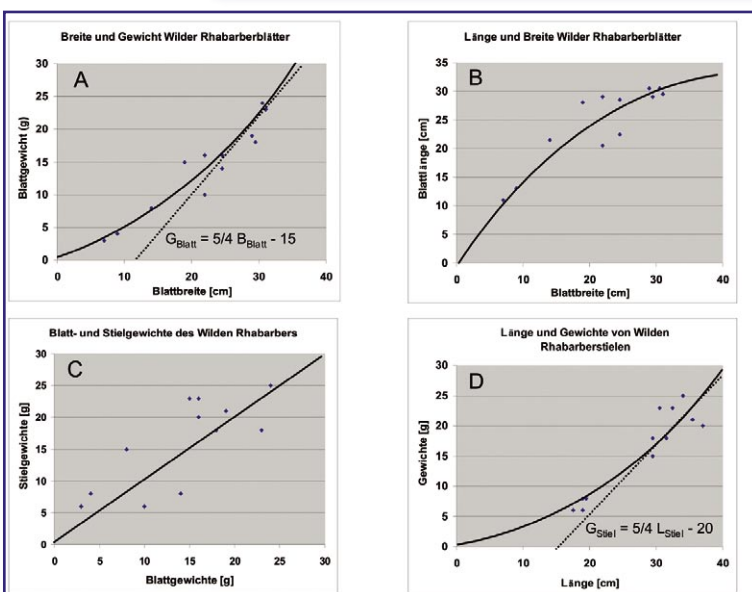
Die Ursachen für Nierensteine (Nephrolithiasis) sind vielfältig und ihre Bildung noch nicht durchweg erforscht. Flüssigkeits-Verluste durch Schwitzen oder Durchfall führen zu höheren Konzentrationen bestimmter Stoffe im Urin. Verstärkter Verzehr von Milchprodukten kann die Kalziumionen-Konzentration in den Ausscheidungsorganen des Harns erhöhen. Zuviel Fleisch mit einem Überangebot an Purinen, die zu Harnsäure abgebaut werden, erhöhen den entsprechenden Spiegel im Urin. Phosphate in Schmelzkäse und Limonaden begünstigen die Kalziumphosphat-Steine. Umso mehr, wenn mehrere Effekte zusammentreffen.

Jährlich erkranken etwa 5% der Bevölkerung in Deutschland an Nierensteinen, Männer doppelt so häufig wie Frauen, die meisten im Alter zwischen 20 und 40 Jahren. In den westlichen Industrieländern nimmt diese Erkrankung zu, besonders deutlich in den trockenen und heißen Gebirgsregionen.

Abbildung 9:
Abwinkelung des Rhabarberblattes mit zunehmender Stielbreite.



Abbildungen 10 A bis D (unten):
Abmessungen und Größen-
beziehungen des Wilden Rhabarbers.



80% der Nierensteine lösen sich von alleine oder bei Verabreichung krampflösender Medikamente, verbunden mit körperlicher Bewegung (Joggen). Neben den operativen Eingriffen werden auch medikamentöse Stein-Löseprozesse (Litholyse) eingesetzt. Sie haben bei Harnsäure- und Cystin-Steinen unter Umständen Erfolg.

Zur Vermeidung von Oxalat-Steinen sind derzeit Bakterien (*Oxalobacter formigenes*) in der Erprobung, die Oxalsäure abbauen können (www.m-ww.de).

Zusammenfassung

Vom Rhabarber zu den Nierensteinen ist für manchen Bundesbürger kein weiter Weg. Dennoch hat dieses belebende Diät-Gemüse auch eine ganze Reihe an wertvollen Inhaltsstoffen. In vollreifen Blattstielen im Mai und Juni liegen die Säuremengen auf einem niedrigen Level. Die Stiele sind breit und intensiv rötlich gefärbt. Die Blätter haben sich wieder gestreckt und zeigen eine relativ glatte Erscheinung. Aus Gewächshäusern ist der Rhabarber schon im Frühjahr auf den Märkten anzutreffen. Dann ist besonders auf die Reife zu achten. Gefährdete Patienten wenden sinnvollerweise vorbeugende Maßnahmen an. Der Urin wirkt in den engen Nierenkanälchen wie ein Chemikalien-Cocktail in einem Erlenmeyer-Kolben: Beim Einengen der Flüssigkeit oder beim Zusammentreffen der richtigen Reaktionspartner gibt es Niederschläge. Diese Kristallkeime wachsen, solange sie mit weiteren entsprechenden Ionenpaaren versorgt werden. Das bewerkstelligen wir mit dem Mix der Ernährung, über den sich kaum einer tiefere Gedanken zur Chemie und ihre vernetzten Zusammenhänge macht, machen kann oder machen will.

CLB

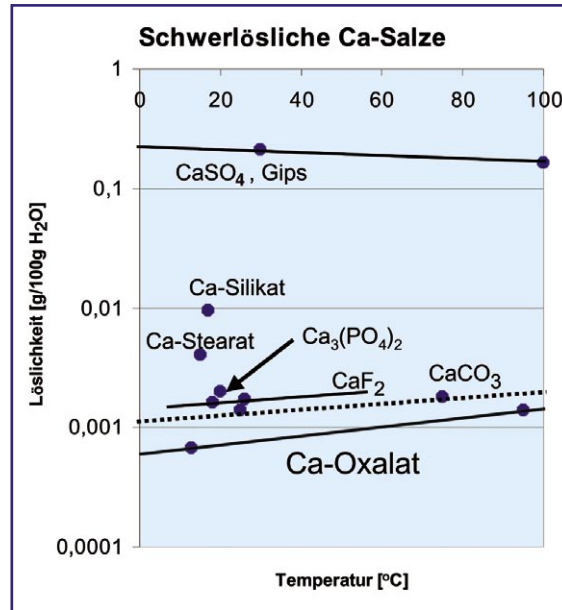


Abbildung 12: Löslichkeit von Kalziumoxalat im Vergleich zu anderen schwerlöslichen Kalziumverbindungen.

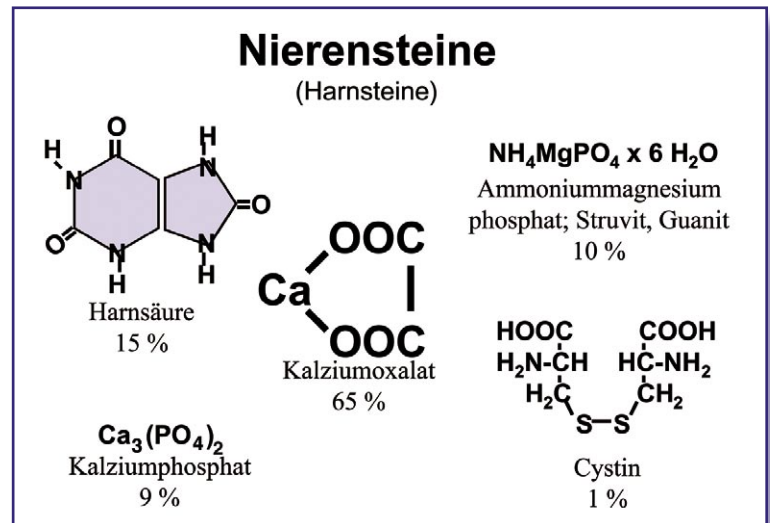


Abbildung 11: Molekülstrukturen der Nierenstein-Verbindungen.

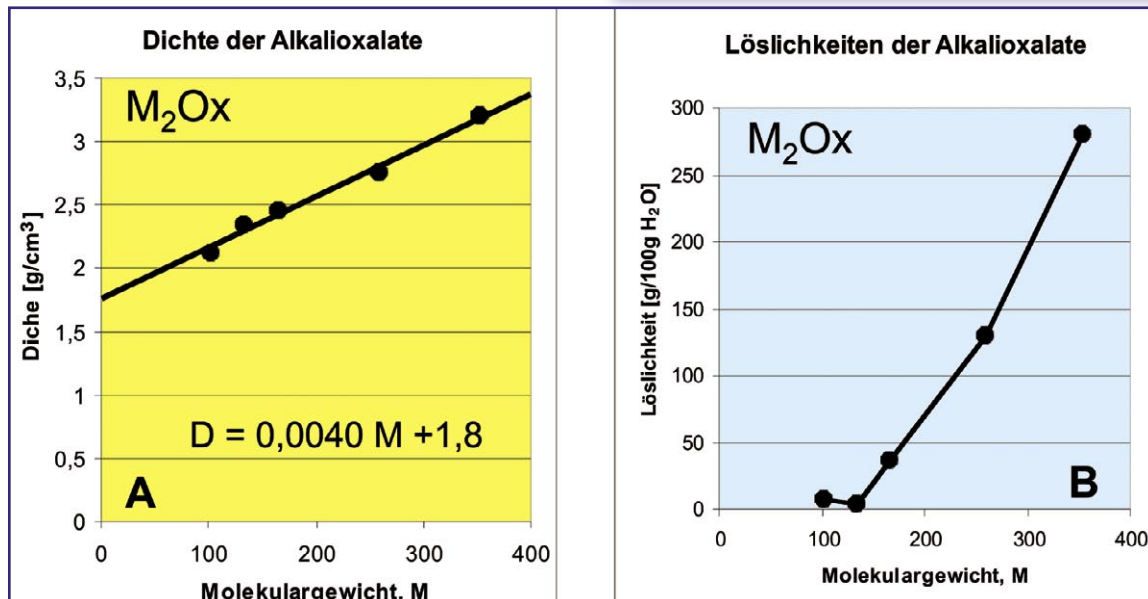


Abbildung 13: Dichte (A) und Löslichkeiten (B) der Alkalimetall-Oxalate.

Lust als physikalische Größe

Paul Dobrinski, Hemmingen

Es ist an der Zeit, die Aufmerksamkeit der Wissenschaft wieder auf die wichtigste Größe im Weltgeschehen zu lenken, die Lust. Diese ist nicht nur in der Psychologie von großer Bedeutung, sondern, wie im folgenden gezeigt wird, ebenso in der Biologie, der Chemie und der Physik.

1 Einführung

Schon für die lebenswichtige Nahrungsaufnahme ist das Streben nach Lust-Gefühlen ein wichtiger Antrieb. Aber auch für praktisch alle kulturellen Aspekte des Lebens ist der Wunsch, Lust zu genießen, der entscheidende Beweggrund. Dies gilt für den Genuss einer Theateraufführung genauso wie für den eines Konzertes oder die Betrachtung eines Werkes der bildenden Kunst – und natürlich bei der Liebe. Im menschlichen Leben ist das Streben nach Lust aber noch viel komplexer: Häufig nehmen Menschen sogar eigene Nachteile in Kauf, etwa großen geistigen oder körperlichen Einsatz und gelegentlich sogar Schmerzen, um Mitmenschen zu helfen oder etwas anderes wichtiges zu tun. Die Befriedigung darüber, etwas Gutes oder Großartiges geleistet zu haben, verschafft ihnen hierbei so große Lust, dass die ebenfalls empfundenen Unlust-Gefühle überkompensiert werden.

Diese Erkenntnis ist nicht neu. Sie stand vielmehr schon im Altertum bei den griechischen Philosophen Demokrit (460 v. Chr. bis ca. 380 v. Chr.) und Epikur (341 v. Chr. bis 271 v. Chr.) im Zentrum ihrer Lehre. So vertritt z.B. letzterer die Auffassung, das Lustgefühl liefere den Hinweis darauf, welches Handeln der Natur gemäß sei, und das Unlustgefühl und der Schmerz machten uns darauf aufmerksam, was gegen die Natur verstoße.

Beide Philosophen beschränkten ihre Aussagen nicht auf die Menschen, sondern bezogen sie auf die ganze Natur bis hinab zu den – im wesentlichen zuerst von Demokrit als Grundbausteine der Welt postulierten – Atomen. Auf diesem Wege soll ihnen in den folgende Abschnitten „mit Lust“ gefolgt werden.

1.1 Lust im Tier- und Pflanzenreich

Jeder, der aufmerksam Tiere beobachtet, kann nicht umhin, festzustellen, dass deren Verhalten ganz wesentlich

Der Autor:

Der Physiker Prof. Dr. Paul Dobrinski ist Gründungsherausgeber der Zeitschrift „Junge Wissenschaft“ (youngkombi GmbH, Hamburg). Die Zeitschrift veröffentlicht Originalbeiträge junger Autoren bis zum Alter von 23 Jahren aus Naturwissenschaft und Technik. Als Wissenschaftler der Universität Hannover lernte er durch Kontakte in Berkeley, Kalifornien, eine ähnliche amerikanische Zeitschrift – und ihren positiven Einfluss auf die Jugend – kennen. Dobrinski ist auch Koautor des bekannten Lehrbuchs „Dobrinski-Krakau-Vogel; Physik für Ingenieure“.



durch das Streben nach Lustgewinn und die Vermeidung von Schmerz gekennzeichnet ist. Sie können sich auch deutlich erkennbar freuen. Dies gilt nicht nur für den Hund, der sein Herrchen mit fröhlichem Schwanzwedeln begrüßt, sondern für alle Tiere bei der Nahrungsaufnahme und natürlich auch bei der Paarung. Besonders bei letzterer ist der Antrieb ganz sicher das Streben nach Lust. Mag es auch sein, dass R. Dawkins (1) recht hat, wenn er postuliert, dass diese von den „egoistischen Genen“ gesteuert wird. Tatsächlich ist jedoch der mögliche Lustgewinn der eigentliche Auslöser. Oder hat – Hand aufs Herz – einer der Leser bei einer bestimmten sehr angenehmen Beschäftigung schon einmal an die Gene gedacht?

Das hier geschilderte Verhalten beobachtet man nicht nur bei höheren Tieren sondern bei allen Lebewesen. Auch Pflanzen verstehen es bekanntlich, sich trick- und erfolgreich so zu entwickeln und sogar zu bewegen, dass sie z.B. unter den jeweilig vorgegebenen Bedingungen optimale Licht- und Bodenverhältnisse erreichen. Sie tun dies sicher nicht, weil sie etwas über Photosynthese und die für sie wichtigen Nährstoffe wissen, sondern, weil sie hierbei Lust empfinden. Kenner sehen den Pflanzen an, ob sie sich wohlfühlen. Manche Pflanzen fressen bekanntlich sogar Fleisch, indem sie kleine Beutetiere fangen und verdauen. Auch dies geschieht nicht etwa, weil sie etwas gegen ihre Opfer haben, sondern wegen des Lustgewinns.

J. D. Vicent (2) schreibt: „Lebewesen sind – der Begriff bringt es zum Ausdruck – keine leblosen Dinge. Sie lassen sich nicht begreifen, wenn man sie nicht als fühlende Subjekte anerkennt. „Natürlich müssen alle Lebewesen, um etwas fühlen zu können, eine Art „Bewusstsein“ haben, etwas, das niemand bisher exakt definieren kann und das viele Menschen in bekannter anthropozentrischer Überheblichkeit nur ihresgleichen zubilligen möchten“. Letzterem liegt aber offenbar die Verwechslung von Denken und Bewusstsein zugrunde, eine, wie ebenfalls J. D. Vicent (2) schreibt, „schlechte Angewohnheit, fast so vertrackt wie die Verwechslung von Vernunft und Denken“. Und bei M. S. Dawkins (3) liest man: „Wir müssen uns hüten, zu denken, Gefühle zu haben, bedeute auf jeden Fall, sich ihrer auch ständig bewusst zu sein.“

Man kann andererseits davon ausgehen, dass alle Lebewesen, selbst die kleinsten, nämlich Bakterien und Viren, eine Art Selbstbewusstsein haben müssen. Wie könnten sie sonst zwischen sich selbst, ihren eigenen Artgenossen und fremden Organismen unterscheiden, die sie als

Nahrung oder als Mittel für die eigene Vermehrung benutzen?

In seinem Buch „Kinds of Minds“ schreibt D. C. Dennett (4): „Schon bei den ersten einfachsten Lebewesen, ja selbst bei den eine Milliarde älteren sich selbst verdoppelnden Makromolekülen, entdecken wir Handlungsfähigkeit, Intentionalität und Rationalität.“ Man kann natürlich einwenden, dass alle diese Aussagen noch niemals exakt, d.h. zum Beispiel durch objektive Messungen, nachgewiesen wurden. Aber wie könnte man die Empfindung von Lust objektiv messen? Zwar sind bei Menschen und Tieren endogene Opiode nachgewiesen worden, die den Schluss zulassen, dass sie für die Empfindung von Lustgefühlen oder die Schmerzlinderung „ausgeschüttet“ werden. Aber dass und wie ein Lebewesen Lust empfindet, folgern wir – selbst bei den uns am nächsten stehenden Menschen – nur durch einen Analogieschluss von uns selbst auf unsere Mitgeschöpfe. Dies ändert jedoch nichts an der Tatsache, dass die obige Folgerung äußerst plausibel ist.

1.2 Lust bei Molekülen, Atomen und Elementarteilchen

Im vorigen Abschnitt wurde gezeigt, dass z.B. Viren Gefühle dafür besitzen müssen, dass sie beim Angriff auf fremde Individuen Lustgewinn haben, dass dies andererseits beim Überfall auf Artgenossen nicht der Fall wäre. Nun sind Viren eigentlich nicht viel mehr als große Moleküle, die sich unter bestimmten Bedingungen sogar kristallisieren lassen. Wenn aber große Moleküle Lust empfinden können, so erhebt sich natürlich die Frage: „Wo hört das auf?“ Ist dies möglicherweise auch bei kleineren Molekülen und etwa sogar bei Atomen und den noch kleineren Elementarteilchen, z.B. den Quarks, der Fall?

Im Folgenden soll versucht werden, zu zeigen, dass diese Annahme zumindest sehr plausibel ist.

1.2.1 Lust beim Wasserstoff-Atom

Wir machen einen großen Sprung von den hochkomplex aufgebauten Makromolekülen zu dem einfachsten aller Atome, dem Wasserstoffatom. Dieses besteht bekanntlich aus einem einzigen einfach positiv geladenen Proton als Atomkern und einem negativ geladenen Elektron. Der Anschaulichkeit wegen benutzen wir das Bohr'sche Atommodell (N. Bohr, 1885 bis 1962). In diesem Modell (Abbildung 1) kann sich das Elektron um das Proton nur auf Kreisbahnen bewegen, deren Radien nur bestimmte Werte annehmen dürfen. Dies liegt an der quantenmechanischen Randbedingung, dass der Bahndrehimpuls des Elektrons nur ganzzahlige Vielfache von $h/2\pi$ annehmen darf. (h = Planck-Konstante nach M. Planck, 1858 bis 1947)(6). Insbesondere gibt es im Grundzustand einen kleinstmöglichen Radius, sodass das Elektron sich dem Proton nicht beliebig nähern kann. Und das ist gut so! Denn ohne die von der Quantenmechanik vorgegebenen Randbedingungen gäbe es weder die vertraute Materie noch uns Lebewesen. Man muss immer wieder voller

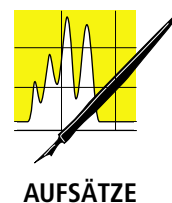
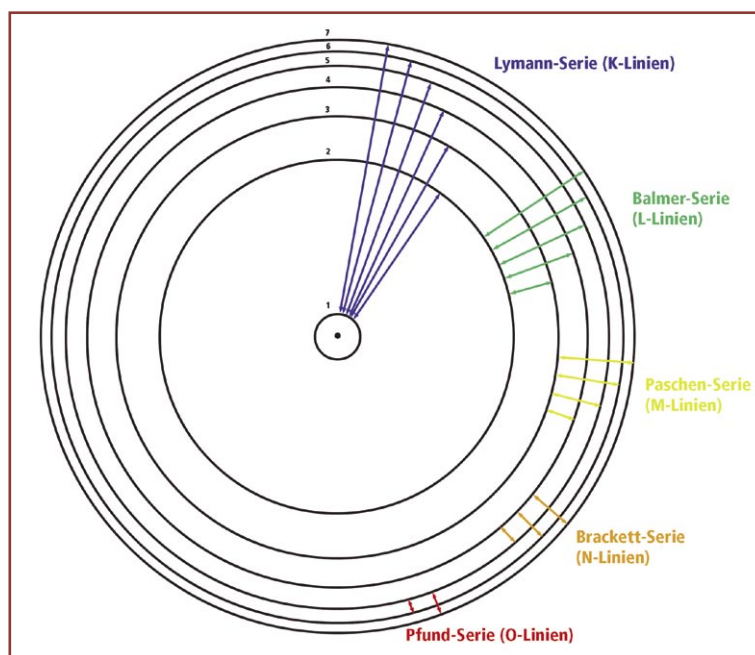
Bewunderung staunen, in welcher perfekter Weise die Naturgesetze aufeinander abgestimmt sind!

In dem hier beschriebenen Grundzustand „fühlen sich Proton und Elektron wohl“, denn sie sind so dicht beisammen, wie es möglich ist, ohne sich zu nahe zu kommen, womöglich so nahe, dass sie aufeinander träfen und dabei in dramatischer Weise ihre Identität verlören.

Nun pflegen bekanntlich alle Atome normalerweise nicht allein zu sein. Vielmehr treten sie im Allgemeinen in sehr großen Mengen auf. So befindet sich „unter Normalbedingungen“ im Volumen 1 Liter die unvorstellbar große Zahl von $5,4 \cdot 10^{22}$ Wasserstoff-Atomen, die sich paarweise zu Wasserstoff-Molekülen zusammengeschlossen haben (s. Abschnitt 1.2.2).

Sind in dem Gefäß, in dem sie sich befinden, zwei Elektroden, und legt man an diese eine hohe elektrische Spannung, so gibt es eine Gasentladung mit dramatischen Folgen: Einige dort befindliche freie Elektronen werden im elektrischen Feld so stark beschleunigt, dass sie in der Lage sind, beim Aufprall auf die Wasserstoff-Moleküle diese nicht nur in Einzel-Atome zu spalten, sondern bei letzteren auch noch Elektronen und Protonen voneinander zu trennen. Da diese elektrisch geladen sind, werden auch sie im Feld beschleunigt und können ebenfalls weitere Atome in Protonen und Elektronen spalten. Dies gefällt beiden jedoch gar nicht. Und so benutzen sie jede Gelegenheit dazu, wieder paarweise zusammen zu finden. Jetzt zahlt es sich aus, dass die Schöpfung sowohl Protonen als auch Elektronen „ununterscheidbar“ gemacht hat. Denn sonst brähe blanke Verzweiflung aus, weil die Su-

Abbildung 1: Die Quantenmechanik erlaubt nur bestimmte Elektronen-Aufhaltungsniveaus (hier beim Wasserstoffatom mit $n=1$ bis 7 gekennzeichnet), dargestellt nach dem einfachen Bohr'schen Atommodell. Beim Übergang eines Elektrons von einer höheren auf eine tiefere Bahn (hier als Linien gekennzeichnet) wird Energie in Form eines Photons mit genau definierter Frequenz frei. Diese Frequenz ist abhängig von dem Abstand, der Differenz des Energieniveaus der Bahnen (die Farben in der Abbildung sind nur schematische Darstellungen unterschiedlicher Energieaussendungen; sie differieren natürlich auch innerhalb einer Serie; Abb.: RK).



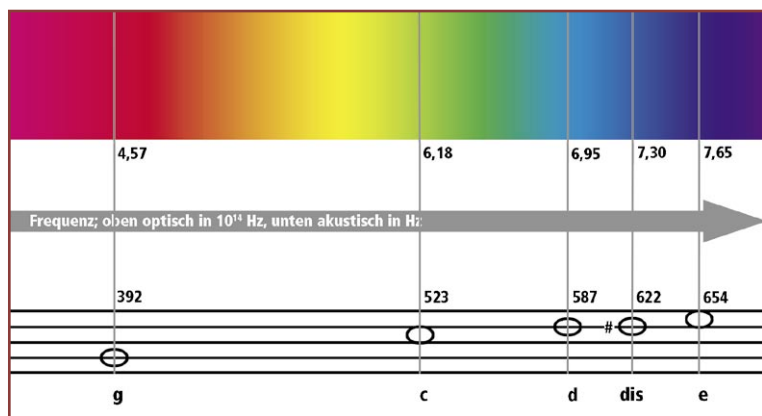


Abbildung 2: In das Lichtspektrum oben sind die Spektrallinien der „Balmer-Serie“ mit den dazugehörigen Frequenzen eingezeichnet. Darunter findet man die in den Hörbereich transformierten Frequenzen der eingezeichneten Töne. Sie bilden eine wunderbare Harmonie, die Richard Strauß nutzte (siehe Abb. 3; Grafik: RK).

che nach dem Partner bei 10²² Paaren nie aufhören würde. Selbst bei nur ca. 6 · 10⁹ Menschen auf der Erde wäre ja das Wiederfinden eines verlorengegangenen Partners ohne technische Hilfsmittel nahezu hoffnungslos! Wenn sich aber jetzt ein Elektron einem Proton nähert, wird es eingefangen, und es versucht, ihm so nahe wie möglich, d.h. in den Grundzustand zu kommen. Dies kann in einem einzigen Sprung oder in kleineren Sprüngen von einer der „erlaubten“ Bahnen über weiter innen liegende geschehen. Diese Bahnen pflegt man von innen nach außen mit den Quantenzahlen $n = 1, n = 2$ usw. abzuzählen (Abbildung 1). Bei jedem Sprung, der sie näher an ihr Proton bringt, „jauchzen“ die Elektronen vor Freude, indem sie „elektromagnetische Laute“ in Form von „Tönen“, genannt Photonen, aussenden. Mit einem Spektralapparat, der das gesamte ausgesandte Licht aufspaltet und analysiert, lassen sie sich als Spektrallinien nachweisen und ihre Frequenzen messen. Diese liegen alle im Bereich von einigen 10¹⁴ Hertz. Sie wären, selbst, wenn wir so hohe Frequenzen wahrnehmen könnten, natürlich auch schon deswegen für uns nicht hörbar, weil es sich um elektromagnetische und nicht um Schallwellen handelt. Die Frequenzen lassen sich übrigens mit der Rydbergformel berechnen (J. Rydberg, 1854 bis 1919).

Es gilt

$$f = R_{\text{H}} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right) = 3,288 \cdot 10^{15} \text{ Hz} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right) \quad (1)$$

Hierbei sind R_{H} die Rydbergfrequenz beim Wasserstoff, n die Quantenzahl der dichter am Kern liegenden Bahn und n' die Quantenzahl der weiter außen befindlichen Bahn. Die Frequenzen ergeben sich aus den entsprechenden Energiedifferenzen $W_{n \rightarrow n'}$ (Abbildung 1) einfach zu

$$f = \frac{W_{n \rightarrow n'}}{h} \quad (2)$$

h ist hierbei die bereits oben genannte Planck-Konstante.

Abbildung 3: Das „Horn-Thema“ aus der Tondichtung „Till Eulenspiegel“ von Richard Strauß.



Hier wollen wir eine kleine Anekdote einflechten:

Dividiert man die oben berechneten Frequenzen durch eine geeignete große Zahl, in unserem Falle $1,166 \cdot 10^{12}$, so kann man sie für alle Übergänge, die z.B. auf der zweiten Bahn mit $n=2$ enden, in den Hörbereich transformieren. Hierbei wird aus $f_{3 \rightarrow 2}$ der Ton „g“, aus $f_{4 \rightarrow 2}$ der Ton „c“, aus $f_{5 \rightarrow 2}$ „d“, aus $f_{6 \rightarrow 2}$ „dis“, aus $f_{7 \rightarrow 2}$ „e“ usw. (Abbildung 2). Im optischen Bereich spricht man von einer „Spektralserie“, im akustischen Bereich von einer „Tonfolge“, die man etwa mit einem Tongenerator und einem Lautsprecher hörbar machen kann. Erstaunlicherweise ist diese Tonfolge bei den Wasserstoff-Atomen von wunderbarer Harmonie. Es bedurfte eines Angehörigen des besonders sensiblen Volksstammes der Bayern, nämlich des Komponisten Richard Strauß (1864 bis 1949), um dies herauszuhören. In geeigneter Rhythmisierung verwendete er diese Töne als das berühmte Horn-Thema in seiner Tondichtung „Till Eulenspiegel“. Dies ist in Abbildung 3 zu sehen; bitte einmal nachspielen.

Richard Strauß komponierte diese Melodie 1895, also etwa 30 Jahre, bevor er Gelegenheit gehabt hätte, bei Arnold Sommerfeld (1868 bis 1951) in München dessen berühmte Vorlesung über „Atombau und Spektrallinien“ zu hören, aber zehn Jahre nachdem der Baseler Lehrer Johann Jakob Balmer (1825 bis 1898) den oben beschriebenen Sachverhalt entdeckt hatte. Dieser hatte nämlich noch vor Rydberg herausgefunden, dass sich die Frequenzen der entsprechenden von den Wasserstoff-Atomen ausgesandten Spektrallinien, die fast alle im sichtbaren Bereich liegen, ergeben, wenn in der erst später so benannten Rydbergformel $n=2$ steht. Deswegen heißt diese Spektralserie im Wasserstoff-Spektrum auch die „Balmer-Serie“.

Wer hätte gedacht, dass die Wasserstoff-Atome, wenn Elektron und Proton wieder zueinander finden, sich so harmonisch freuen können?

1.2.2. Lust bei Wasserstoff-Molekülen

Im Allgemeinen kommt Wasserstoff nicht als Gas vor, das aus einzelnen Atomen besteht. Vielmehr haben sich im Wasserstoffgas jeweils zwei elektrisch neutrale Atome zu einem Wasserstoff-Molekül zusammengefügt. Die Art der Bindung, welche den Zusammenhalt bewirkt, nennt man deshalb auch „Atombindung“. Auf den ersten Blick erscheint eine solche Bindung schwer verständlich. Sie wird erst plausibel, wenn man vom Bohrschen Teilchenmodell zum Schrödingerschen Wellenmodell wechselt (E. Schrödinger, 1887 bis 1961). In diesem kreisen die Elektronen nicht auf Bahnen um den Atomkern herum. Vielmehr wird ihre räumliche Aufenthaltswahrscheinlichkeit durch das Amplitudenquadrat einer ihnen zugehörigen Materiewelle bestimmt. Die Umgebung jedes Atomkerns stellt also ein schwingungsfähiges System dar. Kommen sich zwei solcher Systeme nahe genug, so können sie miteinander koppeln. Der stabile Zustand – das ist der mit der niedrigsten Schwingungsenergie – ist hierbei derjenige, bei dem beide Systeme im Gleichtakt oder, wie man auch sagt, „in Phase“ schwingen. Hierbei ist die Schwingungsamplitude und damit die Aufenthaltswahrscheinlichkeit für beide Elektronen zwischen den Kernen am höchsten (5). Die Elektronen sind hier also besonders häufig zu fin-

CLB – Memory

Die CLB-Beilage für Ausbildung in Chemie, Labortechnik,
Chemietechnik, Biologie und Biotechnik

März 2006

Schadstoffe schwächen Lern- und Konzentrationsfähigkeit

BUND: Noch immer zu viel PCB in Schulen

Um Schüler und Lehrer vor Schadstoffen in Klassenzimmern schützen zu können, müssen Schulen künftig besser auf gefährliche Chemikalien hin untersucht werden. Dies forderten der Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND), der Interdisziplinäre Arbeitskreis Umwelt und Gesundheit Rhein-Main und die Interdisziplinäre Gesellschaft für Umweltmedizin (IGUMED) anlässlich des 10. Frankfurter Kolloquium Umwelt & Gesundheit im März. Die kontinuierliche Belastung mit Schadstoffen wie polychlorierten Biphenylen (PCB), Flammschutzmitteln oder Weichmachern im Klassenzimmer führe zu Konzentrations- und Lernschwächen und erhöhe das Krebsrisiko. Schätzungen zufolge sind mindestens 10 000 öffentliche Gebäude in Deutschland allein mit PCB verseucht, darunter viele Schulen.

Oliver Wendenkamp, Sprecher des Arbeitskreises Gesundheit des BUND: „Es ist skandalös, dass dieses drängende Problem von Politikern totgeschwiegen wird. Selbst die Schadstoffe, die wie PCB bereits verboten sind und von denen wir wissen, dass sie krebserregend sind oder das Nervensystem schädigen, wurden in deutschen Schulen nie systematisch eliminiert. Viele Politiker beklagen die Kinderfeindlichkeit unserer Gesellschaft – hier gäbe es eine konkrete

Handlungsmöglichkeit und sie wird nicht genutzt.“

Wegen PCB seien in Deutschland bereits zahlreiche Schulen geschlossen worden. Es gäbe jedoch eine Reihe weiterer gesundheitsschädigender Industriechemikalien wie bromierte Flammschutzmittel in Computern oder hormonell wirksame Weichmacher in PVC-Fußbodenbelägen. Flammschutzmittel ließen sich in immer höheren Mengen im Blut von Kindern nachweisen und würden mit Schädigungen der Gehirnentwicklung und späteren Lernschwächen in Zusammenhang gebracht.

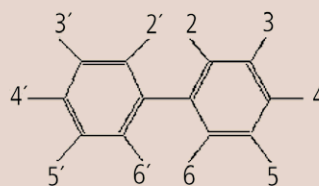
Dr. Frank Bartram, Umweltmediziner und Vorstandsmitglied der IGUMED: „Kinder sind besonders betroffen, da ihr Nervensystem und ihre Entgiftungssysteme noch nicht ausgereift sind. Die Belastung durch giftige Chemikalien an Schulen aber auch im Wohnumfeld der Kinder hat in den letzten Jahren zu einer Zunahme von Gesundheitsstörungen wie Allergien, Konzentrationsmängeln und Lernstörungen geführt. Das ist nicht hinnehmbar. Hier muss der Gesetzgeber endlich tätig werden und einen vorsorgenden Schutz unserer Kinder vor gefährlichen Chemikalien gewährleisten.“

Abhilfe schaffen könnte eine strenge europäische Chemikaliengesetzgebung. Ab Juli stehe die zweite Lesung der neuen Chemikalienverordnung REACH (Registrierung, Evaluierung und

Autorisierung von Chemikalien) an. „Zehntausende auf dem Markt befindliche Chemikalien wurden vorher nie auf ihre Gesundheitsverträglichkeit getestet. Durch REACH muss die Chemieindustrie endlich dazu verpflichtet werden, alle notwendigen Daten zu liefern. Die weitere Verwendung gefährlicher Chemikalien muss schnellstmöglich untersagt werden, wenn ungefährliche Alternativen zur Verfügung stehen“, so Wendenkamp.

Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Die Stoffgruppe der PCB umfasst die Derivate des Biphenyls, bei denen Chlor an eine oder mehrere der 10 Positionen 2 bis 6 beziehungsweise 2' bis 6' gebunden ist. In Abhängigkeit von der Position und der Anzahl der Chloratome gibt es 209 verschiedene chlorierte Biphenyle (Congenere). Bei den technisch eingesetzten PCB handelt es sich immer um Mischungen verschiedener Congenere. Sie enthalten zumeist produktionsbedingte Verunreinigungen wie chlorierte Dibenzofurane und chlorierte Naphthaline. Weitere Stoffe, zum Beispiel Trichlorbenzol zur Verringerung der Viskosität, modifizieren die Endprodukte.



PCB sind lipophil, schwer entflammbar, plastifizierend, elektrisch nicht leitend und werden biologisch kaum abgebaut. Seit 1929 industriell hergestellt, fanden sie weltweit Anwendung unter anderem in Transformatoren und elektrischen Kondensatoren sowie als Weichmacher – beispielsweise in Kabelummantelungen.

Naturwissenschaftler lehnen unterdurchschnittlich bezahlten Arbeitsplatz ab Dritte „Continental-Studentenumfrage“

Die deutschen Studenten sehen ihre Zukunftschancen optimistischer als in den Vorjahren, sind aber deutlich immobilier. Sie erwarten Arbeitszeiten von 40 Wochenstunden und mehr im ersten Job und sind bereit, frühzeitig in die eigene Altersvorsorge zu investieren. Die Familie steht grundsätzlich hoch im Kurs, für die Karriere würden aber 25 Prozent der Hochschulabsolventen auf die Gründung einer eigenen Familie verzichten. Die Studenten bewerten die Qualität der Hochschulausbildung in Deutschland überwiegend positiv. Eine Mehrheit bleibt – bei abnehmender Tendenz – Eliteuniversitäten gegenüber skeptisch.

Das sind einige Ergebnisse der 3. „Continental-Studentenumfrage“, die der internationale Automobilzulieferer in Kooperation mit der TU Darmstadt vorgestellt hat. TNS Infratest hatte Ende vergangenen Jahres 1006 Studenten zu ihren Ansichten zu Arbeitszeit, Karriere, Qualifizierung sowie Hochschulreformen und Wettbewerbsfähigkeit des Standorts Deutschland befragt.

„Zum Glück: Die Zukunftserwartung unter den deutschen Studenten hat sich deutlich verbessert“, sagte Continental-Personalvorstand Thomas Sattelberger: „69,7 Prozent der Befragten schätzen ihre Karrierechancen sehr zuversichtlich oder eher zuversichtlich ein.“

Dieser Trend zeigt sich insbesondere bei jüngeren Befragten. Nur noch 4,8 nach zuvor zwischen 7 und 9 Prozent sind wenig oder überhaupt nicht zuversichtlich.“ Der Präsident der TU Darmstadt, Professor Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner, nannte dies ein ermutigendes Zeichen: „Hoffnung ist ein starker Faktor für Engagement und Motivation schon im Studium.“

Qualifikation stimmt positiv

Als Gründe für eine eher positive Erwartungshaltung werden eher externe Faktoren wie Qualifikation, Studium oder Abschluss (46,5 Prozent) angegeben, deutlich weniger die eigene optimistische Einstellung, Leistungsbereitschaft oder „gesundes Selbstbewusstsein“ (25,4 Prozent), sowie Nachfrage im Beruf (15,7 Prozent) – hier besonders ausgeprägt bei Ingenieuren mit 26,8 Prozent. Insgesamt nähern sich die deutschen Studenten bei der Einschätzung ihrer Karrierechancen den Werten ihrer Kommilitonen in Rumänien an. Dort sind 73,5 Prozent bezüglich ihrer Karrierechancen sehr zuversichtlich oder eher zuversichtlich, skeptisch lediglich 4,4 Prozent, ergab die im Herbst 2005 vorgestellte 1. „Continental-Studentenumfrage“ in Rumänien, die einen Vergleich unter anderen Perspektiven ergeben sollte. „Aufällig ist, dass die Karriereerwartungen bei deutschen Frauen mit 60,5 Prozent zu 74,9 Prozent bei den Männern deutlich geringer ausgeprägt ist und auch stark hinter denen der Rumäninnen zurückbleibt, bei denen 69,9 Prozent der Frauen optimistisch sind“, erklärte Sattelberger. „Unternehmen brauchen und wollen karrierebewusste Frauen.“

Deutlich höher als zuvor wird auch die Wettbewerbsfähigkeit der heimischen Unternehmen eingeschätzt: Knapp zwei Drittel der Befragten bewerteten sie als „sehr

gut“ oder „gut“, zuvor war es nur jeder Zweite.

Eingeschränkte Mobilität

Die Kehrseite der positiveren Stimmung ist die abnehmende Mobilität, insbesondere in weniger attraktiv wahrgenommenen Ländern. Mit 47,2 Prozent können sich nur noch weniger als die Hälfte der Befragten vorstellen, „ganz bestimmt“ oder „eher wahrscheinlich“ ihren Traumjob in Osteuropa anzunehmen. Zuvor waren es 56,3 bzw. 49,2 Prozent. Für diese Trendumkehr sind vor allem die Männer verantwortlich: Hier fiel die Akzeptanz von 60,5 Prozent auf 48,5 Prozent. Ähnlich sind die Werte für China, wohin nur noch 37,5 (45,7) Prozent wegen des Traumjobs ziehen würden. Auch hier ist die veränderte Haltung bei Männern (positive Einstellung nur noch 38,8 nach 48,4 Prozent) stärker ausgeprägt als bei Frauen (35,1 zu 41,2 Prozent).

Die persönliche Wettbewerbsfähigkeit im internationalen Vergleich schätzen die Absolventen positiv ein: 10,5 Prozent halten sie für „sehr gut“, 47,2 Prozent für „gut“, 32,5 Prozent für „zufrieden stellend“, 8,5 Prozent für „ausreichend“ und nur 1,2 Prozent für „unzureichend“. Dies sehen erneut die Frauen skeptischer als die Männer: „Eine positivere Einschätzung der eigenen Karrierechancen darf aber nicht zum Trugschluss verführen, dass weniger Mobilität erforderlich sei“, warnte Sattelberger. „Das Gegenteil ist der Fall: Karrieren entstehen nun häufiger durch Herausforderungen in Wachstumsregionen. Mobilität gehört als wichtiger Bestandteil zum Fundament, auf dem stabile Karriereleitern stehen.“

Lange Arbeitszeiten akzeptiert

Sehr realistisch sind die Erwartungen bezüglich der Arbeitszeiten im ersten Job. 48,0 (2004: 46,3) Pro-



zent erwarten eine frei vereinbarte Arbeitszeit von mehr als 40 Stunden in der Woche. Auffällig: Dies gilt für 52,4 Prozent der Männer und 40,3 Prozent der Frauen. Nur 1,5 Prozent der Befragten gehen von tariflichen 35 Stunden pro Woche aus. Regelmäßige Wochenendarbeit ist für 18,8 (20,1) Prozent kein Problem, 66,7 (66,1) Prozent können sich das „gelegentlich“ vorstellen; 9,8 (9,9) Prozent sagen, dies wäre ein Grund für sie, den Arbeitsplatz nicht anzunehmen.

Der Aussage: „Ich kann mir vorstellen, in einem Land mit niedrigeren Lebenshaltungskosten als in Deutschland zu arbeiten und entsprechend weniger zu verdienen“, stimmen 63,1 (2004: 53,9) Prozent voll und ganz oder eher zu. 13,5 (16,5) Prozent lehnen dies ab. „Stellt man diese Aussagen in Zusammenhang mit denen zur Mobilität ins Ausland, so lässt das nur einen Schluss zu: Wirtschaftliche Zwänge erhöhen die geistige Bereitschaft zur Mobilität ins Ausland deutlich, freiwillig nutzen diese Chance deutlich weniger Absolventen, selbst für Traumjobs“, sagte Sattelberger.

Einen völlig abseits des Studien-Spektrums gelegenen Arbeitsplatz können sich 60,8 (58,3) Prozent voll und ganz oder eher vorstellen, auf Ablehnung trifft dies bei 17,2 (18,9) Prozent. Bei Verlust des Arbeitsplatzes würden 10,4 (5,5) Prozent ohne jeden Einwand einen schlechter bezahlten Job annehmen, 33,6 (30,5) Prozent können sich das vorstellen, 39,3 (44,5) Prozent sagen „teils, teils“. Dieser Trend ist am stärksten bei Wirtschaftswissenschaftlern ausgeprägt und am schwächsten bei Naturwissenschaftlern. Außerdem herrscht eine wesentlich höhere Bereitschaft bei Frauen als bei Männern. Zum Vergleich: In Rumänien würden nur 23,3 Prozent der Hochschulabsolventen bei Jobverlust einen unterdurchschnittlich bezahlten Arbeitsplatz annehmen.

Familie hat hohen Stellenwert

Beim Thema Gehaltsinvest/Arbeitszeitkonten gaben 69,9 (2005:

64,8) Prozent an, sie können sich vorstellen, Teile des Gehalts für Familienzeit zu investieren, für 22,8 (26,5) Prozent hängt dies von der Höhe ab, 7,4 (8,7) Prozent lehnen dies grundsätzlich ab. Im Vergleich zum Vorjahr hat sich hier insbesondere die Haltung der Männer verändert.

Vor eine erweiterte Wahl gestellt, würden sich 19,6 (30,5) Prozent für Fortbildung, 42,8 (50,5) Prozent für Familienzeit und 37,1 Prozent für Altersvorsorge entscheiden. Vor einem Jahr hatten an dieser Stelle nur 18,3 Prozent für einen Beitrag zum vorgezogenen Renteneintritt gestimmt. Eine überwältigende Mehrheit von 88,9 (81) Prozent ist grundsätzlich bereit, bis zu 50 Stunden pro Woche zu arbeiten, um das angesparte Zeitguthaben später für Familienphase/Familienzeit zu nutzen. 11,1 (13,4) Prozent lehnen dies grundsätzlich ab. Die Angaben zwischen Männern und Frauen unterscheiden sich hier kaum.

Dazu Anderl: „Familie hat einen hohen Stellenwert. Darauf muss auch die universitäre Ausbildung reagieren und durch geeignete Studienstrukturen, wie etwa Teilzeitstudium reagieren. Entwicklungen in Richtung familienfreundliche Universitäten sind enorm wichtig geworden. Die Investitionsbereitschaft, Teile des Gehalts in Familienzeit (von 64,8 Prozent auf 69,9 Prozent) zu investieren ist gestiegen und auch die Bereitschaft, Teile des Gehaltes in Altersversorgung zu investieren, ist ausgesprochen hoch. Wir müssen aufpassen, dass der Stellenwert der Bildung nicht sinkt, insbesondere für die berufsbegleitende Fort- und Weiterbildung.“

Jobperspektive entscheidend

Bei der Auswahl des Studiengangs haben sich 70,7 Prozent der Befragten von Berufs-/ Jobperspektiven leiten lassen. Überdurchschnittlich oft nannten dies angehende Wirtschaftsinformatiker (90 Prozent), Elektrotechnik- und Maschinenbauingenieure (81 bzw. 82 Prozent) sowie Informatiker (79



Prozent). Für 37,2 Prozent waren Karrieremöglichkeiten ausschlaggebend. Hier liegen Wirtschaftswissenschaftler mit 52,7 Prozent deutlich über dem Durchschnitt. Das erwartete Gehalt nennen insgesamt 36,1 Prozent der Befragten, auffällig sind erneut überdurchschnittliche Werte für Elektrotechnik- und Maschinenbauingenieure (47,5 bzw. 48,8 Prozent). Das Studienangebot der Universität geben 24,9 Prozent, den gesellschaftlichen Status 23,1 Prozent und die Nähe der Hochschule zum Wohnort 22,2 Prozent an.

Elitehochschulen abgelehnt

Zum Thema Elitehochschulen äußerten sich (ungestützt befragt, Mehrfachnennungen möglich) 58 Prozent eher ablehnend, ein Jahr zuvor waren es in der Tendenz noch 68 Prozent. Eine positive Einstellung haben unverändert rund ein Drittel der Befragten. Die Befürworter sahen vor allem mehr Wettbewerb an den Hochschulen sowie eine positive Wirkung für internationalen Wettbewerb. Die Skeptiker meinen, das Geld solle besser für das Hochschulsystem insgesamt investiert werden. Es wird zudem befürchtet, es könnte weniger Mittel für „normale“ Hochschulen geben oder dass Elitehochschulen eine Zwei-Klassen-Gesellschaft fördern könnten. „Stünde genug Geld als Bildungsinvest für alle Hochschulen zur Verfügung, würde Elitenförderung weniger skeptisch betrachtet“, meinte Sattelberger dazu. „Man muss Breitensport wie Spitzensport betreiben, aber auch entsprechend fördern.“

Biosynthese ist manchmal effektiver als chemische Wirkstoffproduktion

Analyse der Alkaloidbiosynthese in Schlafmohn

Sylvia Pieplow, IPB

Schlafmohn (Papaver somniferum) ist eine der ältesten Medizinalpflanzen der Menschheit. Im östlichen Mittelmeerraum waren die schmerzlindernden und schlafbringenden Eigenschaften einiger Mohnarten schon im 14. Jahrhundert vor Christus bekannt. Damals wie heute werden die Wirkstoffe aus dem Milchsaft (Latex) gewonnen, der aus den reifenden Samenkapseln austritt, wenn man sie anritzt. Der Latex enthält etwa 80 verschiedene Substanzen, die man der großen Stoffgruppe der Alkaloide zuordnet.

Alkaloide sind natürliche stickstoffhaltige Substanzen, die etwa 20 Prozent aller Pflanzenarten produzieren. Viele von ihnen haben spezifische Wirkungen auf den menschlichen Organismus, die sie für Arzneimittel oder deren Vorstufen prädestinieren. Morphin und Codein sind die bekanntesten Vertreter der Schlafmohnalkaloide.

Pflanzliche Sekundärstoffe

Alkaloide sind Produkte des pflanzlichen Sekundärstoffwechsels, zu denen eine Vielzahl an Farb-, Geruchs- und Geschmacksstoffen, pharmakologisch wirksamen Substanzen, Antibiotika, Herbiziden und Insektiziden gehören. Sekundärstoffe weisen eine enorme strukturelle Vielfalt auf und sind im Pflanzenreich weit verbreitet. Oftmals bilden bestimmte Pflanzenarten auch ein definiertes Spektrum an speziellen Naturstoffen. Für Wachstum und Entwicklung der Pflanzen sind diese Stoffe entbehrlich, aber für die Fitness der Organismen im evolutionären Konkurrenzkampf spielen sie offenbar eine wichtige Rolle. Bestimmte Substanzen locken beispielsweise Insekten an oder wehren Fraßfeinde und Krankheitserreger ab. Welche Funktion sie im Einzelnen für die jeweilige Pflanze haben, ist für die meisten dieser biologisch aktiven Naturstoffe noch gar nicht erforscht. Etwa 200 000 Sekundärstoffe – das ist nur ein Bruchteil der vermuteten – sind bisher isoliert und in ihrer chemischen Struktur aufgeklärt.

200 Jahre Morphin

Die Entdeckung des Morphins hat in diesem Jahr ihr 200-jähriges Jubiläum. Die chemische Struktur des Stoffes wurde erstmals 1806 von dem deutschen Apotheker Friedrich Sertürner beschrieben, der die Substanz nach Morpheus, dem griechischen Gott der Träume, benannte. Morphin ist eines der stärksten bekannten natürlichen Schmerzmittel. Im Gegensatz zu vielen anderen Analgetika weist es keinen „Ceiling Effekt“ auf, d.h. auch nach längerer Anwendung kann man eine Wirkungssteigerung durch eine Erhöhung der Dosis erzielen. Deshalb ist Morphin trotz seines hohen Suchtpotentials bei schweren schmerzhaften Erkrankungen das bevorzugte Schmerzmittel.

Die Produktion des Wirkstoffes auf chemischem Wege ist aufwendig und bringt nur geringe Ausbeuten. Deshalb gewinnt man das Schmerzmittel heute wie vor tausend Jahren direkt aus der Pflanze. Der getrocknete Latex (Rohopium) enthält jedoch weniger als zehn Prozent Morphin. Um den steigenden Bedarf an Morphin zu decken, müssen neue, reichhaltigere und kostengünstigere Wirkstoffquellen erschlossen werden. Schlafmohnpflanzen mit künstlich gesteigerter Morphinproduktion wären zunächst eine gute Alternative.

Biosynthesen manipulieren

„Die einzelnen Syntheseschritte und die beteiligten Enzyme der pflanzlichen Morphinproduktion sind uns bekannt. Die Biosynthese ist sehr komplex und weist mehrere Verzweigungen auf“, weiß Frau Professor Toni M. Kutchan. Die Leiterin der Abteilung Naturstoff-Biotechnologie wird Anfang April das Leibniz-Institut für Pflanzenbiochemie (IPB) in Halle verlassen und einem Ruf an das Donald Danforth Plant Science Center in Saint Louis folgen und dort ihre For-

schungen weiterführen. „Um die Morphinproduktion in der Pflanze zu steigern, haben wir versucht, die Nebenwege zu blockieren, sodass alle Stoffwechselenergie in den Hauptweg hin zum gewünschten Endprodukt Morphin fließt“ erläutert Kutchan die Grundidee des Projektes. Dafür haben die Pflanzenforscher des IPB die Gene für die entsprechenden Enzyme in ihrer Aktivität blockiert. So entstanden transgene Mohnpflanzen, in denen die Schlüsselenzyme für die Verzweigungspunkte nur noch in verschwindend geringer Menge vorhanden waren. Diese Pflanzen – so die Erwartung – sollten auf Kosten der Nebenprodukte einen höheren Morphinanteil aufweisen, als die Wildtyppflanzen. Leider zeigten die transgenen Mohnpflanzen zwar eine gesteigerte Produktion der Zwischenprodukte, aber der Anteil von Morphin im Alkaloidgemisch war nicht wesentlich erhöht.

Die Synthese in ihren Einzelschritten zu kennen, reicht deshalb nicht aus, um sie nachhaltig zu beeinflussen. Man muss auch verstehen, wie sie reguliert wird. So haben die Wissenschaftler im Laufe des Projektes die Erfahrung gemacht, dass der Wirkstoffgehalt, je nach Anzuchtbedingungen auch bei Pflanzen der gleichen Sorte variieren kann.

Die Wirkstoffsynthese ist also kein starrer Prozess, der einmal aktiviert wird und dann immer abläuft. Vielmehr können alle seine Komponenten, alle Teilreaktionen und beteiligten Gene je nach Bedarf aktiviert oder stillgelegt werden. So kommt es zu einem fein balancierten Stoffwechselsystem, das sehr sensibel auf sich ändernde Umweltbedingungen reagiert. Eine Störung dieses Gleichgewichts durch die Blockade bestimmter Gene kann daher unvorhersehbare Folgen haben. Welche Gene wann, wie und

warum angeschaltet werden, sind daher ganz zentrale Fragen des Projekts. Nach neuesten Erkenntnissen der Forschung am IPB spielt auch der Ort der Genaktivierung eine Rolle. Demnach kommt es kurz vor Schluss der Synthese zu einer Verlagerung des Reaktionsgeschehens von den Gefäßzellen in die Milchsaftzellen der Pflanze. Die Vorstufen des Morphins müssen also zwischen den Zellen transportiert werden. Die finalen Synthesenzyme werden hingegen nur in den Latexzellen benötigt und ihre Gene wahrscheinlich auch nur dort aktiviert.

Dynamische Wirkstoffsynthese

Für eine funktionierende dynamische Synthese werden also unterschiedliche Gene zu unterschiedlichen Zeitpunkten in unterschiedlichen Zellen angeschaltet. Weitere Regulationsmechanismen, die sich aus dem Transport der Stoffe oder der Veränderung der Umweltbedingungen ergeben machen das Geflecht aus Aktion und Reaktion engmaschig und kompliziert. Neben den anwendungsorientierten Aspekten ergeben sich aus der Erforschung der Alkaloidbiosynthese in Schlafmohn weitere interessante Fragestellungen,

genereller und grundlegender Natur. Die wichtigste ist: Warum produzieren Schlafmohnpflanzen überhaupt Morphin? Warum setzen sie so viel ihrer Stoffwechsellenergie für dieses komplizierte Synthesenetzwerk und die Produktion von so vielen verschiedenen Stoffen ein? Welchen Sinn diese Substanzen für den pflanzlichen Organismus machen, ist für Mohn noch nicht hinreichend geklärt. Der Fakt, dass sie sich in der Kapsel anreichern, die den Samen schützend umgibt, könnte für einen Schutz vor Fraßfeinden sprechen.

Online-Gewinnspiel vom Forschungszentrum Karlsruhe

Mit 18 Fragen die Wissenschaft entdecken

Justus Hartlieb, FZK

Mit einem großen Online-Gewinnspiel aus Anlass seines 50-jährigen Bestehens bringt das Forschungszentrum Karlsruhe das Thema Forschung in die Wohnzimmer. Unter der Webadresse www.fzkwiss.de können Wissenschafts- und Technikinteressierte jeden Alters mit viel Spaß die Wissenschaft entdecken und dabei attraktive Sachpreise gewinnen. Freigeschaltet ist FZKWISS vom 1. März bis zum 4. September 2006.

FZKWISS wird in den Stufen „Junior“ (für Jugendliche bis einschließlich 16 Jahren) und „Standard“ gespielt. Pro Spielrunde müssen 18 von jeweils 3000 Fragen in den Kategorien Physik und Chemie, Biologie und Medizin, Technik und Informatik sowie Wissen allgemein beantwortet werden. Die erreichten Punkte werden in eine „Hall of Fame“ eingetragen. So erhöhen sich mit jedem Spiel die Gewinnchancen auf einen der Hauptpreise.

Die Fragen für das Online-Quiz wurden von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Forschungszentrums zusammengestellt und

in sechs Schwierigkeitsstufen angeordnet. FZKWISS ist damit eines der landesweit größten nicht-kommerziellen Wissensspiele. Sein Anliegen ist es, bundesweit Begeisterung zu wecken für die Welt des Forschens und Entdeckens. Die attraktiven Sachpreise werden von Sponsoren zur Verfügung gestellt.

FZKWISS ist eine Initiative im Rahmen des umfangreichen Jubiläumsprogramms des Forschungszentrums Karlsruhe. Die Sieger in den verschiedenen Kategorien des Spiels werden beim großen Besuchertag des Forschungszentrums am 23. September 2006 ausgezeichnet.

Am 19. Juli 1956 unterzeichnete der damalige Bundesminister für Atomfragen Franz Josef Strauß den Gründungsvertrag für die „Kernreaktor Bau- und Betriebs-gesellschaft“. Gründungsaufgabe war es, den ersten deutschen Forschungsreaktor zu bauen. In der Folge entstand ein einzigartiges Know-how-Zentrum für die damals in der Bundesrepublik noch junge Kerntechnologie. In den 80-er Jahren wurden die Weichen für eine Neuorientierung gestellt: Aus dem bestehenden Wissen wurde Neues entwickelt, mit klarer Ausrichtung auf die Technologien der Zukunft.

Heute ist das Forschungszentrum Karlsruhe eine der größten natur- und ingenieurwissenschaftlich ausgerichteten Forschungseinrichtungen Europas und ein Garant für den Forschungsstandort Deutschland. Geforscht und entwickelt wird in den Bereichen Energie, Schlüsseltechnologien, Erde und Umwelt, Struktur der Materie und Gesundheit.

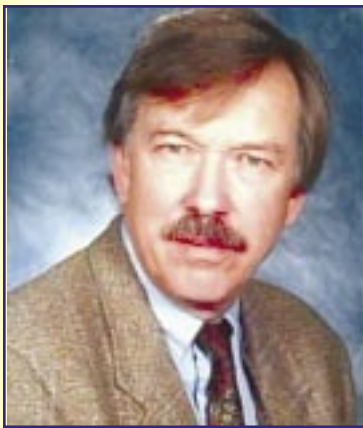
Das Forschungszentrum Karlsruhe ist Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft, die mit ihren 15 Forschungszentren und einem Jahresbudget von rund 2,1 Milliarden Euro die größte Wissenschaftsorganisation Deutschlands ist. Die insgesamt 24 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Helmholtz-Gemeinschaft forschen in den Bereichen Struktur der Materie, Erde und Umwelt, Verkehr und Welt-raum, Gesundheit, Energie sowie Schlüsseltechnologien.

Der Eingang zu FZKWISS, dem Online-Gewinnspiel des Forschungszentrums Karlsruhe anlässlich seines 50-jährigen Bestehens: www.fzkwiss.de.



Wissenschaft, Kultur und Ethik für eine menschliche Zukunft Käsefondue-Workshop für integrales Denken

Gehört zu den Organisatoren: der Bayreuther Lehrstuhlinhaber für Umweltchemie und Ökotoxikologie, Prof. Dr. Hartmut Frank (Foto: UBT).



Um integrales Denken und Handeln in Wissenschaft, Kunst, Philosophie und Religion als wichtige Voraussetzungen für nachhaltige Entwicklung es bei dem bei Ostritz/Neisse an der deutsch-polnischen Grenze stattfindenden viertägigen „Cheesefondue Workshop

I“, der von dem Bayreuther Lehrstuhlinhaber für Umweltchemie und Ökotoxikologie, Professor Dr. Hartmut Frank, mitorganisiert wurde.

Weitere Organisatoren und Teilnehmer sind

etwa Zdzislaw Chilmonczyk vom Polnischen Nationalen Gesundheitsinstitut in Warschau, Maik Hosang, Philosoph an der Berliner Humboldt-Universität und Schüler Rudolf Bahros, Nelson Junges, Franziskanischer Theologe aus Porto Alegre in Brasilien. Weitere Teilnehmer sind z.B. Eduard Brunner, Musiker und Professor für Klarinette an der Musikhochschule des Saarlandes, der Chemiker und Schriftsteller Carl Djerassi von der Stanford Universität (USA), Richard Ernst, ETH Zürich, Nobelpreisträger für Chemie von 1991 und Oystein Hov, Forschungsdirektor des Norwegischen Meteorologischen Instituts in Oslo.

Die Initiatoren und Teilnehmer des Treffens mit dem Untertitel „Science, Culture and Ethics for a Human Future“ (Wissenschaft,

Kultur und Ethik für eine menschliche Zukunft), sind der Überzeugung, dass integrales Denken und Handeln in Wissenschaft, Kunst, Philosophie und Religion wichtige Voraussetzungen für nachhaltige Entwicklung sind. Besonders die einsetzende globale Ressourcen-Verknappung wird nach Einschätzung der Organisatoren nur durch verstärkte Kooperation aller nationalen, kulturellen und religiös-weltanschaulichen Grenzen hinweg gemeistert werden können. Der Workshop will diese in Europa in Wissenschaft und Kunst jahrhundertelange Tradition wiederbeleben. Der folgende 2. Workshop wird unter Beteiligung des „Welt-Ethik-Forums“ vom 3.-7. September 2006 im Bildungswerk Kloster Banz bei Lichtenfels stattfinden.

Broschüre informiert über Nutzung und Perspektiven Naturfaserverstärkte Kunststoffe

Barbara Wenig

Mit einer Infobroschüre will die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) e.V. jetzt über Naturfasern in

Verbundwerkstoffen informieren. Denn der Verbraucher weiß viel zu wenig über die Qualitäten von Flachs oder Hanf für den Automobilbau. Die Industrie dagegen hat die leichten und stabilen Naturfasern im Kontext stei-

gender Kunstfaserpreise schon für neue Anwendungen ins Auge gefasst.

Ob Türinnenverkleidung, Reserveradmulde oder Hutablage – durchschnittlich rund dreieinhalb Kilogramm Flachs oder Hanf stecken in jedem PKW. Dazu kommen noch größere Mengen Baumwolle oder Holzfasern. Was der Verbraucher aufgrund der Lackierung oder Kaschierung nicht sehen kann, hat nicht nur ökologische Gründe. Pflanzliche Fasern sind leicht, biegsam und stabil. Kommt es zum Bruch, splintern mit Pflanzenfasern verstärkte Kunststoffe kaum.

Bei der Verarbeitung lernte die Industrie in den letzten Jahren erheblich dazu. Wurden zunächst vor allem Natur- und Polypropylenfasern zu einem Nadelfilz verarbeitet, erhitzt und in die ge-

wünschte Form gepresst, gibt es jetzt auch Naturfasergranulat für die Verarbeitung im Spritzguss. Der Baubereich setzt mittlerweile auf WPC (Wood-Plastic-Composites) für Bodenbeläge, Geländer oder Fensterrahmen. Tablets oder Koffer aus naturfaserverstärkten Kunststoffen (NFK) gibt es bereits, Verkleidungsteile für die Gondeln von Windkraftanlagen sind in der Entwicklung. Die Matrix, die die Fasern ummantelnde Masse, muss dabei nicht zwangsläufig aus Erdöl sein. Mischungen aus pflanzlichen Ölen und Harzen tun es auch, wie ein Bioverbundkanu beweist.

Interessierte können die Broschüre „Naturfaserverstärkte Kunststoffe“ kostenlos unter www.fnr.de Stichwort „Literatur“ bestellen. Sie ist in der Reihe „Pflanzen-Rohstoffe-Produkte“ erschienen.



VDI-Studie zu Hochschulangeboten Nanotechnologie im Überblick

Eine Übersicht zu Hochschulangeboten im Bereich Nanotechnologie bietet eine Studie, die das VDI Technologiezentrum im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) vorlegt.

Die Publikation schafft Transparenz hinsichtlich der Lehrsituation im Bereich Nanotechnologie an deutschen Hochschulen. Schüler, die sich für ein Studium dieser Zukunftstechnologie interessieren, erhalten ebenso eine Orientierung wie Studenten, die nanotechnolo-

gische Akzente im Hauptstudium setzen wollen. Neben einer Analyse des akademischen Bildungsangebotes werden Angebote zur Nanotechnologie mit Ansprechpartnern und Schwerpunkten in der Lehre regional differenziert dokumentiert. Insgesamt haben sich 210 Hochschullehrer an der Befragung beteiligt. Die regionale Verteilung der Angebote zeigt eine Dominanz in Nordrhein-Westfalen und Hessen.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind Angebote im Bereich Nanotechnologie an Universitäten weitaus stärker ausgeprägt als an Fachhochschulen. Nach eigenen Angaben vermitteln in der universitären Lehre bereits 135 Professoren nanotechnologische Inhalte, wengleich mit unterschiedlicher Intensität. Eigenständige Studiengänge zur Nanotechnologie sind noch eher die Ausnahme.

Die Studie „Hochschulangebote im Bereich Nanotechnologie“ erscheint als Band 59 der Reihe „Zukünftige Technologien“ (www.vdi.de/vdi/organisation/schnellwahl/techno/arbeitsgebiete/zukunft/12369/index.php).



Der erste Eindruck zählt auch im Berufsleben Geschäftlicher Online-Knigge

Richtiges Begrüßen, gute Tischmanieren, anlassbezogene Kleidung oder allgemein das angemessene Benehmen im beruflichen Alltag sind nicht selten ausschlaggebend für positive Berufschancen. Deshalb bietet jetzt das sächsische Partnerprojekt „Bildungsforum Südwestsachsen“ einen Online-Kurs für das richtige Verhalten im Berufsleben.

Der Kurs ist ähnlich eines geschäftlichen Tagesablaufs strukturiert und bietet sechs auf-

gabenbezogene Lektionen. Diese behandeln die Bereiche Meeting, Firmenfeier, Geschäftspost, Geschäftsessen, Berufskleidung und Empfang. Im Text befinden sich Verknüpfungen, in denen Themen vertieft werden.

Der „Online-Knigge“ kann auch als Nachschlagewerk genutzt werden. Hilfreich sind dabei Literaturangaben und weiterführende Links. Der Online-Ratgeber im Internet: www.tu-chemnitz.de/phil/ebbw/bf/bf_elearning/3/index.html.

Aus der Bildungslandschaft

- Bei dem **Weiterbildungsstudiengang** „Wasser und Umwelt“ der Uni Hannover handelt es sich um ein berufsbegleitendes Fernstudium mit Präsenzphasen. Neben Pflichtkursen, etwa zum Thema „Die ökologische Bewertung von Fließgewässern, Naturprozesse und ihre Modellierung, Planung und Genehmigung“ werden Kurse in den Schwerpunktrichtungen „Umwelttechnologie“ oder „Gewässerentwicklung und Wassermengenbewirtschaftung“ angeboten (www.wbbau.uni-hannover.de).
- Ein neu ausgeschriebenes Stipendium ermöglicht Studierenden, ab September 2006 ein Gasttrimester (**Study Abroad**) an der im australischen Queensland gelegenen Bond University zu verbringen. Das Stipendium steht deutschen, österreichischen und schweizerischen Studierenden aller Fachrichtungen offen und umfasst die Studiengebühren im Wert von AUD 9070. Bewerbungsschluss ist der 01. August 2006 (www.ranke-heinemann.de).
- Die **KinderUni** der Johannes Gutenberg-Universität Mainz öffnet wieder die Türen für ein neues „Studienjahr“. Von März bis Dezember 2006 bieten zehn Vorlesungen den jungen Nachwuchswissenschaftlern im Alter von acht bis zwölf Jahren einen Einblick in die Welt der Wissenschaften. Thematisch widmet sich die nunmehr dritte KinderUni-Vorlesungsrunde den vier Elementen der Alchemie: Feuer, Wasser, Erde und Luft. Warum brechen Vulkane aus? Wie funktioniert Wasser? Wo versteckt sich Nemo? Was machen Roboter auf dem Mars? Wie kommt der Sauerstoff ins Blut?
- Für den Studiengang „**Chemie mit Materialwissenschaften**“ bietet die Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg naturwissenschaftlich interessierten Schülern ab 16 Jahren in den Osterferien ein zweitägiges Schnupperstudium am Campus Rheinbach an. Für das Probestudium gibt es zwei Termine: Dienstag und Mittwoch, 18./19. April 2006, alternativ Donnerstag und Freitag, 20./21. April 2006, jeweils von 10 bis 16 Uhr. Anmeldungen sind bis Freitag, 7. April 2006, möglich bei Astrid Baal, Telefon 02241/ 865-510, E-Mail: schnupperstudium@fh-brs.de.
- Willkommen im „**Wunderland Physik**“: Im neuen Schülerlabor an der Technischen Uni Chemnitz erhalten Schüler Einblick in naturwissenschaftliche Phänomene (www.tu-chemnitz.de/physik/S_Labor/).
- SinnTec schult den Sinn für Technik: Im Schülerlabor an der SaarUni dreht sich alles um **technische Sinnesorgane**: Mikrosensoren befinden sich in vielen Alltagsgegenständen, ohne dass uns dies eigentlich bewusst ist (<http://www.mechatronik.uni-saarland.de/sinn-tec/>).
- Spezielle **Studiengänge für Frauen** gibt es an der Fachhochschule Wilhelmshaven, der Hochschule Bremen sowie den Fachhochschulen in Stralsund und in Furtwangen.

Elemente und ihre Darstellung und Gewinnung

Die dritte Hauptgruppe – es kann mehr als eine Antwort richtig sein

1 Welche Elemente gehören zur dritten Hauptgruppe?

- A Aluminium
- B Beryllium
- C Bor
- D Gallium
- E Germanium

2 In welcher Form findet man Bor in der Natur?

- A Als Kernit
- B Als Turmalin
- C Als amorphes Bor
- D Als Borax
- E Als Borsäure

3 Wie erhält man kristallines Bor?

- A Durch Erhitzen von amorphem Bor auf 1400 Grad Celsius.
- B Durch die Reduktion von Bortrioxid mit Magnesiumpulver.
- C Durch Reduktion von Borchlorid durch Wasserstoff am heißen Wolframdraht.
- D Durch thermische Zersetzung des Hydrids Diboran.
- E Durch Schmelzflusselektrolyse von Borsäure.

4 In der Erdkruste ist Aluminium

- A das häufigste Metall.
- B das zweithäufigste Halbmetall.
- C das dritthäufigste Element.
- D das vierthäufigste Oxid.
- E das seltenste Leichtmetall.

5 Aluminium liegt in der Erdkruste hauptsächlich

- A gediegen vor.
- B als oxidische Verbindung vor.
- C als Doppelsalz vor.
- D als Isotopengemisch vor.
- E dreiwertig vor.

6 Bei welchen Mineralien handelt es sich um wichtige Aluminiumverbindungen?

- A Feldspäte
- B Glimmer
- C Tone
- D Korund
- E Bauxit

7 Welche Reaktionsgleichung zeigt eine Möglichkeit zur Aluminiumdarstellung?

- A $\text{AlCl}_3 + 3 \text{K} \rightarrow \text{Al} + 3 \text{KCl}$
- B Aluminiumoxid \rightarrow Aluminium + Sauerstoff
- C Aluminiumfolie (abwickeln) \rightarrow Aluminium + Folie
- D Aluminiumhydroxid \rightarrow Aluminium + Wasser
- E Aluminiumsilicat \rightarrow Aluminium + Sand

8 Welche Spannung legt man zur Schmelzflusselektrolyse beim Kryolith-Tonerde-Verfahren an?

- A ca. minus 1,6 Volt
- B ca. plus 3,5 Volt
- C ca. plus 3,0 Volt
- D ca. minus 3,0 Volt
- E ca. plus 1,5 Volt

9 Wie lautet die Formel für Kryolith?

- A LiAlF_4
- B Na_2LiCl_3
- C Na_3AlF_6
- D $\text{Na}_3\text{AlF}_3\text{Cl}_3$
- E LiCl

10 Warum mischt man zur Schmelzflusselektrolyse das Aluminiumoxid mit Kryolith?

- A Damit die Dichte der Schmelze geringer wird.
- B Der Natriumanteil erhöht die Dichte der Schmelze.
- C Der Fluoranteil verringert die zur Elektrolyse nötige Spannung.
- D Das eutektische Gemisch weist eine sehr niedrige Schmelztemperatur auf.
- E Damit das Aluminium leichter schmelzen kann.

11 Welches Paar von Schmelztemperatur und Dichte der Schmelze ist richtig?

peratur und Dichte der Schmelze ist richtig?

- A Al: 660 °C – 2,35 g/cm³
- B Al₂O₃: 204 °C – 2,55 g/cm³
- C Kryolith/Aluminiumoxid: 935 °C – 2,15 g/cm³
- D Kryolith: 2017 °C – 1,98 g/cm³

12 Welcher Stoff zeigt eine Dichteanomalie, hat also in flüssigem Zustand eine höhere Dichte als in festem?

- A Antimon
- B Aluminiumoxid
- C Gallium
- D Wasser
- E Silicium

13 Wie kommt Gallium in der Natur vorwiegend vor?

- A Als gediegenes Metall.
- B Im Erz Bauxit.
- C In der schwarzen Zinkblende.
- D Im Mineral Germanit.
- E Als Aluminium-Legierung.

14 Wo kann man Indium finden?

- A Im Mobiltelefon.
- B In Zinkblende.
- C Im Schreibtischstuhl.
- D In russischen Flusssanden.
- E In Kupfererzen.

15 Mit welchen Elementen kommt Thallium in Verbindungen oder vergesellschaftet vor?

- A Arsen
- B Chlor
- C Kupfer
- D Sauerstoff
- E Schwefel

16 Welche Eigenschaft nimmt in der „Borgruppe“ vom Bor zum Thallium hin ab?

- A Die Dichte.
- B Der Schmelzpunkt.
- C Der Siedepunkt.
- D Der Ionenradius.
- E Die Elektronegativität.
- F Die generelle Beständigkeit der einwertigen Verbindungen.
- G Die generelle Beständigkeit der dreiwertigen Verbindungen.
- H Der Salzcharakter der Chloride.

Lösungen zu Seite M16 (CLB 02/2006):

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

(Alle Lösungen zu Seite M24 finden Sie in CLB 04/2006 sowie auf www.clb.de)

den. Und da die positiven Protonen sich natürlich zu den negativen Elektronen hingezogen fühlen, werden auch sie aneinander gebunden. Beide Protonen teilen also ihre „Zuneigung“ zu beiden Elektronen. Analogien zu entsprechend bei komplexeren Wesen anzutreffenden Verhältnissen sind nicht zufällig! Es kommt sogar vor, dass durch Stoßprozesse ein H_2 -Ion, also ein Molekül-Ion, entsteht. Hierbei teilen sich beide Protonen ein einziges Elektron. Vermutlich haben viele Leser auch von solchen Verhältnissen schon gehört.

Natürlich hatten Dichter für so etwas schon immer ein besonderes Gespür. So finden wir z.B. bei Wilhelm Busch die Verse:

Sag Atome, sage Stäubchen,
Sind sie doch unendlich klein,
Haben sie doch ihre Leibchen
Und die Neigung, dazusein.

Haben sie auch keine Köpfchen,
Sind sie doch voll Eigensinn.
Trotzig spricht das Zwerggeschöpfchen:
„Ich will sein, so wie ich bin!“

2 Entropie, Information und Definition der Lust

In Abschnitt 1 wurde versucht, klar zu machen, dass die Lust von hochkomplexen Gebilden wie z.B. den Lebewesen bis zu sehr einfachen Dingen, etwa den Wasserstoffatomen, eine wichtige Rolle spielt. Eine so herausragende Größe sollte quantitativ erfassbar sein. Wie dies möglich ist, soll im folgenden gezeigt werden. Hierbei wird eine Verknüpfung mit Größen, die Physikern und Chemikern altvertraut sind, nämlich der Entropie und der Information hergestellt. Allerdings kommen wir hierbei nicht ganz ohne ein paar Grundkenntnisse in Physik und ein wenig Logarithmenrechnung aus. Lesern, denen diese Dinge nicht mehr geläufig sind, wird empfohlen, die Abschnitte 2.2 bis 2.3.1.2 einfach nur „diagonal“ zu lesen.

2.1 Energie und Entropie

Wir schwimmen sozusagen in einem Meer von Energie, die in der uns umgebenden Materie enthalten ist. Beispielsweise schwingen die elementaren Bausteine aller festen Körper um ihre jeweiligen Gleichgewichtslagen, sie enthalten also Schwingungsenergie. Die Moleküle aller Gase, z.B. in der Luft, sausen durch die Gegend, wobei sie ständig miteinander zusammen stoßen und die meisten von ihnen rotieren dabei auch noch um sich selbst. Die Gasmoleküle enthalten also kinetische Translations- und Rotationsenergie.

Leider haben wir nichts davon! Denn die auf die vielen Teilchen entfallende Energie ist im Allgemeinen so gleichmäßig verteilt, dass es nicht gelingt, diese Quelle irgendwo anzuzapfen. Bezüglich der Energie sind nirgendwo irgend welche Strukturen auszumachen. Überall herrscht deswegen auch die gleiche Temperatur. Diesen höchst langweiligen Zustand nennt man gelegentlich auch „ideale Unordnung“.

Man kann jedoch eine gewisse Ordnung erzeugen, wenn man z.B. ein Teilvolumen auf eine höhere Temperatur bringt. Man denke beispielsweise an das Innere der Zylinder eines Motors. Erwärmt man das in ihnen enthaltene Gas durch Verbrennung eines Kraftstoff-Luft-Gemisches, so kommt Bewegung in die Sache. Jetzt kann man einen Teil der zugeführten Wärme in nützliche mechanische Bewegungsenergie umwandeln.

Sollte die höhere Temperatur die in dem oben beschriebenen Teilvolumen enthaltene Energie wertvoller gemacht haben? Genau dies ist der Fall. Und es hat sich als zweckmäßig erwiesen, die mit einer bestimmten Energiemenge W verknüpfte absolute Temperatur als „Wert der Energie“ anzusehen. Es gilt also

die Definition: absolute Temperatur T = Wert der Energie.

Bezieht man den Wert T auf die zugehörige Energiemenge W , so erhält man eine Größe Ω , die nach dem oben gesagten auch etwas über den Ordnungszustand aussagt. Wir vereinbaren deshalb eine weitere

Definition: Ordnungsgrad = energiebezogener Wert = Wert der Energie / Energiemenge

$$\Omega = \frac{T}{W} \quad (3)$$

Der Kehrwert hiervon beschreibt konsequenterweise den Grad der Unordnung, den man seit R. J. Clausius (1822 bis 1888) mit dem etwas geheimnisvoll klingenden Namen „Entropie“ bezeichnet. Es gilt:

Unordnungsgrad = Entropie = Energiemenge / Wert der Energie

$$\frac{1}{\Omega} = S = \frac{W}{T} \quad (4)$$

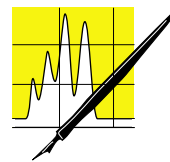
Daraus folgt schließlich noch:

$$T = \frac{W}{S} \quad (5)$$

Besonders die letzte Gleichung kann man sich plausibel machen, wenn man sich die Entropie als eine mengenartige Größe vorstellt, die neben der Energie in einem System „enthalten“ ist und diese sozusagen „verdünnt“ und damit entwertet. Denn der Wert der Energie W ist ja umso kleiner, je mehr Unordnung, d.h. je mehr Entropie S ; sie „enthält“. Es gibt deswegen auch verschieden wertvolle Energiearten, je nach der Temperatur, die das System hat, welches die Energie enthält, oder die man mit letzterer produzieren kann. So lassen sich mit elektrischer Energie nahezu beliebig hohe Temperaturwerte erzeugen – in den Apparaturen für die Kernfusion z.B. 10^8 Kelvin – sodass ihr Wert fast unendlich hoch ist. Da man mechanische Energie fast vollständig in elektrische Energie umwandeln kann, ist diese genauso wertvoll. Hingegen lassen sich bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe höchstens Temperaturen knapp unter 5000 Kelvin erreichen. Diese Energievorräte sind also deutlich weniger wert. Dies merkt man auch an den Preisen: 1 Kilowattstunde aus elektrischer Energie ist, nach Abzug von Steuern, etwa 2,5 mal so teuer wie diejenige aus Öl oder Erdgas.

Für beide Größen, Energie und Entropie, gibt es bekanntlich Hauptsätze:

Für die *Energie* gilt der



AUFSÄTZE

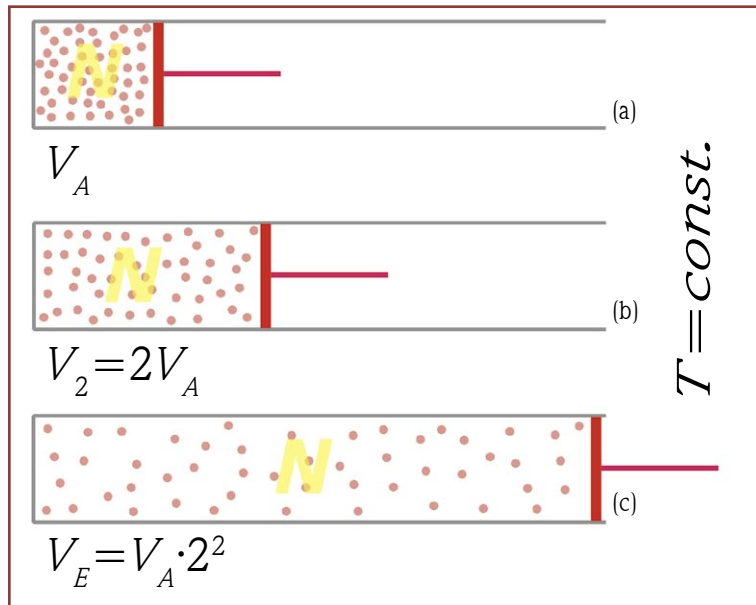


Abbildung 4: Das Volumen eines Gases, das N Moleküle enthält, wird bei konstanter Temperatur 2mal verdoppelt (a) und (b). Hierbei nimmt der Druck auf ein Viertel seines Anfangswertes ab. Mit

$$p = \frac{NkT}{V}$$

wird allgemein die Arbeit

$$W = \int_{V_A}^{V_E} p dV = \int_{V_A}^{V_E} \frac{NkT}{V} dV = NkT \ln \frac{V_E}{V_A}$$

geleistet. Damit die Temperatur konstant bleibt, muss diese Arbeit als Wärme von außen zugeführt werden (Grafik: RK).

* allerdings gibt es die Äquivalenz von Masse und Energie nach der berühmten Gleichung $E=mc^2$ (gilt auch umgekehrt).

1. Hauptsatz der Thermodynamik : Energie kann weder aus dem Nichts erzeugt noch kann sie vernichtet werden.*

Sie kann zwar von einer Energieform in eine andere verwandelt werden, z.B. elektrische in mechanische Energie, ihr Betrag bleibt aber unter allen Umständen erhalten. Deswegen heißt der 1. Hauptsatz auch „Satz von der Erhaltung der Energie“.

Für die Entropie gilt der

2. Hauptsatz der Thermodynamik : Entropie kann nicht vernichtet, aber erzeugt werden.

Soll in einem System die Entropie vermindert werden, so gelingt dies nur durch Zufuhr entropiearmer Energie von außen und Abfuhr entropiereicher Energie.

Anschaulich bedeutet dies, dass in einem System im allgemeinen „von selbst“ die Unordnung zunimmt und nur unter Arbeitsaufwand wieder verringert werden kann. Man denke nur an die Oberfläche eines Schreibtisches! Und Lernende wissen, dass sie nur durch Arbeit den Ordnungszustand in ihrem Gehirn vergrößern können. Der berühmte „Nürnberger Trichter“ wäre also ein Verstoß gegen den zweiten Hauptsatz.

2.2. Information und Entropie

Bekanntlich hat es sich als zweckmäßig erwiesen, den Informationsgehalt einer Nachricht, aber auch den des

Bauplanes eines komplexen Systems, durch die Zahl der zu seiner Darstellung notwendigen Alternativ-Entscheidungen (ja-nein, entweder-oder u. dergl.) anzugeben. Die kleinste Einheit ist hierbei natürlich eine einzige Alternativ-Entscheidung, die man zweckmäßigerweise im binären Zahlensystem mit 0 und 1 bezeichnet und mit dem Namen „bit“ benennt, was soviel wie „Binärziffer“ bedeutet und eine Abkürzung von „binary digit“ ist.

Um $Z=2^n$ einzelne Zeichen voneinander unterscheiden zu können, benötigt man n Entscheidungen gleich n bit. Damit ergibt sich der Zusammenhang zwischen den Z Zeichen einer Nachricht und der Information I unter Benutzung des Zweier-Logarithmus, des „Logarithmus dualis“, ld , – er ist nichts anderes als die Hochzahl zur Basis 2 – :

$$I = \text{ld} Z = \text{ld} 2^n = n \text{ bit} .$$

Nun ist Z nicht immer eine Zahl, die sich als Potenz zur Basis 2 ausdrücken lässt. Es kann deshalb häufig passieren, dass n keine ganze Zahl ist, so ist $\text{ld} 9 = 3,17$. Da jedoch keine nicht-ganzzahligen Ja-nein-Entscheidungen denkbar sind, erhöht sich die Zahl der nötigen Entscheidungen auf den nächsthöheren ganzzahligen Wert im obigen Beispiel auf 4. Es gibt also nur eine ganze Zahl von bits.

In den Speichern der Computer wird ein bit beispielsweise durch einen „Ein- oder Aus-Zustand“ eines elektronischen „Schalters“ oder auch durch die Alternativen „magnetisiert – nichtmagnetisiert“ realisiert.

Es leuchtet unmittelbar ein, dass gespeicherte Information offensichtlich etwas mit Ordnung und dadurch auch mit Unordnung zu tun hat. Wir wollen dies an einem einfachen Beispiel klar machen (Abbildung 4):

N Moleküle eines (idealen) Gases seien zunächst im Volumen V_A eines Gefäßes mit verschiebbarem Kolben eingeschlossen (a). Wir verdoppeln nun bei konstanter Temperatur T das Volumen (b). Da wir danach nicht mehr wissen, ob sich die Moleküle in der linken oder rechten Hälfte des Volumens $V_2 = 2V_A$ befinden, haben wir pro Molekül 1 bit an Information verloren, bei N Molekülen also N bit. Diese Volumenverdoppelung machen wir n mal, sodass das Endvolumen $V_E = V_A 2^n$ ist. Bei jeder Verdoppelung verlieren wir jeweils N bit Information, insgesamt also:

$$-\Delta I = nN \text{bit} = nN \text{ld} 2 = nN \text{ld} 2^n = N \text{ld} \frac{V_E}{V_A}$$

Wir betrachten den obigen Prozess jetzt thermodynamisch: Bei konstanter Temperatur T handelt es sich um eine „isotherme Expansion“. Bei der Volumenvergrößerung wird die Ausdehnungsarbeit:

$$W = kN \ln \frac{V_E}{V_A} \quad (7)$$

geleistet (6). k ist hierbei die „Boltzmann-Konstante“ mit dem Betrag $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K, sozusagen die natürliche Einheit der Entropie (L. Boltzmann, 1844 bis 1906). Um die Temperatur T konstant zu halten, muss wegen des Satzes von der Erhaltung der Energie soviel Wärme ΔQ zugeführt werden, wie als Ausdehnungsarbeit abgegeben wird, also

$$\Delta Q = kNT \ln \frac{V_E}{V_A} \quad (8)$$

Dadurch wird aber auch die Entropie um

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T} = kN \ln \frac{V_E}{V_A} \quad (9)$$

erhöht. Klar! Die Unordnung nimmt zu!

Hiermit ergibt sich ein wichtiger Zusammenhang zwischen Informationsverlust ΔI und Entropiezunahme ΔS :

$$\Delta S = kN \ln \frac{V_E}{V_A}; \quad \Delta I = -M \ln \frac{V_E}{V_A} \quad (10)$$

Logarithmen kann man ineinander umrechnen. Hier gilt: $\ln z = \text{ld } z \ln 2$. Also ergibt sich:

$$\Delta S = -\Delta I / k \ln 2 \quad \text{oder} \quad \Delta I = \frac{-\Delta S}{k \ln 2} \quad (11)$$

Bis auf den Faktor $k \ln 2$ entspricht also eine Informationszunahme ΔI einer Entropieabnahme ΔS . Dieser Zusammenhang lässt sich auch für kompliziertere Vorgänge beweisen. Deswegen nennt man – nicht ganz exakt, aber recht anschaulich – die Information auch „negative Entropie“ oder „Negentropie“.

Bei der Herleitung des obigen Zusammenhangs konnte der Eindruck entstehen, als sei Information eine relativ einfache mengenartige Größe, die sich immer durch einfaches Abzählen von Alternativentscheidungen ermitteln ließe. Dies trifft allerdings nur in so einfachen Fällen wie dem geschilderten zu. In komplexen Systemen ist die Information nicht so einfach zu bestimmen. Ja, sie steckt häufig in Strukturen, deren Ordnung wieder eigene Informationsebenen erfordert. Man denke nur an die Konstruktionspläne komplizierter Maschinen oder elektronischer Geräte. Jeder weiß, dass ein Computer eine komplexe Speicherstruktur hat, deren Beschreibung einen gehörigen Aufwand an Information erfordert. Und bei Lebewesen ist es natürlich noch viel schwieriger und oft unmöglich, ihre Informationsstruktur mathematisch zu erfassen (7, 8). Dies soll uns jedoch nicht davon abhalten, im Folgenden mit Hilfe elementarer Beispiele wichtige Grundzusammenhänge herzuleiten.

2.3 Information, Entropie und Definition der Lust

Üblicherweise berechnet man die Information nur für relativ komplexe Systeme mit vielen Möglichkeiten der Informationsspeicherung. Das gleiche gilt natürlich erst recht für die Entropie. Im Folgenden stellen wir eine Überlegung an, die manchem Fachmann der statistischen Mechanik möglicherweise die Haare zu Berge stehen lässt. Es soll nämlich gezeigt werden, dass die genannten Begriffe auch bei relativ einfachen Systemen, ja sogar bei einzelnen Atomen und Molekülen anwendbar sind. Es

erweist sich, dass viele Prozesse bei ihnen häufig in Richtung auf Informationsgewinn ablaufen. Dies hat allerdings zur Voraussetzung, dass sie nicht einsam isoliert im Raum existieren, sondern mit ihrer Umgebung Energie und Entropie austauschen können. Solche Systeme nennt man „offene Systeme“, die im „Fließgleichgewicht“ mit ihrer Umgebung sind (Abbildung 5).

Nun ist es nicht einzusehen, dass einzelne Atome oder Moleküle etwas über „Informationsgewinn“ wissen können. Offenbar streben sie aber, wie in den Abschnitten 1.2.1 und 1.2.2. geschildert, nach Lustgewinn. Und deswegen wollen wir diese Größe jetzt einführen und quantifizieren:

Definition: Lustgewinn pro Teilchen = Informationsgewinn pro Teilchen.

Mit dem Formelzeichen lu gilt also

$$lu = \frac{\Delta I}{N} \quad (12)$$

N – Zahl der Teilchen

Da wir es bei einzelnen Teilchen mit sehr kleinen Werten für ΔI zu tun haben, führen wir eine eigene Einheit ein: Einheit für $lu = 1 \text{ joy}^*$

Dimensionsmäßig ist $\text{joy} = \text{bit}$. Allerdings runden wir nicht mehr auf ganze Zahlen auf, da z.B. $lu = 1,7 \text{ joy}$ durchaus im Vergleich mit anderen Werten einen Sinn hat.

Gelegentlich ist es auch nützlich, den Lustgewinn einer sehr großen Zahl von Teilchen quantitativ anzugeben. Für Vergleichszwecke ist es hierbei sinnvoll, immer die gleiche Zahl von Teilchen zu benutzen. Hierfür bietet sich die Zahl der Teilchen pro Kilomol, die „Avogadro-Zahl“ $N_A = 6,022 \cdot 10^{26}$ Stück pro Kilomol an (A. Avogadro, 1776 bis 1856). Bekanntlich sind ein Kilomol eines Stoffes $M_r \text{ kg}$, wobei M_r die relative Molekülmasse (früher: Molekulargewicht) ist. Es gilt die

Definiton: Molare Lust = $Lu = N_A \cdot lu = 6,022 \cdot 10^{26} lu$.

Einheit für $Lu = 1 \text{ joy}$

$1 \text{ Joy} = 6,022 \cdot 10^{26} \text{ joy}$

Der Vollständigkeit halber sei noch die Beziehung der Lust mit der Entropieänderung ΔS gezeigt: wegen

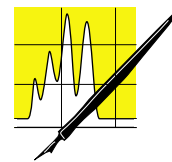
$$\Delta I = \frac{-\Delta S}{\ln 2} \quad (13) \quad \text{gilt auch}$$

$$lu = \frac{\Delta I}{N} = -\frac{\Delta S}{N \ln 2} \quad (14)$$

2.3.1 Beispiele für Lustgewinn

2.3.1.1 H-Atom

In Abschnitt 1.2.1 wurde gezeigt, dass sich im Bild des Bohr'schen Atommodells das Elektron nur auf ganz bestimmten Bahnen um den Atomkern aufhalten kann. Wie man einem Lehrbuch der Physik entnehmen kann, gilt für die Bahnen mit den Quantenzahlen n und n' ($n' > n$) die Beziehung



AUFSÄTZE

* Der deutsche Name „Freud“ wäre irreführend. „joy“ ist zudem international verständlich.

$$\frac{r_{n'}}{r_n} = \left(\frac{n'}{n}\right)^2 \quad (15)$$

Also ist z.B. der Radius der 2. Bahn ($n' = 2$) 4 mal so groß wie derjenige der 1. Bahn ($n=1$) (Abbildung 1). Damit ist aber auch das zugehörige Volumen, in dem sich die Elektronen aufhalten können, bestimmt*: Mit der Formel für das Volumen einer Kugel $V=(4/3)\pi r^3$ ergibt sich

* Im Wellenbild lässt sich das Volumen noch etwas genauer angeben. Allerdings ist die Berechnung komplizierter.

$$\frac{V_{n'}}{V_n} = \frac{r_{n'}^3}{r_n^3} = \frac{n'^6}{n^6} \quad (16)$$

Jetzt können wir unter Anwendung der in Abschnitt 2.1 hergeleiteten Formel (2.1.1)

$$\Delta I = -N \text{ld} \frac{V_E}{V_A} \quad (17)$$

den Lustgewinn pro H-Atom berechnen, wenn sich das Elektron von der n' -ten Bahn auf die n -te Bahn bewegt. Es gilt:

$$lu_{n' \rightarrow n} = \frac{\Delta I}{N} = -\text{ld} \frac{V_E}{V_A} = -\text{ld} \left(\frac{n}{n'}\right)^6 = -6 \text{ld} \frac{n}{n'} \quad (18)$$

Als Beispiel betrachten wir den Übergang vom Zustand mit $n' = 2$ auf den Grundzustand mit $n = 1$:

$$lu_{2 \rightarrow 1} = -6 \text{ld} 1/2 = -6 (-1) = 6 \text{ joy.}$$

Für $lu_{3 \rightarrow 1}$ ergibt sich, wie man leicht nachrechnet:

$$lu_{3 \rightarrow 1} = -6 \text{ld} 1/3 = 9,55 \text{ joy.}$$

Man sieht also, dass der Lustgewinn umso größer ist, je weiter sich das Elektron am Anfang vom Atomkern weg befindet. Natürlich muss das „System H-Atom“ hierbei Energie in Form von Photonen abgeben können; es muss ein „offenes System“ sein(s.o).

Man kann bekanntlich in diesem einfachen Fall den Übergang des Elektrons auf die 1. Bahn auch damit „be-

gründen“, dass hier der Energieinhalt am kleinsten ist. Aber dies ist natürlich eine etwas trockene mechanistische Aussage.

2.3.1.2. H₂-Molekül

Wie bereits in Abschnitt 1.2.2 beschrieben, bleiben Wasserstoff-Atome nicht gern allein, sondern schließen sich lieber paarweise zu Molekülen zu-

sammen. Dies wird klar, wenn wir den dabei erzielten Lustgewinn berechnen. Hierbei betrachten wir im Gegensatz zum vorigen Abschnitt ein ganzes Kollektiv von Teilchen. Nach der Avogadro'schen Regel (A. Avogadro, 1776 bis 1856) befinden sich bei allen Gasen bei gleichem Druck und gleicher Temperatur in gleichen Volumina immer gleich viele Moleküle.

Wir denken uns jetzt N_H Wasserstoff-Atome im Volumen V_A . Wenn diese sich paarweise vereinen, ergibt das $N_H/2$ Wasserstoff-Moleküle. Damit die Temperatur sich nicht ändert, muss die hierbei frei werdende „Bindungsenergie“ z.B. als Wärme nach außen abgegeben werden; es muss sich also um ein „offenes System“ handeln. Wegen der Avogadro'schen Regel können halb so viele Teilchen bei gleichem Druck und gleicher Temperatur nur ein halb so großes Volumen $V_E = 1/2 V_A$ einnehmen. Damit ergibt sich, wie im vorigen Abschnitt, **der Lustgewinn pro H-Atom:**

$$lu = \frac{\Delta I}{N_H} = -\text{ld} \frac{V_E}{V_A} = -\text{ld} \frac{1}{2} = 1 \text{ joy} \quad (19)$$

Hinzu kommt noch, dass die H₂-Moleküle mehr Freiheitsgrade der Energiespeicherung haben als die H-Atome.

Die H-Atome können nämlich Energie nur in Form von Translationsenergie in drei aufeinander senkrecht stehenden und damit unabhängigen Raumrichtungen speichern; die H₂-Moleküle speichern zusätzlich noch Energie bei der Rotation um zwei aufeinander senkrecht stehenden Raumachsen. Die dritte, die Verbindungsachse beider Atome, trägt praktisch nichts bei, weil das Molekül hier „zu dünn“ ist. Wie man der Literatur (6) entnimmt, beträgt bei den H-Atomen deshalb die Energie pro Teilchen $W_H = (3/2)kT$, bei den H₂-Molekülen jedoch $W_H = (3/2)kT + (2/2)kT = (5/2)kT$. Davon entfällt auf jedes der beiden H-Atome die Hälfte, also $W_H = (5/4)kT$.

[k = Boltzmann-Konstante, T = absolute Temperatur]

Mit der Entropie

$$S = \frac{W}{T} \quad (20)$$

ergibt sich pro H-Atom im Molekül also

$$\frac{\Delta S}{\text{Atom}} = \frac{5}{4} k \quad (21)$$

und beim Atom

$$\frac{\Delta S}{\text{Atom}} = \frac{3}{2} k \quad (22)$$

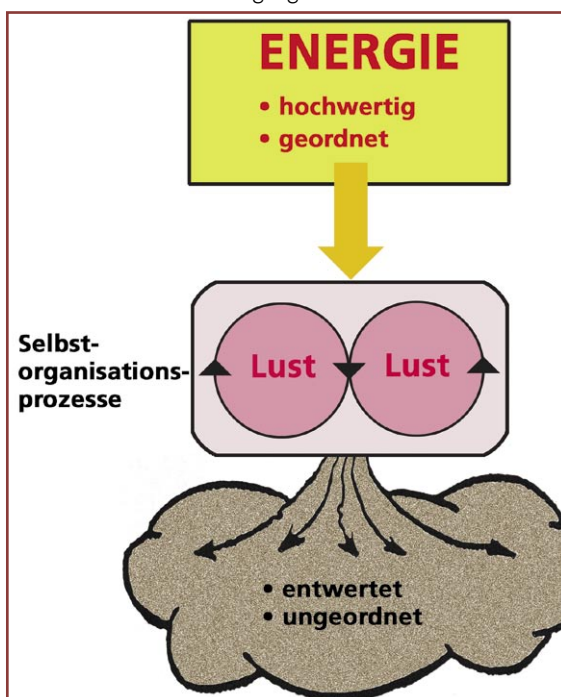
Die Änderung der Entropie pro H-Atom bei der Bildung eines Moleküls ist demnach:

$$\frac{\Delta S}{\text{Atom}} = \frac{5}{4} k - \frac{3}{2} k = -\frac{1}{4} k \quad (23)$$

Die Entropie nimmt also ab und dadurch die Information zu. Und damit wird der Lustgewinn pro Teilchen wegen

$$\Delta I = -\frac{\Delta S}{k \ln 2} = \frac{0,25}{0,69} = 0,36 \text{ joy} \quad (24)$$

Abbildung 5: Fließgleichgewicht und Energieentwertung bei Prozessen der Selbstorganisation in offenen Systemen mit Lustgewinn.



Insgesamt ergibt sich bei der Molekularbildung also der

$$\frac{\text{Lustgewinn}}{H - \text{Atom}} = (1 + 0,36)\text{joy} = 1,36\text{joy} \quad (25)$$

Kein Wunder, dass H-Atome lieber als Paare zusammen sein möchten!

Hier sei noch ein Hinweis erlaubt: Auch bei der Verdoppelung der DNA im Zellkern entstehen im gleichen Volumen doppelt so viele Moleküle, das Volumen pro Molekül wird also halbiert. Das bedeutet ebenfalls den Lustgewinn pro Molekül von 1 joy.

2.3.1.3 Lustgewinn bei komplexen Systemen

Die obigen einfachen Beispiele zur Berechnung von lu mögen hier genügen, da sonst aus diesem einfachen Beitrag ein Buch werden müsste. Hinzu kommt, dass bei komplexen Makromolekülen und erst recht bei hochkomplex organisierten Systemen von Molekülen und Lebewesen die Berechnung des Lustgewinns bei der Selbstorganisation viel zu schwierig würde.

Qualitativ lässt sich jedoch leicht einsehen, dass Selbstorganisation bei offenen Systemen im Fließgleichgewicht mit der Umgebung stets wegen des damit verbundenen Lustgewinns erfolgt. Wie hoffentlich deutlich geworden ist, bedeutet Lustgewinn immer auch Informationsgewinn. Dieser gelingt aber nur dann, wenn man dem jeweiligen System hochwertige Energie – mit geringer Unordnung – zuführt und minderwertige Energie – mit hoher Unordnung – abführt.

Nehmen wir als Beispiel uns Menschen: Es fällt auf, dass wir als Nahrung nicht einfach Kohle oder Erdöl zu uns nehmen, sondern hochorganisierte und damit entropiarmer Speise wie z.B. Fleisch oder Pflanzen. Dies tun wir bekanntlich nicht, weil wir beim Essen und Trinken ständig an Information oder Entropie denken, sondern, weil es uns schmeckt, oder weil wir ein angenehmes Gefühl nach gestilltem Hunger haben möchten, also wegen des Lustgewinns.

Natürlich wird die gesamte hierbei zugeführte Energie als mechanische Arbeit und als Wärme mit der niedrigen Körpertemperatur wieder abgegeben. Dies ist in einer durch M. Euler (7) wesentlich ergänzten Skizze von Wilhelm Busch (Abbildung 6) deutlich zu sehen.

Als weiteres Beispiel betrachten wir die Grünpflanzen. Bekanntlich verschlingen sie mit Behagen die wertvolle Sonnenenergie – diese hat den Wert 6000 K – und damit gelingt es ihnen, vermöge der Photosynthese aus CO_2 hochwertig strukturierte Moleküle und letzten Endes so erstaunliche komplexe Systeme wie die großartige Vielfalt der pflanzlichen Formen zu organisieren. Wie schön für uns, dass hierbei als „Abfall“ Sauerstoff entsteht! In beiden geschilderten Fällen gilt das in Abbildung 6 skizzierte Prinzip. Wir wollen es noch an einem letzten Beispiel klarmachen, nämlich der Nutzung elektrischer Energie:

Jedermann weiß heutzutage, dass wir das Geld für die „Stromrechnung“ nicht für „verbrauchten Strom“ zahlen, denn der Strom durchfließt die Geräte in unserem Haus,

ohne dabei Schaden zu nehmen; er wird nicht „verbraucht“, sondern dient lediglich als Transportmittel für Energie, die uns das E-Werk liefert.

Aber auch die Energie, die uns in irgendeiner Weise ins Haus geliefert wird, wird ja nicht „verbraucht“. Sie wird vollständig an die Umgebung als Wärme weitergegeben. Wir behalten die Energie also gar nicht. Wofür bezahlen wir dann aber unser Geld? Nun, offenbar für die Annehmlichkeiten in Form von Wärme, Licht, Arbeitserleichterung, Vergnügen und dergl., d.h. für den **Lustgewinn**, welche uns die unser Haus durchströmende Energie beschert.

Also hätte die unser Haus verlassende Wärmeenergie einen geringeren Wert als die hineinströmende Energie? Genau das ist bekanntlich der Fall. Und zwar deswegen, weil sie die niedrige Umgebungstemperatur hat, während, wie oben gezeigt, die elektrische Energie fast den Wert unendlich hat.

2.3.1.4. Was kostet die Lust?

Dies ist eine Frage, die nicht so leicht zu beantworten ist. Wir versuchen trotzdem eine Schätzung, wobei wir uns auf das letzte Beispiel beziehen, in welchem nahezu entropiefreie elektrische Energie in das offene System Haus strömt. Der Einfachheit halber betrachten wir die Energiemenge $W = 1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Ws} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$. Deren Preis liegt in der Größenordnung 0,2 Euro. Im einfachsten Fall dient sie nur zur Erwärmung, wobei sie z.B. mit 20°C unser Haus wieder verlässt. Dann ist sie mit der Entropiezunahme

$$\Delta S_{ab} = \frac{W}{T} - 0 \quad (26)$$

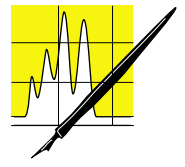
„beladen“ worden.

Die einfachste Annahme ist, dass die abgeführte Entropie $\Delta S_{ab} = -\Delta S_{\text{Haus}}$, d.h. gleich der Entropieabnahme im Haus ist. Dies entspricht

$$\Delta I = -\frac{\Delta S}{k \ln 2} = \frac{3,6 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{k}}{293 \text{ K} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot 0,69} = 1,29 \cdot 10^{27} \text{ bit} \quad (27)$$

Bezieht man dies auf 1 kmol (da ein Mensch zum größten Teil aus Wasser besteht, entspricht er etwa 4 kmol Wasser), dann erhält man wegen $1 \text{ Joy} = 6,022 \cdot 10^{26} \text{ bit}$ (s.o.) schließlich den molaren Lustgewinn $1 Lu = 2,14 \text{ Joy}$.

1 Joy kostet also 0,20 Euro/2,14 = 0,09 Euro.



AUFSÄTZE

Abbildung 6: „So blickt man klar, wie selten nur, ins innre Walten der Natur“ von Wilhelm Busch mit der Ergänzung von M. Euler.



Die bloße Erwärmung ist natürlich der einfachste Fall des Lustgewinns. Für die Organisation von Speisen, Sauberkeit, allgemein von Information, z.B. in unserem Gehirn, dürfte der „Wirkungsgrad“ wesentlich kleiner sein. Um eine brauchbare Größenordnung angeben zu können, nehmen wir der Einfachheit halber denjenigen bei der Nutzung der Sonnenenergie durch die Photosynthese bei Pflanzen an, nämlich knapp 7%. Rechnet man mit diesem Wirkungsgrad, so **kostet 1 Lu 1 Euro**, ein Wert, den man gut behalten kann. Zum Schluss sei noch einmal darauf hingewiesen, dass es sich hierbei natürlich nur um eine grobe Schätzung handelt.

2.3.1.5 Allererster Hauptsatz

Alle in Abschnitt 2.3.1 beschriebenen Beispiele unterliegen einem gemeinsamen Prinzip. Wegen seiner überragenden Bedeutung hat es einen besonderen Namen verdient. Wir nennen es deshalb:

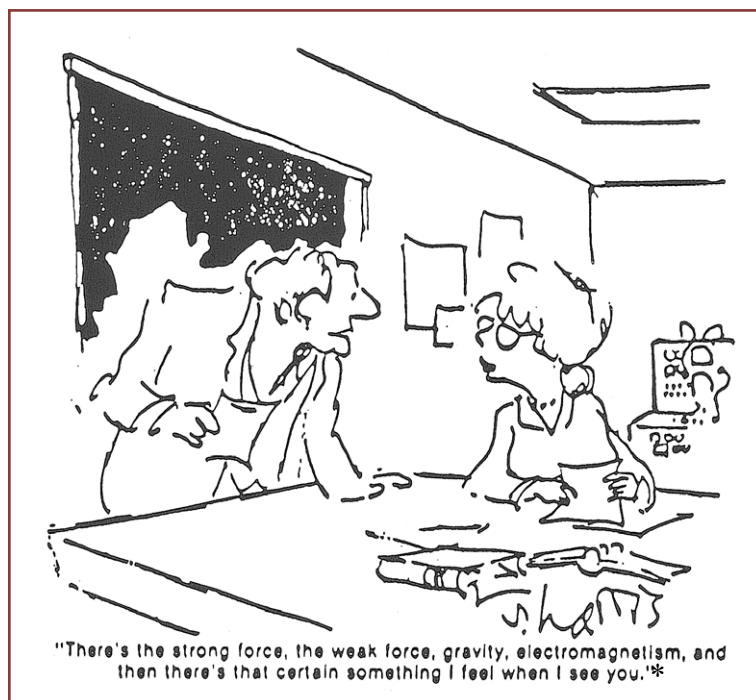
„Allererster Hauptsatz“: In allen offenen Systemen laufen die Prozesse stets in Richtung auf Lustgewinn ab.

2.3.2 Lustonen

Die im vorigen Abschnitt 2.3.1 dargestellten Fälle waren Beispiele, die sich relativ einfach übersehen lassen. Die wesentliche Rolle spielte hierbei die elektromagnetische Wechselwirkung. Für deren Zustandekommen ist natürlich die elektrische Ladung wichtig. Allerdings müssen die Ladungen voneinander Kenntnis haben. Und diese wird nach den heutigen Vorstellungen durch den Austausch von virtuellen Photonen vermittelt, die ständig im Raum zwischen den Ladungen entstehen und wieder verschwinden.

Abbildung 6:

* Ergänzung des Verfassers: And all these forces are transmitted by special kinds of lustons, or? (Abb.: Harris).



Die Bausteine der Atomkerne, Protonen und Neutronen, die Nukleonen, werden nicht durch die elektromagnetische, sondern die „starke Wechselwirkung“ zusammengehalten, die so stark ist, dass sie sogar die elektrische Abstoßung der im Kern befindlichen positiv geladenen Protonen überkompensiert. Die Nukleonen bestehen aus noch kleineren Teilchen, den Quarks; diese Erkenntnis gilt als „Standardmodell“ der Teilchenphysik. Und die „starke Wechselwirkung“ wird in diesem Modell von „Gluonen“ vermittelt. Außerdem gibt es noch die „schwache Wechselwirkung“, die bei der β -Radioaktivität eine Rolle spielt. Diese wird durch intermediäre Vektorbosonen vermittelt. Und endlich ist es hypothetisch denkbar, dass auch die Schwerkraft, also die Anziehungskraft zweier Massen, durch Gravitonen vermittelt wird.

All diese Wechselwirkungs-Teilchen oder -Quanten haben eines gemeinsam: sie alle sind Bosonen* ,d.h. sie haben ganzzahligen Spin, und sie alle vermitteln den Gewinn von Lust.

Wir schlagen deshalb für sie den übergeordneten Begriff „Lustonen“ – Einzahl: „Luston“ – vor. Und aus dem Vorhergehenden folgt: Lustonen sind Bosonen.

Die „große Vereinheitlichung der Kräfte?“ Hier ist sie!

Zur Verdeutlichung noch ein Beispiel: Bei uns Menschen sind die Lustonen bekanntlich Photonen (für den optischen Eindruck) und Duftmoleküle – Pheromone. Der berühmte Sidney Harris hat dies in Abbildung 6 sehr schön dargestellt.

3. Schlussbemerkung

Der Verfasser hofft, allen Lesern vermittelt zu haben, dass die Lust im ganzen Weltgeschehen die entscheidende Rolle spielt und man sie sogar als physikalische Größe einführen kann. Hoffentlich hatten möglichst viele Leser bei der Lektüre gelegentlich auch Lustgewinn.

Wie schon die alten Griechen erkannt hatten, ist in der ganzen Natur das Streben nach Lust der entscheidende Antrieb. Wir Menschen sollten einsichtig genug sein, diesen Antrieb in seinen natürlichen Maßen und auch nicht auf Kosten anderer zu genießen.

In diesem Sinne seien allen Lesern möglichst viele joys und Joys gewünscht!

CLB

* Nach S. N. Bose (1894 bis 1974), der zusammen mit A. Einstein (1897 bis 1955) die nach beiden benannte Bose-Einstein-Statistik entwickelte, die für Bosonen gilt.

Literatur

- [1] R. Dawkins: Das egoistische Gen, Rowohlt, Reinbek 1996
- [2] J. D. Yincen, in: Maar-Pöppel-Christaller (Hg.), Die Technik auf dem Weg zur Seele; Rowohlt, 1996
- [3] M. S. Dawkins: Die Entdeckung des tierischen Bewusstseins, Rowohlt 1996
- [4] D. C. Dennet: Spielarten des Geistes, C. Bertelsmann, München 1999
- [5] P. Dobrinski: Ein elektromagnetisches Demonstrationsmodell für das H₂-Molekül, Praxis der Naturwissenschaften 1971/8, S. 214
- [6] ein gutes Physik-Lehrbuch, z.B. Dobrinski-Krakau-Vogel: Physik für Ingenieure, 10. Auflage, Teubner, 2003
- [7] M. Eigen: Stufen zum Leben; Piper, München - Zürich 1987
- [8] M. Gell-Mann: Das Quark und der Jaguar; Piper, München - Zürich 1994
- [9] M. Euler in „Biologie in unserer Zeit“ / 30. Jahrgang 2000/Nr.1

Ein erstaunliches Buch einer außergewöhnlichen Autorin



Scurrile Quantenwelt

S. Arroyo Camejo, Berlin

Von einem jungen Ausnahmetalent noch vor dem Abitur verfasst, schließt das vorliegende Buch über die „scurrile Quantenwelt“ endlich die Lücke zwischen der meist oberflächlichen und formelfreien populärwissenschaftlichen Literatur und der allzu hochgestochenen, von höherer Mathematik gespickten Studienliteratur.

► *Das Buch von Sylvia Arroyo Camejo ist eine faszinierende Einführung in die „scurrile Quantenwelt“. Physikalisch äußerst präzise erklärt sie mit großer Lust und Leidenschaft die Grundlagen der modernen Quantenphysik, z.B. das Gedankenexperiment um Schrödingers Katze, das Einstein-Podolsky-Rosen Paradoxon und die damit zusammenhängenden Bellschen Ungleichungen.*

► Prof. Reinhold Bertlmann (Universität Wien)

► *In einer sehr präzisen, fachlich versierten ... Sprache führt sie den Leser von Max Plancks Entdeckung des Wirkungsquantums bis zur heutigen Diskussion um Quantengravitation.* ► Die Zeit

► *Wahre Erkenntniszuwächse finden nur statt, wenn man sich über das Bekannte hinauswagt.* ► Silvia Arroyo Camejo in Die Zeit

2006. XIII, 246 S., 35 Abb., z. T. in Farbe. Geb.

ISBN 3-540-29720-0 ► € 29,95 | sFr 51,00

Bei Fragen oder Bestellung wenden Sie sich bitte an ► Springer Distribution Center GmbH, Haberstr. 7, 69126 Heidelberg

► Telefon: +49 (0) 6221-345-4301 ► Fax: +49 (0) 6221-345-4229 ► Email: SDC-bookorder@springer.com

► Die €-Preise für Bücher sind gültig in Deutschland und enthalten 7% MwSt. Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten.

► Springer-Verlag GmbH, Handelsregistersitz: Berlin-Charlottenburg, HR B 91022.

Geschäftsführer: Haank, Mos, Gebauer, Hendriks

012398x

Neue Theorie zur Dunklen Materie Fehlende Masse durch „sterile Neutrinos“?

Dunkle Materie könnte zur Entstehung von Sternen bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt in der Geschichte des Universums geführt haben. Voraussetzung dafür ist, dass diese Dunkle Materie aus „sterilen“ Neutrinos aufgebaut ist.

Peter Biermann, Max-Planck-Institut für Radioastronomie, und Alexander Kusenko, University of California at Los Angeles, zeigen, dass der Zerfall steriler Neutrinos

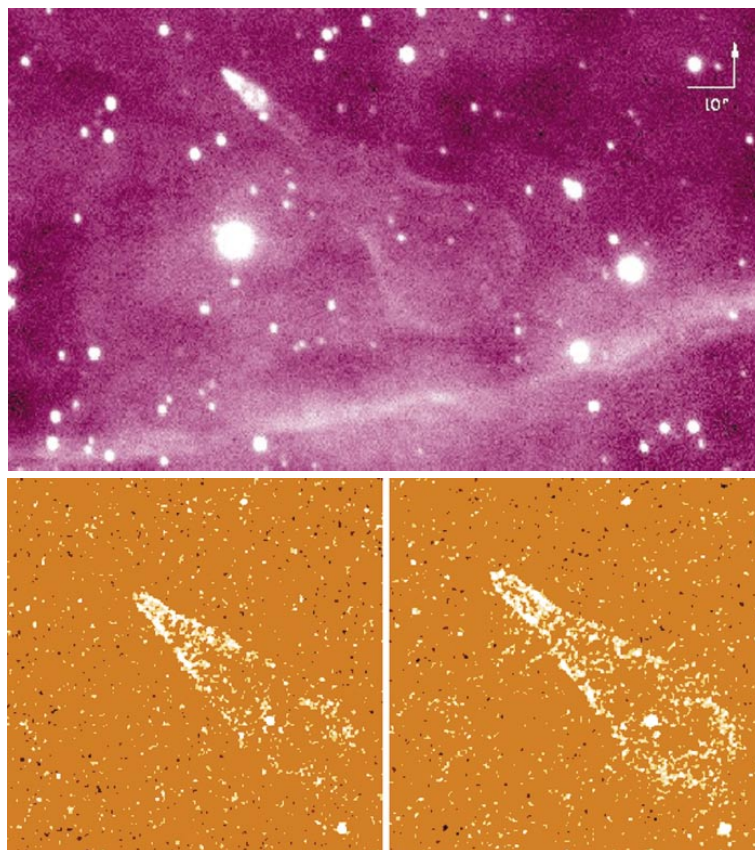
die Entstehung von molekularem Wasserstoff deutlich beschleunigt und dadurch zum Aufleuchten der ersten Sterne nur 20 bis 100 Millionen Jahre nach dem Urknall selbst führt. Die Strahlung dieser ersten Generation von Sternen wiederum ionisierte das umgebende interstellare Gas in einem Zeitraum von 150 bis 400 Millionen Jahren nach dem Urknall. Das erklärt bisher rätselhafte Beobachtungsergebnisse in einer einfachen Weise.

Die Entdeckung, dass Neutrinos eine Masse haben, resultiert aus Neutrino-Oszillations-Experimenten. Daraus lässt sich auch die Existenz einer neuen Art von Neutrinos postulieren, nämlich rechtshändige oder „sterile“ Neutrinos, die an der schwachen Wechselwirkung nicht direkt, sondern nur über ihre Vermischung mit gewöhnlichen Neutrinos teilnehmen. Die Gesamtanzahl steriler Neutrinos im Universum ist nicht bekannt. Wenn ein solches Neutrino jedoch eine Masse von nur wenigen Kiloelektronenvolt aufweist (1 keV ist ein Millionstel der Masse eines Wasserstoff-Atoms), so kann man damit den fehlenden Masseanteil im Universum erklären, der auch als „Dunkle Materie“ bezeichnet wird. Eine Reihe astrophysikalischer Beobachtungen unterstützt die Vermutung, dass sich die Dunkle Materie aus solchen sterilen Neutrinos zusammensetzen könnte.

Die neue Theorie der beiden Forscher wirft Licht auf eine Reihe astronomischer Rätsel, die bisher nicht befriedigend erklärt werden konnten. Erstens könnten sterile Neutrinos im Urknall gerade in dem Maß erzeugt werden, das für die Erklärung der Dunklen Materie vonnöten ist. Zweitens kann man mit diesen Partikeln die lange Zeit rätselhaft hohen Eigengeschwindigkeiten von Pulsaren erklären.

Pulsare, also mit sehr hoher Geschwindigkeit rotierende Neutronensterne, entstehen in einer Supernova-Explosion und werden dabei vorzugsweise in nur eine Richtung herausgeschleudert. Dadurch erhält der Neutronenstern einen An Schub, ähnlich wie bei einem Raketentriebwerk. Man kennt Pulsare mit Eigengeschwindigkeiten von Hunderten von Kilometern pro Sekunde, einige sogar mit über 1000 km/s. Die Ursache für diese hohen Geschwindigkei-

Der „Gitarren-Nebel“ in den Cepheiden ist 6,5 Lichtjahre entfernt. Die beiden Abbildungen darunter zeigen nur den Kopf des Gitarren-Nebels. Sie wurden aufgenommen mit der „Planetary Camera“ des Weltraum-Teleskops „Hubble“ in den Jahren 1994 (links) und 2001 (rechts). Der Nebel enthält an der Spitze des Konus einen Pulsar. Er bewegt sich mit der für einen Stern unglaublichen Geschwindigkeit von 1600 Kilometern pro Sekunde vorwärts – etwa einem halben Prozent der Lichtgeschwindigkeit – und zieht einen Schweif interstellaren Gases hinter sich her. Mit den Teilchen der Dunklen Materie, wie sie von Biermann & Kusenko postuliert werden, kann man die rätselhaft hohen Pulsargeschwindigkeiten erklären, die zu solch konusförmigen Nebeln führen (Bild oben: Palomar Observatorium; unten: Hubble Space Telescope (NASA/ESA), Shami Shatterjee).



ten war bisher nicht bekannt, aber die Emission von sterilen Neutrinos könnte den dafür benötigten Schub erklären.

Ein sehr schneller Pulsar befindet sich im „Gitarren-Nebel“ (Abbildung). Ist die Dunkle Materie aus sterilen Neutrinos aufgebaut, so sind es die gleichen Teilchen, die aus der Supernova-Explosion ausströmten und die „kosmische Gitarre“ geformt haben.

Drittens lässt sich durch sterile Neutrinos auch das Fehlen von Antimaterie im Universum erklären. In einer frühen Phase des Universums könnten die sterilen Neutrinos die Leptonenzahl aus dem Plasma „gestohlen“ haben. Diese fehlende Neutronenzahl hätte dann, zu einem späteren Zeitpunkt, zu einer von Null verschiedenen Baryonenzahl im Universum geführt. Und die daraus resultierende Asymmetrie zwischen Baryonen (wie beispielsweise Protonen) und Antibaryonen (Antiprotonen) wäre dann die Ursache für das Fehlen von Antimaterie in unserem Universum.

„Die Entstehung von Schwarzen Löchern in den Zentralbereichen von Galaxien und deren Struktur auf sehr kleinen (sub-galaktischen) Skalen bringen sterile Neutrinos zur Erklärung der Dunklen Mate-

rie ins Gespräch. Das Zusammenspiel von mehreren indirekten Beweisen führt uns zu der Annahme, dass das lange gesuchte Partikel der Dunklen Materie in der Tat ein steriles Neutrino ist“, so Peter Biermann.

Anteil Dunkler Materie

Neue Messungen des US-Satelliten WMAP („Wilkinson Microwave Anisotropy Probe“) sollen beweisen, dass tatsächlich der Urknall der Beginn des Weltalls war. Danach soll es sich unvorstellbar schnell aufgebläht haben. Innerhalb einer billionstel Sekunde sei es von Murrengröße auf heutige All-Dimensionen gewachsen, erklären Wissenschaftler. WMAP kann Temperaturunterschiede von weniger als einem Millionstel Grad feststellen. Mit dieser Funktionalität war es möglich, in der Hintergrundstrahlung des Weltalls Fluktuationen der Urknall-Strahlung von vor 13,7 Milliarden Jahren festzustellen, nachgewiesen als Polarisations-Strahlungsmuster.

Diese Messungen sollen auch erlauben, die Zusammensetzung des Universums mit neuer Genauigkeit zu bestimmen. Demnach liegen nur vier Prozent des Universums in Form bekannter

Materie vor. 22 Prozent bestehen aus der hier angesprochenen Dunklen Materie. Der große Rest soll aus Dunkler Energie bestehen. Sie soll das Universum mit stetig wachsender Geschwindigkeit ausdehnen.

Weitere Kandidaten

Als Kandidaten für die Erklärung der Dunklen Materie kommen neben den hier vorgestellten sterilen Neutrinos aber auch Neutrinos in Frage (siehe CLB 06-2005, Seite 205). Sie gehören zu den WIMPs, ein Akronym für „Weakly Interacting Massive Particle“, also „schwach wechselwirkendes, massereiches Teilchen“. Neutrinos sind – obschon sie eine Ruhemasse haben – zu leicht, um zu den WIMPs gezählt zu werden. Weil WIMPs nur über ihre Gravitation und der schwachen Wechselwirkung mit ihrem Umfeld wechselwirken, ist ihr Nachweis und dadurch die Abschätzung ihrer Gesamtzahl im Universum äußerst schwierig. Wenn sie jedoch irgendwo existieren und mit ihrem Supersymmetrie-Antiteilchen zusammenstoßen, sollten sie unter Abgabe eines Teraelektronenvolt-Blitzes zerstrahlen, was Würzburger Forscher (CLB 06-2005) gemessen haben wollen.

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

ISIS hat Mikrochip für Mikroproduktion Zellenartige Mikrobehälter erzeugt

Wissenschaftlern vom Institute for Analytical Sciences (ISAS, Dortmund und Berlin) ist es gelungen, mit Hilfe eines Mikrochips kleinste Behälter nach Art biologischer Zellen herzustellen. Anders als die meisten anderen Herstellungsmethoden bietet diese nicht nur die Möglichkeit zur Massenproduktion, sondern erleichtert auch noch die weitere Bearbeitung der Zellen. Die Methode kann neben der für Zellen üblichen Bläschen-Form auch schlauchartige Gebilde erzeugen, die außergewöhnlich lang sind.

Um in einer Zelle etwas produzieren oder transportieren zu können, braucht sie erst mal eine geeignete Hülle, die Zellmembran. Sie muss flexibel und doch stabil sein, wie eine Haut das Innere schützen, aber gleichzeitig durchlässig sein für Nähr- oder Wirkstoffe und Wasser. Diese Aufgabe hat die Natur mit einer Doppelschicht

aus hauptsächlich Fettsäuren (Lipiden) gelöst. Die künstliche Erzeugung von Zellmembranen auf Lipid-Basis ist jedoch schwierig, für die Massenproduktion waren bisherige Ansätze eher ungeeignet. Wie die ISAS-Wissenschaftler in der englischen Zeitschrift „Lab on a Chip“ berichten, können sie jetzt mit Hilfe eines Mikrochips Zellmembranen in beliebig großer Zahl herstellen.

Der vorgestellte Chip besteht aus drei übereinander liegenden Ebenen. In der oberen und unteren Ebene haben die Forscher winzige Kanäle, in der mittleren ebenso winzige Löcher angebracht. Gefüllt mit Wasser und Lipiden funktioniert das ganze im Prinzip wie eine Seifenblasen-Maschine, nur statt Seifenblasen produziert der Chip eben Zellen. Außer der Möglichkeit zur Massenproduktion bietet die Methode noch weitere Vorteile. So lässt sich beispielsweise die gewünschte Größe der Zellen vorher genau definieren. „Da wir im Moment nur mit einem einzigen Chip arbeiten, haben alle von uns hergestellten Zellmembranen die gleiche Größe von etwa drei Mikrometer“, erklärt Petra Dittrich vom ISAS. „Variiert man jedoch den Durchmesser von Kanälen und Löchern, sind vermutlich Größen von 300 Nanometer bis zu 30 Mikrometer machbar“.

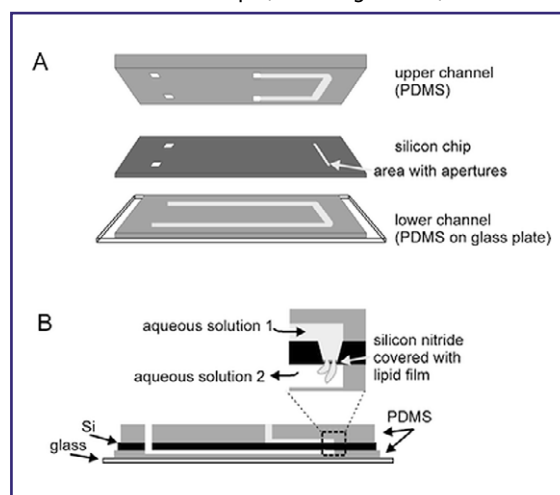
Die weitere Bearbeitung ist nach Angaben des Instituts einfach. Soll etwa ein Wirkstoff in die Zellmembranen eingebracht oder deren Inhalt analysiert werden, können die dafür notwendigen Apparaturen direkt in den

Chip integriert werden. So wird das bei anderen Methoden unvermeidliche Pipettieren überflüssig.

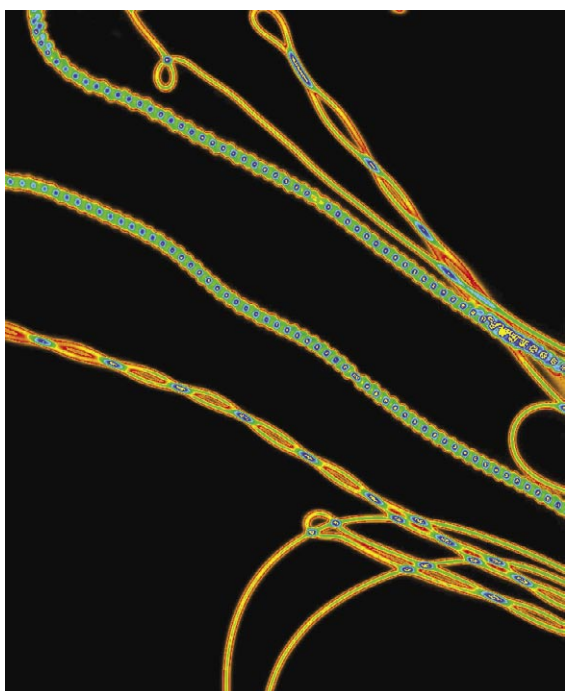
Die Mikrochip-Methode kann jedoch noch etwas: Bei geringeren Druckunterschieden zwischen der oberen und unteren Ebene entstehen keine Bläschen, sondern Schläuche. Das Erstaunliche daran: die Zell-Schläuche haben bei einem Durchmesser von drei Mikrometern eine Länge von bis zu anderthalb Zentimetern. Auf makroskopische Verhältnisse übersetzt hieße das, man könnte ein 30 Zentimeter dickes und anderthalb Kilometer langes Rohr in einem Stück herstellen. Zudem drehen sich die Schläuche manchmal auf wie Kordeln; warum sie das tun, können die Wissenschaftler im Moment noch nicht erklären.

Die Herstellung künstlicher Zellen beschäftigt die Bio- und Nanotechnik schon seit einigen Jahren. Wissenschaft und Industrie setzen große Erwartungen in sie. Künstliche Zellen könnten als Bioreaktoren den klimaneutralen Energieträger Wasserstoff in Massen produzieren oder als eine Art Taxi medizinische Wirkstoffe gezielt zu kranken Zellen bringen.

Aufbauschema des Produktions-Chips:
Teil A: Explosionszeichnung; Teil B: Seitenansicht des zusammengesetzten Chips (Abbildungen: ISAS).



Falschfarben-Darstellung der kuriosen Schläuche in 1000-facher Vergrößerung.



Neuer Quanteneffekt bei Elektronen Auf verbotenen Pfaden

Francesco Bisio und Miroslav Nývlt, Gastforscher am Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik in Halle, haben jetzt in einem Kupferplättchen Elektronen in Zuständen beobachtet, die sie bislang nur für mathematische Konstrukte der Quantentheorie hielten. Diese Zustände liegen oberhalb des Vakuumniveaus – jener Energie, die ein Elektron mindestens braucht, um dem Metallgitter zu entkommen und in die Freiheit zu sausen. Die Elektronen entwichen aber nicht, sondern blieben an das Metall gefesselt.

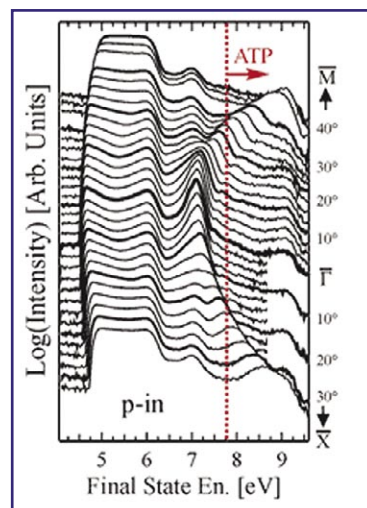
Dass Elektronen tatsächlich auch solche ungewöhnlichen Zustände annehmen, hat mit einer Eigenheit der Quantentheorie zu tun: In ihr ist beinahe alles möglich. Allerdings: Die Wahrscheinlichkeit für viele laut Theorie denkbare Ereignisse ist nur verschwindend klein. So auch dafür, dass Physiker Elektronen ins energetische Nirgendwo befördern können. Ob sie das schaffen, hängt auch davon ab, mit wie vielen Photonen sie die Elektronen befeuern.

Ist die Zahl der Photonen, also die Intensität des eingestrahlten Lichtes, nur groß genug, interagieren einige Photonen auch so mit den Elektronen, dass diese in einem Zustand landen, in dem sie dem Metall eigentlich entweichen müssten – aber doch nicht loskommen. Genau diese Erkenntnis kollidiert mit Einsteins Theorie des Photoeffekts. Einstein stellte nämlich fest, dass nur die Farbe (entsprechend die Energie) des Lichts und nicht seine Intensität darüber entscheidet, ob es Elektronen aus einem Metall katapultieren kann. Albert Einstein kannte jedoch noch keine Laser. Sie liefern Lichtpulse von so hoher Intensität, dass Phänomene auftreten, die Physiker Effekte höherer Ordnung oder nichtlineare Effekte nennen.

Die Hallenser Physiker verwenden Laserlicht, dessen Energie nach Einstein nicht ausreicht, um ein Photon aus dem Kupfer zu schlagen. Die Elektronen fangen aber mehrere Pho-

tonen gleichzeitig ein und sammeln so die nötige Energie, um dem Metall zu entweichen. Dieses Phänomen ist sehr unwahrscheinlich. Francesco Bisio und Miroslav Nývlt konnten es nur beobachten, weil sie sehr intensive Lichtpulse einstrahlten.

Die Impulseinstrahlung erfolgte auch gezielt. Die Forscher wählten sorgfältig den Winkel, in dem sie die Lichtwellen auf das Metall treffen ließen. Entscheidend war dabei die Schwingungsrichtung des Lichts, dessen Wellen in einem Laser alle parallel laufen. Erreichten die Lichtwellen das Kupfer in einem bestimmten Winkel, gaben sie den Elektronen zwar einen kräftigen Schub. Der beschleunigte die Elektronen aber nicht von der Metalloberfläche weg, sondern parallel zu ihr. Die Elektronen bewegten sich also heftig, jedoch nur in einer Ebene über dem Kupferplättchen.



Die Abbildung zeigt die Messergebnisse der Physiker am Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik: Die Peaks in ihren Messungen bilden einen Teil der energetischen Zustände ab, in denen sich Elektronen befinden. Rechts von der gestrichelten Linie (mit ATP - Above Threshold Photoemission) sollten sie sich eigentlich aus dem Festkörper lösen. Dass auch dort Signale zu beobachten sind, zeigt: Die Elektronen besetzen Zustände oberhalb des Vakuum-Niveaus (Abb.: MPI Mikrostrukturphysik).

Sensoren und Biochips

Obst und Gemüse können durch ungünstige Umgebungsbedingungen während Transport, Lagerung und Warenpräsentation erheblich an Qualität einbüßen. Wissenschaftler am Leibniz-Institut für Agrartechnik in Potsdam-Bornim (ATB) haben einen Sensor entwickelt, mit dessen Hilfe die komplexen Umgebungsbedingungen gemessen werden können. Mit diesen Messzellen und den zugehörigen Bewertungsalgorithmen lassen sich Qualitätsverluste erfassen, die durch den Feuchtigkeitsgehalt der Umgebungsluft und durch Luftströmungen an der Produktoberfläche entstehen.

Zuckerverbindungen kommen in einer großen Strukturvielfalt vor, und sie üben eine Schlüsselfunktion bei vielen Stoffwechselvorgängen aus. Wissenschaftler der Technischen Universität Braunschweig haben ein Verfahren entwickelt, den „Glycochip“, mit dessen Hilfe die komplexen Oligosaccharid-Wechselwirkungen in Körperzellen aufgeklärt werden sollen. Außerdem wollen die Forscher diejenigen Zucker-Verbindungen finden und synthetisieren, die sich als künftige Wirkstoffe eignen.

3-D-Zellkulturmodelle repräsentieren die Situation im menschlichen Körper besser als standardmäßig eingesetzte 2-D-Zellkulturen. Für die Entwicklung neuer Wirkstoffe und Therapien sowie bei der Bestimmung von personenspezifischen Therapievarianten ist für viele Fragestellungen ein Test der Wirkung auf 3-D-Zellkulturmodellen erforderlich. Am Fraunhofer Institut für Biomedizinische Technik (IBMT) wurde ein biohybrides Sensorsystem zur nichtinvasiven Charakterisierung von kleinsten 3-D-Gewebeproben mittels Impedanzspektroskopie und Potenzialableitung entwickelt. Zentraler Bestandteil des Systems ist ein Mikrokapillarchip, in dem die zu charakterisierenden biologischen Proben hydrodynamisch positioniert werden.

Die Autoimmunkrankheit Alopecia areata (kreisrunder Haarausfall) kann mit einem mit Autoantigenen bestückten Biochip detektiert werden. Die Antikörper aus einer Blutprobe docken nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip an die Proteine an und können dann mittels Fluoreszenz sichtbar gemacht werden. Forscher des Proteom Centers der Ruhr-Universität Bochum entwickeln Biochips zur parallelen Diagnostik unterschiedlicher Krankheiten. Außerdem könnten diese Biochips dafür eingesetzt werden, im Vorfeld herauszufinden, welches Medikament bei einem bestimmten Patienten wirksam sein wird (personalisierte Medizin).

Um gesundheitsgefährdende Rußemissionen bei Dieselfahrzeugen zu reduzieren, muss genau untersucht werden, unter welchen Bedingungen er in einer motorischen Verbrennung entsteht. An der Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst, Fakultät Naturwissenschaften und Technik Göttingen (HAWK) wurde ein photoakustischer Rußsensor entwickelt, der hochempfindliche zeitaufgelöste Messungen ermöglicht.

Namensgeber von SI-Einheiten (Teil 4)

Antoine Henri Becquerel (1852-1908)

Antoine Henri Becquerel (Abbildung) wurde am 15. Dezember 1852 in Paris geboren. Er stammte aus einer Familie, in der der Beruf des Physikers bereits zur Tradition geworden war: Sein Vater und Großvater waren führende französische Physiker.

Im Jahre 1877 beendete er das Studium an der École Polytechnique in Paris und wurde nach einem weiteren dreijährigen Studium des Brücken- und Straßenbaus Ingenieur. Im Mittelpunkt seines Interesses stand jedoch die Physik. Am Lehrstuhl für angewandte Physik in der Schule der Künste und des Handwerks begann Becquerel mit Vorlesungen. Später wurde er Professor für praktische Physik am Naturhistorischen Museum und war von 1895 bis an sein Lebensende Professor für Physik an der Pariser École Polytechnique.

Seit 1876 betrieb er selbstständige Forschungen, indem er die Drehung der Polarisationssebene des Lichts untersuchte. Diese Erscheinung hatte bereits Faraday beobachtet. Becquerel untersuchte ihren Verlauf in Gasen, in der Luft und in überhitzten Dämpfen einiger in einem starken Magnetfeld angeordneter Stoffe. Zu dieser

Zeit studierte er auch die Absorption des Lichts in Kristallen. Für diese Forschung verlieh man ihm im Jahre 1888 den wissenschaftlichen Grad eines Doktors.

Am 20. Januar 1896 berichtete Henri Poincaré an der Akademie der Wissenschaften in Paris über die kurz

zuvor entdeckten Röntgenstrahlen. Er äußerte die Vermutung, dass die Emission von Röntgenstrahlen und die Lumineszenz des Teils der Glaswand, aus dem sie hervorgegangen sind, miteinander verbundene Erscheinungen seien. Eines der anwesenden Akademiemitglieder war Henri Becquerel, Professor am Nationalmuseum für Naturgeschichte, der ebenso wie sein Vater Experte für Lumineszenz und Phosphoreszenz war. Lumineszenz ist eine Lichtaussendung nach vorausgegangener Anregung, während diese Emission im besonderen Fall der Phosphoreszenz nach Beendigung der Anregung noch fort dauert (Nachleuchten). Nach einem Gespräch mit Poincaré und nach seiner Rückkehr ins Labor begann er nach anderen lumineszierenden Substanzen, die Röntgenstrahlen aussenden, zu suchen. Für diese Untersuchung wählte er Kristalle des Doppelsalzes aus Uranyl- und Kaliumsulfat, die er zuvor mit seinem Vater vorbereitet hatte. Im Februar desselben Jahres brachte er dieses Salz auf eine Photoplatte, die mit Blättern dicken schwarzen Papiers umwickelt war, und setzte das Ganze mehrere Stunden lang der Sonne aus. Er entwickelte die Platte und erkannte auf der Aufnahme in Schwarz die Konturen der phosphoreszierenden Substanz. Diese Beobachtung unterstrich Poincarés Vermutung. Wie Röntgenstrahlen durchdrangen auch die beobachteten Strahlen schwarzes Papier, aber ebenso Aluminiumplatten und dünne Kupferfolie. Dank eines meteorologischen Zufalls machte Becquerel eine noch erstaunlichere Beobachtung: „Einige dieser Experimente waren am Mittwoch, dem 26. und am Donnerstag, dem 27. Februar vorbereitet worden, und da sich die Sonne an diesen Tagen nur hin und wieder gezeigt hatte, hatte ich die Experimente vollständig vorbe-

Becquerel

Becquerel (Bq) ist die SI-Einheit der Aktivität.

Definition Becquerel (Bq)

Das Becquerel ist die Aktivität einer radioaktiven Strahlungsquelle, bei der sich im Mittel in der Zeit 1 s ein Atomkern eines radioaktiven Nuklides umwandelt. $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$

reitet belassen und die Rahmen in der dunklen Schublade eines Möbelstücks untergebracht, wobei ich die Plättchen des Uransalzes an Ort und Stelle gelassen hatte. Da die Sonne an den folgenden Tagen nicht mehr schien, entwickelte ich die photographischen Platten am ersten März in Erwartung sehr schwacher Bilder. Die Konturen zeichneten sich jedoch ganz scharf ab. Mir kam sofort der Gedanke, dass sich der Vorgang im Dunkeln fortgesetzt hatte.“ Die vorherige Anregung durch Sonnenlicht ist also nicht erforderlich. Die unsichtbare Strahlung entsteht aus einer Phosphoreszenz, die viel länger anhält als üblich. Ist diese Strahlung, die man radioaktive Strahlung oder Radioaktivität nennt, mit den von Röntgen entdeckten Strahlen identisch? Am 9. März entdeckte Becquerel mit Hilfe seines Goldblattelektroskops, dass die radioaktiven Strahlen elektrisch geladene Stoffe entladen, eine Eigenschaft, die sie mit Röntgenstrahlen gemeinsam haben. Er beobachtete ebenfalls, dass schwere Elemente mehr Strahlung absorbieren. Außerdem schien die Strahlungintensität im Laufe der Zeit nicht abzunehmen.

Am 18. Mai 1896 formulierte Becquerel, nachdem er festgestellt hatte, dass sich die Intensität innerhalb von zwei Monaten nicht verändert hatte, das wichtige Forschungsergebnis: Nicht phos-

Abbildung: Antoine Henri Becquerel (1852–1908).



phoreszierende Uransalze senden ebenfalls Strahlen aus. Er schrieb: „Ich kam also auf die Idee, dass dieser Effekt auf die Anwesenheit des Elements Uran in diesen Salzen zurückzuführen ist, und dass das Metall selbst stärkere Wirkungen hervorruft als seine Verbindungen. Das Experiment hat die Prognose bestätigt.“ Er fügt hinzu: „Bei dem Metall tritt eine Art unsichtbare Phosphoreszenz auf.“ An späterer Stelle bemerkt er: „Bisher ist nicht zu erkennen gewesen, woher das Uran die Energie nimmt, die es mit so großer Beharrlichkeit aussendet.“ Am 12. April 1897 bemerkte er in einer weiteren Notiz, dass die Strahlung des Urans im Lauf eines Jahres nicht zurückgegangen sei. Becquerel hatte eine neue Eigenschaft eines natürlichen Stoffes, des chemischen Elementes Uran, beschrieben: Dieses sendet spontan eine anhaltende Strahlung aus.

An Becquerels Arbeiten knüpfen dann Marie Skłodowska-Curie und ihr Gatte Pierre Curie an, die die neue Erscheinung gründlich erforschten und sie Radioaktivität nannten. Durch die Entdeckung der natürlichen Radioaktivität eröffnete Becquerel eine völlig neue Etappe in der Entwicklung der Physik. Als das Ehepaar Curie im Jahre 1900 die beiden Komponenten der radioaktiven Strahlen, Alpha- und Beta-Strahlen, entdeckten, ermittelte Becquerel im gleichen Jahr die spezifische Ladung (Verhältnis der Ladung eines Teilchens zu seiner Masse) der Beta-Teilchen aus den Ablenkungen der Beta-Strahlen im magnetischen und elektrischen Feld.

Für seine wissenschaftlichen Verdienste wurde Becquerel im Jahr 1899 zum Mitglied der Pariser Akademie der Wissenschaften und später zum Ehrenmitglied vieler ausländischer Akademien ernannt. Für die Entdeckung und Erforschung der natürlichen Radioaktivität erhielt er 1903 gemeinsam mit dem Ehepaar Curie den Nobelpreis für Physik.

Henri Becquerel starb am 25. August 1908 in Le Croisic (Bretagne).

Krebs: Mechanismen und Möglichkeiten

- **An Blasenkrebs** erkranken in der EU über 100 000 Menschen jährlich, über 35 000 sterben daran. Zusammen mit der University of Virginia (USA) sowie den deutschen Universitätskliniken Hannover, München und Münster hat das Hannoveraner Unternehmen Mosaiques Diagnostics eine Technik zur Identifizierung von Biomarkern für den Blasenkrebs entwickelt. Über 1000 Biomarker werden gemessen und analysiert. Daraus ergibt sich ein spezifisches Muster, welches zur präzisen Erkennung der Krankheit führt.

Gebärmutterhalskrebs (Zervixkarzinom) ist weltweit die zweithäufigste Krebserkrankung bei Frauen. Humane Papillomviren (HPV) stellen den wichtigsten Risikofaktor dar. Rechtzeitig erkannt, lässt sich das Zervixkarzinom problemlos behandeln und heilen. Forscher des Deutschen Krebsforschungszentrums in Heidelberg (DKFZ) haben ein Nachweisverfahren für HPV entwickelt, das zwischen Hochrisiko-Virustypen und harmloseren Verwandten unterscheidet. Da der Test empfindlich, zuverlässig und kostengünstig ist, eignet er sich als Massen-Hochdurchsatzverfahren.

Das Ovarialkarzinom ist eine bösartige Veränderung der Eierstöcke, an der in Deutschland jährlich etwa 8000 Frauen, meist zwischen 45 und 65 Jahren, erkranken. Dabei setzt das Membran-gebundene Adhäsionsmolekül L1 eine Signalkaskade in Gang, die bei den entarteten Zellen zur Abwanderung und Invasion führt. Forscher des DKFZ führten eine vielversprechende neue Therapie durch, indem sie Mäuse mit monoklonalen L1-Antikörpern behandelten. Dies führte zur Hemmung des Zellwachstums und zu einer Reduktion der Tumormasse.

Leber- und Bauchspeicheldrüsenkrebs werden mangels Frühsymptome oft spät entdeckt, daher haben die Patienten eine schlechte Prognose. Wissenschaftler der Universitätsklinik Münster testeten den Wirkstoff Viscumin, ein Zellgift aus der Mistel, auf seine Wirksamkeit als spezifisches Zellgift. Viscumin hemmt den Aufbau lebenswichtiger Eiweißstoffe, so dass die Zelle abstirbt. Da Tumorzellen Viskumin-Rezeptoren in erhöhter Anzahl tragen, nehmen sie im Vergleich zu gesunden Zellen das Mistelgift bevorzugt auf.

Die Methylierung der DNA ist an der Steuerung von Genen entscheidend beteiligt. Durch eine fehlerhafte Methylierung wird das Ablesen der Erbinformation in Zellen behindert, was zur Entstehung von Krebs führen kann. Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Informatik und Genetiker der Universität des Saarlandes haben ein Programm entwickelt, mit dem man die Verteilung von Methylgruppen im Erbgut gesunder Zellen vorhersagen kann. Aus dem Vergleich der Methylierungsmuster von gesundem Gewebe und Krebszellen sollen Konzepte für verträglichere Medikamente gegen Krebs entwickelt werden.

Fachübergreifende Arbeiten

Gemeinsam forschen ist „in“

Eine vernetzte Welt erfordert vernetzte Forschung. Interdisziplinäre Projekte nutzen gemeinsam eine teure Gerätausstattung und Infrastruktur, und profitieren von der Bündelung der Spezialkenntnisse ihrer Projektpartner. Vier Beispiele verdeutlichen diese Strategie.

Die Diagnose von Bauwerken erfordert neue Konzepte und Verfahren, um verlässliche Aussagen über deren Verkehrssicherheit, Standhaftigkeit und Dauerhaftigkeit treffen zu können. Die Bauwerksüberwachung durch zerstörungsfreie Prüfverfahren gewinnt mit dem zunehmenden Alter unserer Infrastruktur an Bedeutung, insbesondere unter dem Eindruck der in den letzten Wochen erlebten tragischen Unfallereignisse. Deshalb gründeten die Fraunhofer-Gesellschaft (FhG) und die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) in Berlin gemeinsam eine Forschungsgruppe. Die BAM betreibt mit ihrer Fachgruppe „Zerstörungsfreie Schadensdiagnose und Umweltmessverfahren“ Forschung und Entwicklung, Prüfung, Analyse sowie Beratung und Information. Die Fraunhofer-Gesellschaft führt in ihrem Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren (IZFP) in Saarbrücken Projekte auf den Gebieten Charakterisierung von Werkstoffeigenschaften für ihren spezifischen Gebrauch und qualitätsgesteuerte Fertigung und Überwachung des betriebssicheren Verhaltens von Produkten und Anlagen durch. Das „Joint Laboratory“ wird die Umsetzung von prototypischen Prüflösungen zu Prüfsystemen in marktreife Produkte betreiben und ist örtlich in der BAM untergebracht.

Aus dem Land Steiermark in Österreich melden die beiden führenden Grazer Forschungseinrichtungen im Technologiebereich, die TU Graz und Joanneum Research (JR), die Gründung der „NanoTec-

Center Weiz Forschungsgesellschaft mbH“ (NTC Weiz GmbH). Von Lebensmittel-, Raumluft- und Arbeitssicherheits-Überwachung bis hin zu medizinischen Schnelltests für den Notfall reicht das Anwendungsspektrum der Sensor- und Bauelemente, die entwickelt werden sollen. Die NTC Weiz GmbH soll intensiv mit nationalen und internationalen Unternehmen zusammenarbeiten. Die geplanten Aktivitäten reichen von der Abwicklung von Forschungsprojekten über Dienstleistungen wie Test-, Mess- oder Prüfaufträge bis hin zur gemeinsamen Prozess- und Produktentwicklung mit Unternehmen. Technologie-Coaching für Industriebetriebe und klein- und mittelständische Unternehmen bildet einen weiteren Schwerpunkt. Das Unternehmen wird durch den Zukunftsfonds des Landes Steiermark sowie durch Regionalförderungsmittel der Europäischen Union gefördert.

Die Naturressource Wasser wird immer knapper. Um langfristig und weltweit die Menge und die Qualität des Wasserangebotes zu sichern, ist ein grundsätzliches Umdenken erforderlich. Aus diesem Grund wurde an der Universität Freiburg aus eigenen Mitteln das Zentrum für Wasserforschung (ZWF) gegründet. Es hat die Aufgabe, die hohen Potenziale in Wissenschaft, Wirtschaft und Praxis, die die Region Freiburg und die Kooperationspartner bieten, zu bündeln und in einem Kommunikationsnetzwerk zu koordinieren. Die Fakultäten Hydrologie, Umweltwissenschaften, Philosophische Wissenschaften, Sozioökonomische Fächer, Angewandte Wissenschaften und außeruniversitäre Wasserforschungseinrichtungen sowie wasserwirtschaftliche Betriebe und Behörden sollen interdisziplinär und integrativ zusammenarbeiten. Das Zentrum ist offen konzipiert, außeruniversitäre Interessierte

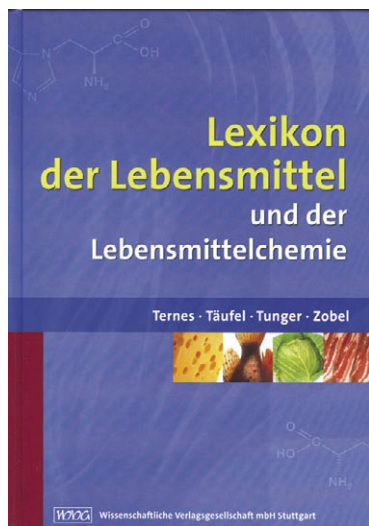
können als assoziierte Mitglieder beteiligt werden.

Wie funktioniert unser Gehirn? Was sind die molekularen und zellulären Grundlagen seiner Entwicklung? Wie entstehen Erinnerungen, Bilder, Sprache, Emotionen? Was ist Selbstbewusstsein? Wie beeinflussen Erlebnisse und Umweltfaktoren die Gehirnaktivität? Wie altert unser Gehirn und wie geht bei der Alzheimer-Krankheit die Persönlichkeit verloren? All dies sind drängende Fragen der Neurowissenschaften. Während die einzelnen Fragen häufig isoliert in verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen untersucht werden, beschreitet die Johannes Gutenberg-Universität Mainz neue Wege: Neurowissenschaftliche Expertise wird im Interdisziplinären Forschungszentrum für Neurowissenschaften (IFZN) gebündelt. Es fasst bestehende, neurowissenschaftlich forschende Arbeitsgruppen, interdisziplinäre Arbeitskreise sowie drittmittelgeförderte Forschungsverbünde der Johannes Gutenberg-Universität zusammen und unterstützt sie. Unter dem Dach des IFZN sind sechs neurowissenschaftliche Sektionen aus fünf verschiedenen Fachbereichen gebündelt, den Fachbereichen Sozialwissenschaften, Medien und Sport, Medizin, Philosophie und Philologie, Chemie, Pharmazie und Geowissenschaften und Biologie. Die Arbeitsbereiche des IFZN sind die molekularen und zellulären Neurowissenschaften, die klinischen Neurowissenschaften, Kognitionspsychologie, Linguistik, Neuropilosophie und die Bildwissenschaft. Die Vereinigung der verschiedenen wissenschaftlichen Sektionen im IFZN ermöglicht nicht nur die Analyse von Entwicklung, Funktion und Dysfunktion des Gehirns auf den verschiedenen Ebenen, sondern auch die interdisziplinäre und translationale Erforschung von Gehirn, Geist und Bewusstsein.

Lebensmittel transparent

Waldemar Ternes, Alfred Täufel, Liselotte Tunger, Martin Zobel (Herausgeber): *Lexikon der Lebensmittel und der Lebensmittelchemie*. 2134 Seiten; Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart, 4. Auflage 2005; ISBN 3-8047-2275-X; 148,00 Euro.

Die Sorge um die eigene Gesunderhaltung oder die Leistungssteigerung durch Optimierung der Gesundheit liegt in Deutschland im Trend. Meldungen empirischer oder statistischer Art zur Förderung der Gesundheit und zur Erlangung eines hohen Lebensalters werden gierig aufgesogen. Dabei spielen Lebensmittel eine zentrale Rolle.



16 000 Begriffe aus dem aktuellen Wissen über Lebensmittel und ihre Inhaltsstoffe werden in diesem Lexikon besprochen. Einem großen Autorenteam von 4 Herausgebern und 16 Autoren aus Wissenschaft und Praxis ist es gelungen, das Sachwissen übersichtlich und konzentriert darzubieten.

Dabei wurde auf ernährungswissenschaftliche Belange im Zusammenhang mit lebensmittelchemischen, technologischen und hygienischen Aspekten Wert gelegt. Neu aufgenommen wurden Begriffe aus den novel food und ethnic food Bereichen, sowie viele sekundäre Lebensmittelinhaltsstoffe.

Jedes Hauptstichwort beginnt mit einer Definition. Die Ausführungen der wichtigsten und interessantesten Fakten bei den Lebensmitteln betreffen Art, Sorte, den wissenschaftlichen Namen, die Zusammensetzung, Herkunft, Bedeutung für die menschliche Ernährung, Verarbeitung und Verwendung. Bei den Nahrungsinhaltsstoffen werden chemische Struktur, chemische, physikalische und lebensmitteltechnologische Eigenschaften, Vorkommen, Gewinnung, Verwendung, Bedeutung und physiologische Wirkung beschrieben.

Nutznieser des Werks werden alle auf dem Gebiet der Lebensmittel und Ernährung Tätigen sein, in Forschung, Lehre und Praxis, Lebensmittelhandel, Gaststätten, Gemeinschaftsverpflegung, Hauswirtschaft, Ernährungsindustrie und im Gesundheitswesen. Und auch interessierte Laien profitieren von diesem nützlichen Buch, da sie dann vielleicht in der Lage sind, die häufig erscheinenden „sensationellen“ Meldungen in den Medien zur Erhaltung und Erlangung der Gesundheit kritischer zu betrachten. CS

Trendbarometer Förderungen

- Am Technologiezentrum in Dortmund entsteht eine **lebenswissenschaftliche Innovationsplattform**, deren tragende Säule ein neues Max-Planck-Zentrum für Systembiologie sein wird. Die Plattform bündelt bislang isoliert betriebene Ansätze der Lebenswissenschaften und soll sowohl Grundlagenforschung betreiben als auch die dort gewonnenen Erkenntnisse in die Entwicklung neuer pharmazeutischer Produkte und Therapien umsetzen. Das **Land Nordrhein-Westfalen und die EU** werden das Projekt bis Mitte 2008 mit insgesamt 37 Millionen Euro unterstützen.
- Die **Westfälische Wilhelms-Universität in Münster** soll im Herbst 2007 ein neues Lehr- und Seminargebäude der Institute für Anorganische und für Physikalische Chemie erhalten. Der Fachbereich Chemie und Pharmazie ist mit fast 2400 Studenten in fünf Studiengängen einer der größten in Deutschland. Laut Rahmenplan wird das **Land Nordrhein-Westfalen** rund 28 Millionen Euro in diese Baumaßnahme investieren.
- Im Rahmen des NEST-Programms (New and Emerging Science and Technology), eine Initiative zur Förderung unkonventioneller und visionärer Forschung, stellt die **EU** 2,3 Mio. Euro in 3 Jahren für die **Entwicklung biologischer Nanomotoren** zur Verfügung. Ein internationales Wissenschaftler-Konsortium unter der Leitung vom Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie in Göttingen entwickelt in dem Projekt Nanomot die maßgeschneiderte Entwicklung und Herstellung künstlicher Systeme nach Bauplänen biologischer Funktionseinheiten. Ziel ist es, Nanomotoren zu entwickeln und deren Komponenten im Baukastensystem zu verkoppeln. Eine Anwendung wäre denkbar bei der Herstellung von DNA-, Protein- und Antikörper-Chips als miniaturisierte Plattformen für molekularbiologische und molekularmedizinische Untersuchungen sowie beim zielgenauen Einsatz von Medikamenten.
- Die **Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)** fördert mit knapp 6 Mio. Euro für nochmals drei Jahre den SFB 523 „**Protein- und Membrantransport zwischen zellulären Kompartimenten**“. Insgesamt 19 Einzelprojekte bewarben sich erfolgreich für die letzte DFG-Förderperiode. Es wird untersucht, über welche Signale Proteine und RNA in Körperzellen sortiert und transportiert werden und welche Mechanismen für Bildung, Transport und der Verschmelzung von Transport-Bläschen zur Verfügung stehen.
- Rund 2,5 Millionen Euro lässt die **Deutsche Forschungsgemeinschaft** ab April an die Uni Würzburg fließen. Die Mittel sind für Nachwuchswissenschaftler in der Chemie und Physik vorgesehen. Die Förderung kommt einem neuen Graduiertenkolleg zu Gute. Man untersucht schwache Wechselwirkungen zwischen Molekülen, insbesondere **aggregierte Pi-Systeme**.

Verhüllungskünstler: Für jede Wurst die richtige Hülle



Damit jede Wurst die richtige Hülle erhält, synchronisiert CaseTech aus Walsrode den innerbetrieblichen Material- und Informationsfluss.

CaseTech, ein Tochterunternehmen der Wolff Walsrode AG, produziert seit mehr als 75 Jahren Qualitätshüllen. CaseTech GmbH & Co. KG entstand aus der Kunstdarmparte der Wolff Walsrode AG, einer Tochtergesellschaft der Bayer MaterialScience AG, und bietet Hüllen für die Wurstproduktion sowie technische Dienstleistung für Wurstwarenhersteller an.

Aufwändige manuelle Prozesse können durch funkgestützte Lagerbewirtschaftung ersetzt werden. Dazu werden die Datalogic Terminals Viper DL 9600 RF3 in Zusammenarbeit mit dem Bremer IT-Unternehmen EFK GmbH kundenindividuell program-

miert und in das SAP-System integriert. Jede produzierte Charge wird mit dem Scanner erfasst.

Das Herzstück des Online-/ Offline-Konzeptes heißt Viper. Das mobile Terminal mit WLAN-Anschluss unterstützt die kabellose Kommunikation mit dem SAP. Um einen schnellen und zuverlässigen Informationsfluss zu gewährleisten, muss eine sauber strukturierte, standardisierte Datenübertragung eingerichtet werden. Die Kommunikation mit allen drahtlosen Endgeräten basiert auf der Datenfunktechnik von Cisco Systems.

Die Anbindung an das Rechenzentrum erfolgt über MCL-Collecting Tools. Das Software-Paket ermöglicht den Entwurf, die Simulation, Dokumentation, Installation und Kommunikation von Applikationen für die Datenerfassung in Batch und WLAN Umgebungen. Nur so konnte EFK eine Online- / Offline-Applikation umsetzen. Mit dem Pistolengriff liegt das Terminal gut in der Hand und die Lageristen können bequem bis zu dreißigtausend mal im Monat scannen. Das QVGA Farbdisplay (Quarter Video Graphics Array) mit einer Bildauflösung von 320 mal 240 Bildpunkten, Touchscreen und alphanumerische Tastatur bieten Komfort. Mit Schutzart IP64 ist er vor Staub und Wasser geschützt und hält wiederholtem Fall aus 1,8 Metern stand. Ein robuster Computer, der sich ideal für Lageranwendungen eignet.

Mit dem System zur automatischen Identifikation optimiert CaseTech Lagerprozesse: Papier fällt weg, das Unternehmen spart Zeit, Falschlieferungen werden vermieden, Reklamationen entfallen. Gleichzeitig sind die Daten von CaseTech immer auf dem aktuellen Stand.

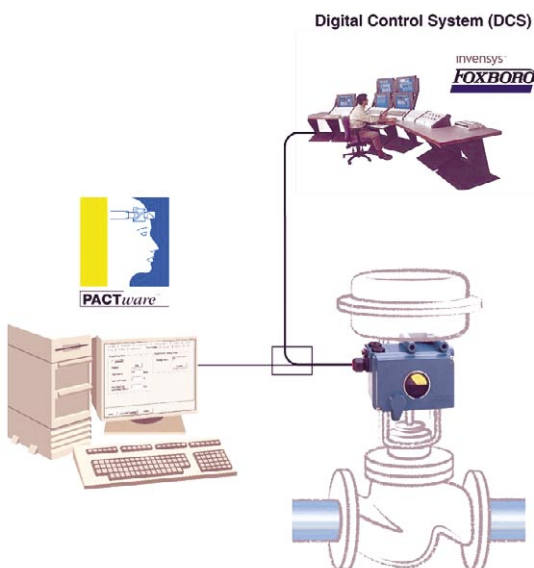
Intelligente Ventildiagnose-Software

Foxboro Eckardt entwickelt und fertigt hochwertige Geräte, Software und Systeme für die Mess- und Regelungstechnik und Prozessautomatisierung. Ein breites Spektrum an Dienstleistungen bietet Lösungen von der Planung bis zum Service. Unsere Produkte sind weltweit millionenfach im Einsatz.

Foxboro Eckardt gehört zu Invensys, einem der weltweit führenden Unternehmen auf dem Gebiet der Prozessautomatisierung.

Die Ventildiagnose-Software VALcare für intelligente Ventildiagnose zur vorbeugenden Wartung ist verfügbar als Device Type Manager (DTM) zur Integration in Prozessleitsysteme, die auf der Field Device Tool (FDT)-Technologie basieren. Die Software gibt Auskunft über den Zustand des Ventils, ebenso kann der Stellungsregler mit dem Programm bedient und konfiguriert werden.

Eine Vielzahl von Funktionen wie: Intelligentes Alarm Management, Ermittlung der Stopfbuchsenreibung zur Verhinderung von Leckagen und blockierenden Spindeln und Teilhubtest (Partial Stroke Test) für sicherheitsgerichtete ESD-Armaturen stehen zur Verfügung. Die DTM's unterstützen dabei die Kommunikationsprotokolle Hart, Profibus PA, Foundation Fieldbus (FF) und FoxCom.



Foxboro Eckardt GmbH
70376 Stuttgart
Tel +49 (0)711 502 0
Fax +49 (0)711 502 597
www.foxboro-eckardt.com

Datalogic GmbH
73268 Erkenbrechtweiler
Tel 07026 608 0
Fax 07026 5746
www.datalogic.com

Neuer, leistungsstarker Schnelltrockner

Im neuen Wirbelschichttrockner TG 200 von Retsch sorgt ein konstanter warmer Luftstrom dafür, dass die zu trocknenden Partikel aufgewirbelt und so voneinander getrennt bleiben. Das Ergebnis ist ein schneller, schonender und gleichmäßiger Trocknungsprozess ohne stellenweise Überhitzung oder Agglomerationen, der ein aufgelockertes, gründlich durchmisches Produkt liefert.

Die Vorteile des neuen TG 200 auf einen Blick:

- Starkes Gebläse sorgt für optimalen Luftdurchsatz
- Maximale Trocknungstemperatur bis 150° C
- Digitale Regelung von Temperatur, Zeit und Gebläse
- Intervallbetrieb für bessere Durchmischung der Wirbelschicht

- 9 Trocknungsprogramme können gespeichert werden

- Einfache und sichere Bedienung

Im Vergleich zu herkömmlichen Trocknungsöfen, betragen die Trocknungszeiten im TG 200 nur zwischen 5 und 20 Minuten, was eine deutliche Zeitersparnis bedeutet. Die Einsatzmöglichkeiten des TG 200 sind vielfältig. Typische Probematerialien sind Kohle, Düngemittel, Pflanzen, Kunststoffe, Böden und Abfall. Der Schnelltrockner kann auch zum Trocknen von Analysensieben verwendet werden. Es stehen verschiedene Trocknungsbehälter in den Größen 0.3 l und 6 l und eine Auswahl an Filtereinsätzen zur Verfügung.

Das neue TG 200 stellt Retsch erstmals auf der Analytica (25. bis 28. April 2006 in München, Halle A1, Stand 121/220) vor.



Retsch GmbH

42781 Haan

Tel 02129 5561 155

Fax 02129 5561 213

www.retsch.com

At-line Tensiometer

Man taucht den Ansaugschlauch in ein mit der Probe gefülltes Becherglas, einen Knopfdruck und ein paar Sekunden später zeigt das Gerät die Oberflächenspannung auf dem integrierten Display an. Der Messbereich beträgt 20 – 73 mN/m mit einer Genauigkeit von +/- 0,5 mN/m.

Die Technik ist patentiert, das Gerät transportabel, mit dem optionalen Batteriesatz netzunabhängig und damit auch ideal geeignet für den Vor-Ort-Einsatz an einer Produktionslinie.

Die Bedienung ist mit der 3-Tasten-Konsole denkbar unkompliziert und anwenderunabhängig, die einfache Reinigung und Kalibrierung tragen dem Einsatz in industrieller Umgebung ebenfalls Rechnung. Ein denkbares Anwendungsgebiet ist die Überwachung der Additivmenge, beispielsweise von Tensiden, in Prozessflüssigkeiten. Die Oberflächenspannung korreliert direkt mit der Tensidkonzentration in einer wässrigen Lösung.

L.O.T.-Oriol GmbH & Co. KG
64293 Darmstadt
Tel 06151 8806 497
Fax 06151 8806 64
www.LOT-Oriol.com/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

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

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

At-line Tensiometer

L.O.T.-Oriol hat ein transportables Gerät für die Messung der Oberflächenspannung von Flüssigkeiten entwickelt. www.LOT-Oriol.com/de

Wursthüllen

CaseTech aus Walsrode bietet Hüllen für die Wurstproduktion sowie technische Dienstleistung für Wurstwarenersteller an. www.datalogic.com

Ventildiagnose-Software

Foxboro Eckardt vertreibt die Ventildiagnose-Software VALcare für intelligente Ventildiagnose zur vorbeugenden Wartung. www.foxboro-eckardt.com

Muffelofen

Drastische Zeitreduktion mit Mikrowellen-Muffelofensystemen von CEM: Phoenix Airwave sowie Phoenix SAS. 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

25. - 26. April 2006

IIR Deutschland GmbH
 Fachkonferenz Qualified Person
 ① www.iir.de/qualified-person

03. Mai 2006 – Köln

Klinkner & Partner
 Basistraining HPLC kompakt
 ① www.klinkner.de

03. - 04. Mai 2006 – Lübeck

Dräger Safety AG & Co. KGaA
 Professionelle Tauchtechnik
 ① www.draeger-safety.de

03. - 05. Mai 2006 – Karlsruhe

Forschungszentrum Karlsruhe
 Die Analytik von Luftschadstoffen
 ① www.umweltinstitut.de

04. Mai 2006 – Offenbach

Umweltinstitut Offenbach
 Das neue Geräte- und Produktsicherheitsgesetz
 ① www.umweltinstitut.de

04. - 05. Mai 2006 – Windisch (CH)

Schweizerische Chemische Gesellschaft (SCG)
 Prävention, Fehlersuche und -behebung in der HPLC
 ① www.sach.ch

04. - 05. Mai 2006 – Darmstadt

Zentrum für Graphische Datenverarbeitung
 PHP Seitengenerierung
 ① www.zgdv.de

04. - 05. Mai 2006 – Berlin

APPL-System
 Qualitätsmanagement im Labor
 ① www.appl-system.de

08. - 09. Mai 2006 – Karlsruhe

Forschungszentrum Karlsruhe
 Kalibriermessungen mittels kollimierter In-situ-Gamma-Spektrometrie
 ① www.umweltinstitut.de

08. - 11. Mai 2006 – Potsdam

IIR Deutschland GmbH
 Chancen und Risiken der Nanotechnologie
 ① www.iir.de

09. Mai 2006 – Dresden

Mettler Toledo GmbH
 Analytische Wägen und Prüfmittelüberwachung
 ① www.mt.com/labtalk

09. Mai 2006 – Gießen

Mettler Toledo GmbH
 PAT-Lösungen aus dem Hause Mettler Toledo
 ① www.mt.com/labtalk

16. - 18. Mai 2006

Dräger Safety AG & Co. KGaA
 Chemiekalienschutzanzüge
 ① www.draeger-safety.de

18. Mai 2006 – Offenbach

Umweltinstitut Offenbach
 Der betriebliche Beauftragte für Leichtflüssigkeitsabschneider, Sachkundelehrgang
 ① www.umweltinstitut.de

22. - 23. Mai 2006 – Weinheim

pro-isomehr Charter-Training
 Kalibrierung chem.-analytischer Prüfverfahren
 ● Dr. H.J. Kuss; Prof. H. Platen; Dr. S. Schömer
 ① www.pro-isomehr.com

23. Mai 2006 – Saarbrücken

Klinkner & Partner
 Basistraining DNA-Analytik
 ① www.klinkner.de

24. Mai 2006 – Weinheim

pro-isomehr Charter-Training
 Workshop Kalibrierung
 ● Dr. H.J. Kuss; Dr. S. Schömer
 ① www.pro-isomehr.com

24. Mai 2006 – Rostock

Zentrum für Graphische Datenverarbeitung
 Apache Webserver
 ① www.zgdv.de

29. - 30. Mai 2006 – Weinheim

pro-isomehr Charter-Training
 Haltbarkeit in Chemie, Pharmazie und Analytik
 ● Dr. M. Fünfrohen; Dr. M. Holz; Dr. Th. Trautwein; Dr. S. Schömer
 ① www.pro-isomehr.com

30. - 31. Mai 2006 – Baden (CH)

Schweizerische Chemische Gesellschaft (SCG)
 Kapillarelektrophorese. Beispiele für Trennoptimierungen
 ① www.sach.ch

31. Mai - 1. Juni 2006 – Weinheim

pro-isomehr Charter-Training
 Ringversuche in der chemischen Analytik
 ● G. Donnervert; Dr. M. Koch; Dr. S. Schömer
 ① www.pro-isomehr.com

Angebot zur Terminveröffentlichung: Basispreis 24 Euro

Sie veranstalten ein interessantes Seminar oder Symposium, führen eine Fortbildung durch oder halten einen Vortrag – und wollen darauf kostengünstig hinweisen?

Die CLB bietet eine Plattform. Eine typische 4-zeilige bis 5-zeilige Ankündigung, d.h. 160 bis 200 Zeichen kosten nur **24 Euro** (plus MWSt). Jede weitere Zeile berechnen wir mit 6 Euro.

Wir setzen die Veranstaltung auch auf unsere Webseite (Google-Suchergebnis für CLB: Platz 2 weltweit!).

Die CLB wird von unseren Abonnenten wie auch von monatlich im Wechsel ausgewählten Lesern aus Hochschule und Industrie gerne gelesen!

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



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

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

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

OPTISCHE TAUCHSONDEN

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

PARTIKELANALYSE



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

PH-MESSGERÄTE



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

REINIGUNGSMITTEL FÜR LABORGLAS



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

SAUERSTOFF-MESSGERÄTE



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

STERILISATOREN

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

TEMPERATUR-MESSGERÄTE

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



TEMPERATUR-MESSGERÄTE



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

THERMOMETER

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



VAKUUMKONZENTRATOREN

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

Fortsetzung von Umschlagseite 3 nebenan

Nobelpreisträger sprechen über ihre Arbeiten

377

sche Vortrag durch die oft große Anschaulichkeit der Darstellung ebenfalls noch zugänglich, so entziehen sich die Ausführungen Professor Yukawas über „Elementare Teilchen und Raum-Zeit-Struktur“ nicht nur der Darstellung in diesem Rahmen, sondern auch dem Verständnis für den Nichtfachmann, da sie — schon wegen der für die weitausgreifenden Gedanken nötigen Kürze — von Anfang an auf theoretischen Vorstellungen und Begriffen gründeten. So können nur einige interessante Punkte herausgegriffen werden:

Yukawa begann mit der Frage, ob denn wirklich die vielen Elementarteilchen sämtlich „elementar“ seien, ob nicht einige zusammengesetzt, d. h. durch Wechselwirkung der wirklich einfachen entstanden seien. In der Diskussion gab Professor Heisenberg darauf die Antwort, daß wir die heutigen Elementarteilchen alle als elementar ansehen müßten, bzw. daß die Frage nach ihrer Zusammensetzung eigentlich keinen Sinn habe: zwar könne man tatsächlich solche Teilchen „zerlegen“, wenn dieser Ausdruck hier erlaubt sei, aber es zeige sich dann, daß die „Teile“ dieser Zerlegung genau so groß oder gar größer als das ursprüngliche Teilchen seien — was verständlich wird, wenn wir die Masse-Energie-Beziehung berücksichtigen, wodurch Energie bei diesem Vorgang in Masse übergehen könne. Wir können daher nur sagen: diese Teilchen lassen sich ineinander umwandeln, sie sind aber ihrer Natur nach „elementar“ und nicht „zusammengesetzt“.

Ein zweites Problem ist der grundlegende Dualismus von Welle und Korpuskel auch für die Theorie der Materie. Beide sind untrennbar miteinander verbunden, sind gleichsam verschiedene Ansichten von demselben. Bisher ist die Theorie stets von der Wellentheorie ausgegangen und hat nachher durch Quantelung (im Sinne der Quantentheorie) die Verbindung zum korpuskularen Bilde geschaffen. Sollte man nicht einmal versuchen, den Weg umzukehren: mit der korpuskularen Ansicht zu beginnen und die Wellenbetrachtung erst später hinzuzufügen? „Dies ist gewiß nicht leicht“, so räumte Professor Yukawa ein, „weil wir dann den festen Grund der Raum-Zeit-Struktur der Relativitätstheorie verlassen“ — aber: für das Weltall gilt nach der allgemeinen Relativitätstheorie, daß der Raum-Zeit-Rahmen von der Verteilung von Materie und Energie in diesem Rahmen abhängig ist, anschaulich gesprochen: es gibt Raum nur dort, wo Materie oder Energie sind, die ihn „füllen“. So wäre vielleicht die Annahme möglich, daß eine solche Beziehung zwischen dem Raum-Zeit-Rahmen einerseits und der Verteilung von Materie und Energie in diesem Rahmen andererseits auch für die Mikrowelt der Elementarteilchen bestehe, wenn natürlich auch in anderer Weise als im Makrokosmos. Von hier aus sollte man dann versuchen, zu einer einheitlichen Theorie der Elementarteilchen zu kommen — wobei Professor Yukawa an dem Beispiel des Erscheinens und Vergehens von Teilchen zeigte, wie solche Gedanken theoretisch näher ausgeführt werden könnten.

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

b) Nach der Relativitätstheorie besteht zwischen der Energie E der Masse m eines Teilchens und der Lichtgeschwindigkeit c die Gleichung:

$$E = m \cdot c^2 \quad (\text{Einsteinsche Gleichung}).$$

Es läßt sich ableiten, daß diese Energie nur zwischen den Werten $+mc^2$ und $-\infty$ und $+\infty$ liegt, bzw. $-mc^2$ und $-\infty$ liegen kann, der Bereich zwischen $+mc^2$ und $-mc^2$ ist „verboten“. Ein Teilchen, das zu Beginn eines Vorganges eine positive Energie besitzt, muß nach der klassischen Physik immer positive Energie behalten: die Energie ändert sich ja stetig, und der verbotene Bereich wirkt wie eine unübersteigbare Grenze. In der Quantenmechanik aber ist dies anders:

Der „Sprung“ eines Elektrons von einer Bahn auf eine andere besagt, daß das Elektron von einem (z. B. höheren) in einen anderen (niederen) Energiezustand übergehen kann, ohne die dazwischen liegenden Energiezustände zu durchlaufen! Es ist deshalb durchaus denkbar, daß ein Elektron den verbotenen Bereich gleichsam „überspringt“ — „wir können daher negative Energiezustände nicht länger ausschließen“. Was aber bedeutet das?

Wir wollen einmal annehmen, es gäbe solche Zustände negativer Energie für „Elektronen“, und weiterhin, es gäbe für diesen Bereich der negativen Energie ebenfalls das *Pauli*-Prinzip: niemals können zwei Elektronen in genau dem gleichen Zustand sein (im Atom: niemals können zwei Elektronen eines Atoms in allen Quantenzahlen übereinstimmen). Es sollen nun alle möglichen Zustände negativer Energie besetzt sein, und zwar jeder mit einem Elektron. Weitere Elektronen mögen daneben im positiven Energiezustand vorhanden sein. Da „unten“, im negativen Bereich, alles besetzt ist, können solche Elektronen nicht zu Zuständen negativer Energie übergehen: diese Elektronen positiver Energie sind also diejenigen, die wir beobachten können.

Nun sei durch irgend einen physikalischen Vorgang ein umgekehrter Sprung ausgelöst worden: ein Elektron springt aus einem Zustande negativer Energie in einen solchen positiver Energie über. Damit ist ein Elektron (negativ geladen) in positivem Energiezustand „entstanden“, deren Zahl hat sich also vermehrt. Dafür besteht jetzt im negativen Energiebereich ein „Loch“. Hier fehlt ein Elektron, das nicht nur, wie alle Elektronen, negative Ladung, sondern auch einen negativen Energiezustand besaß. Das Fehlen von etwas Negativem bedeutet aber das Dasein von etwas Positivem: ein solches „Loch“ hat also den Charakter eines Teilchens mit positiver Energie und positiver Ladung — wir nennen es ein Positron.

Springt jetzt ein Elektron aus dem Bereiche positiver Energie in dieses „Loch“, so verschwindet „oben“ ein Elektron, und unten zugleich das „Positron“ — d. h. Elektron und Positron entstehen immer gleichzeitig und vergehen auch paarweise. Das ist die berühmte „Löchertheorie“ der Positronen, die *Dirac* schon 1930 aufstellte und für die er — bzw. für die daraus resultierende Voraussage eines positiven Teilchens, des Positrons — den Nobelpreis erhielt.

Diracs Lindauer Vortrag vor drei Jahren hatte eine gewisse „Sensation“ erregt, da er versuchte, den durch die Relativitätstheorie „abgeschafften“ Lichtäther und damit auch den Gedanken einer „absoluten Zeit“ wieder in die Diskussion einzuführen⁶⁾. „Sie werden neugierig sein“, sagte Professor *Dirac*, „wie der gegenwärtige Stand in Hinblick auf den Äther ist“.

Der Zusammenhang der Äther- mit der Elektronentheorie ergibt sich daraus, daß *Dirac* die Überzeugung der heutigen Physiker, man könne den Sprung eines Elektrons aus dem negativen in den positiven Energiebereich ohne Hinzuziehung eines „Äthers“ verständlich machen, nicht teilt. Diese Theorie arbeitet mit „bloßen Elektronen“ und „ich glaube nicht, daß ein Argument, das auf bloßen Elektronen basiert, irgend eine Gültigkeit hat“. Nötig sei eine Theorie, in der „bloße Elektronen“ nicht nur verboten, sondern tatsächlich unfaßbar seien. Und in seiner lebenswürdigen Art setzte *Dirac* hinzu: „Ich würde Ihnen gern über einen Gedanken erzählen, der für diese Art Theorie eine Basis schaffen mag“. Wir wollen versuchen, diesen einigermaßen verblüffenden und überraschenden „Gedanken“ zum Abschluß unseres Berichtes über den *Diracschen* Vortrag darzustellen.

Das neue Bild des Elektrons: In Übereinstimmung mit dem ursprünglichen Bilde *Faradays* vom „elektrischen Feld“ sei angenommen, daß ein solches Feld in einem gewissen Raume durch die Verteilung der „elektrischen Kraftlinien“ (wie sie in jedem Schullehrbuch dargestellt ist) vollständig bestimmt ist. Die Richtung der Kraftlinien in jedem Punkte gibt die Richtung des Feldes, die Dichte (hier = Gedrängtheit) der Kraftlinien die „Dichte“ des Feldes an. Nach der klassischen Auffassung müssen diese Kraftlinien unendlich dicht beieinander liegen, der stetigen Verteilung der Energie im Raume entsprechend. Für die Quantentheorie dürfen wir dann — vorerst nur als Annahme — voraussetzen, daß diese Kraftlinien alle voneinander gesondert sind: jede Kraftlinie ist jetzt mit einem bestimmten Betrage elektrischer Ladung verbunden. Hat diese Kraftlinie „Enden“ (ist also nicht in sich geschlossen), so wird diese Ladung am einen Ende mit positivem, am anderen Ende mit negativem Vorzeichen erscheinen, getreu dem alten Lehrsatz: die elektrischen Kraftlinien des elektrostatischen Feldes beginnen und enden in den Ladungen. Und nun kommt eine weitere Annahme, und zwar nach *Dirac* die naheliegende, „natürliche“: der Betrag der Ladung ist für jede der Kraftlinien des Feldes derselbe, eben = der „elektrischen Ladung“.

Dieses Modell eines quantifizierten elektrischen Feldes legt *Dirac* nun seiner Elektronentheorie zugrunde: an Stelle von „Elementarteilchen“ haben wir jetzt unterschiedene einzelne „Fäden“, nämlich Kraftlinien. Diese Fäden werden sich, genau wie die Teilchen, gegenseitig beeinflussen, sie werden sich bewegen,

⁶⁾ Vgl. diese Ztschr. 4, 535 [1953].

„Als ich diese Theorie zuerst 1930 vertrat“, so fuhr Professor *Dirac* dann fort, „behinderte mich das Problem des Vakuums nicht sehr“. Inzwischen aber hat sich dies geändert und dieses Problem: Was ist das Vakuum? Wie können wir es theoretisch fassen?, drängte sich ihm immer stärker auf. Schließlich kann man ja keine Theorie der Materieteilchen aufstellen, wenn man nicht weiß, was ihr Gegenteil, das Leere, das Vakuum, seiner Natur nach ist. Die Theorie scheint hier gefährlich nahe daran zu sein, in philosophische Probleme abzugleiten, und es bedarf bei solchen Gratwanderungen wahrhaft eines „schwindelfreien“ Wanderers. Die Ergebnisse, die *Dirac* von seinen Untersuchungen gab, sind daher für den Außenstehenden auch befremdend genug.

Was ist das Vakuum?

In einem Vakuum gibt es offensichtlich keine Elektronen und keine Positronen, es ist eben „leer“. Genauer heißt dies aber doch: es gibt keine (negativ geladenen) Elektronen positiven Energiezustandes und entsprechend keine „Löcher“ im negativen Energiebereich — und das bedeutet: der negative Energiebereich ist mit Elektronen voll besetzt. „Wir erhalten so ein Bild des Vakuums als einem Meer von negativen Energie-Elektronen — sehr fern von dem üblichen Bilde eines leeren Raumes. Es ist eine unendliche tiefe See, entsprechend einer unendlichen Dichte von Elektronen“ negativer Energie. Können wir dieses seltsame Bild mit unserer Vorstellung vom „leeren Raume“ in Einklang bringen?

Dirac hatte beim Aufstellen seiner „Löcher“-Theorie angenommen, daß dieses Meer unendlich ruhig sei, d. h. physikalisch gesprochen: in Abwesenheit elektromagnetischer Felder in jenem Vakuum sei sein Zustand so völlig gleichförmig, daß man ihn gar nicht beobachten kann. Berechnet man nun aber „die Dichte der Elektronen im Vakuum“, so zeigt sich, daß sie keineswegs gleichförmig und konstant ist, sondern daß sie nach einem Wahrscheinlichkeitsgesetz variiert: anschaulich gesprochen ist dieses Meer stark bewegt, die Schwankungen der Dichte entsprechen Wellen erheblicher Amplitude. Und mit diesen Schwankungen gehen einher — denn auch Elektronen negativen Energiezustandes haben ihr *Coulombsches* Feld um sich — entsprechende Schwankungen des elektrischen Feldes.

Betrachten wir nun nach dem bisherigen das Vakuum als den Zustand der überhaupt möglichen geringsten Energie eines Raumbereiches, so zeigt sich, daß wir zu seiner theoretischen Erfassung eine Wellenfunktion benötigen, ähnlich wie wir zur Beschreibung des Zustandes geringster Energie eines Moleküls eine Wellenfunktion brauchen. Wahrscheinlich wird diese Wellengleichung des Vakuums mathematisch äußerst kompliziert sein, aber — so versicherte *Dirac* tröstend — „man braucht sich nichts daraus zu machen, wenn sie kompliziert ist, vorausgesetzt, daß sie gut definiert ist“.

Professor *Dirac* hat auch schon versucht, eine solche Wellengleichung aufzustellen: „Sie ist nicht genau und ich weiß nicht, ob die Methode verbessert werden kann, um eine genaue Lösung zu ermöglichen“.

und „ihre Lagen und Geschwindigkeiten werden genau so unbestimmbar sein wie nach *Heisenbergs* Unbestimmtheitsrelation die Teilchen“.

Es können nun bei diesen Fäden drei Formen auftreten:

1. Sie sind endlos, also kreisförmig oder auf andere Weise in sich geschlossen.
2. Sie erstrecken sich nach beiden Seiten ins Unendliche. In diesem Falle stellen sie elektromagnetische Wellen oder „Photonen“ dar.
3. Jeder Faden hat zwei Enden, an jedem Ende sitzt die Ladung $\pm e$.

Nun gibt es für die dritte Form wiederum zwei Möglichkeiten:

a) Endet der Faden auf der einen Seite frei im Raum, so läßt sich dieses freie Ende je nach der Art der Ladung als ein Elektron oder als ein Positron ansehen. Sind beide Enden frei, so haben wir ein Elektron-Positron-Paar — und beim „Durchschneiden“ des Fadens entstehen zusammen ein Elektron und ein Positron.

b) Ein nicht freies Ende kann an einem Kern oder an einem Meson verankert sein — das bedeutet dann, daß das betreffende Materieteilchen eine entsprechende elektrische Ladung trägt. Da nur eine ganze Zahl von Fäden an einem Materieteilchen enden kann, muß jede elektrische Ladung ein ganzes Vielfaches der Elementarladung sein.

Nach diesem Bilde des Elektrons ist dieses also nichts anderes als ein „Ende“ eines solchen Fadens. Das *Coulombsche* Feld, das zu diesem Elektron gehört, ist der Faden selbst (in der Nähe des Endes). Dieses Modell erfüllt die obige Forderung: es kann kein Elektron ohne sein Feld geben, wie es kein Fadenende ohne Faden geben kann.

Doch noch etwas ist zu berücksichtigen: das Feld um ein Elektron ist nach der klassischen Physik — wenigstens in der Nähe — kugelsymmetrisch, nach diesem Bilde ist es aber in einer einzigen Kraftlinie lokalisiert. Doch man darf nicht vergessen, daß es ein quantenmechanisches Bild ist: über die Richtung, in der diese Kraftlinie sich erstreckt, besteht immer die Ungewißheit, die aus der Ungenauigkeitsrelation folgt. Das heißt: wir dürfen annehmen, daß in einem bestimmten Elektronenzustand alle Richtungen gleich wahrscheinlich sind — und damit erhalten wir wieder eine kugelsymmetrische Verteilung des Feldes um das Elektron.

Mit diesen Ausführungen, so betonte Professor *Dirac*, ist natürlich nur ein Ansatz für eine Theorie gegeben, die aber „auf manche Weise sehr anziehend ist“. Sehr viele Probleme sind noch zu lösen, sehr viele Schwierigkeiten zu überwinden — aber der Weg erscheint gangbar. (Vielleicht dürfen wir hoffen, auf der nächsten Physikertagung von Nobelpreisträgern in Lindau die Weiterentwicklung dieses Gedankens zu hören.)

Elementare Teilchen und Raum-Zeit-Struktur

War der *Heisenbergsche* Vortrag durch die logische Konsequenz und den klaren Aufbau wenigstens im Hören denkend nachzuvollziehen, war der *Dirac-*

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>