

# CLB

*Chemie in Labor und Biotechnik*

Analytik

Biotechnik

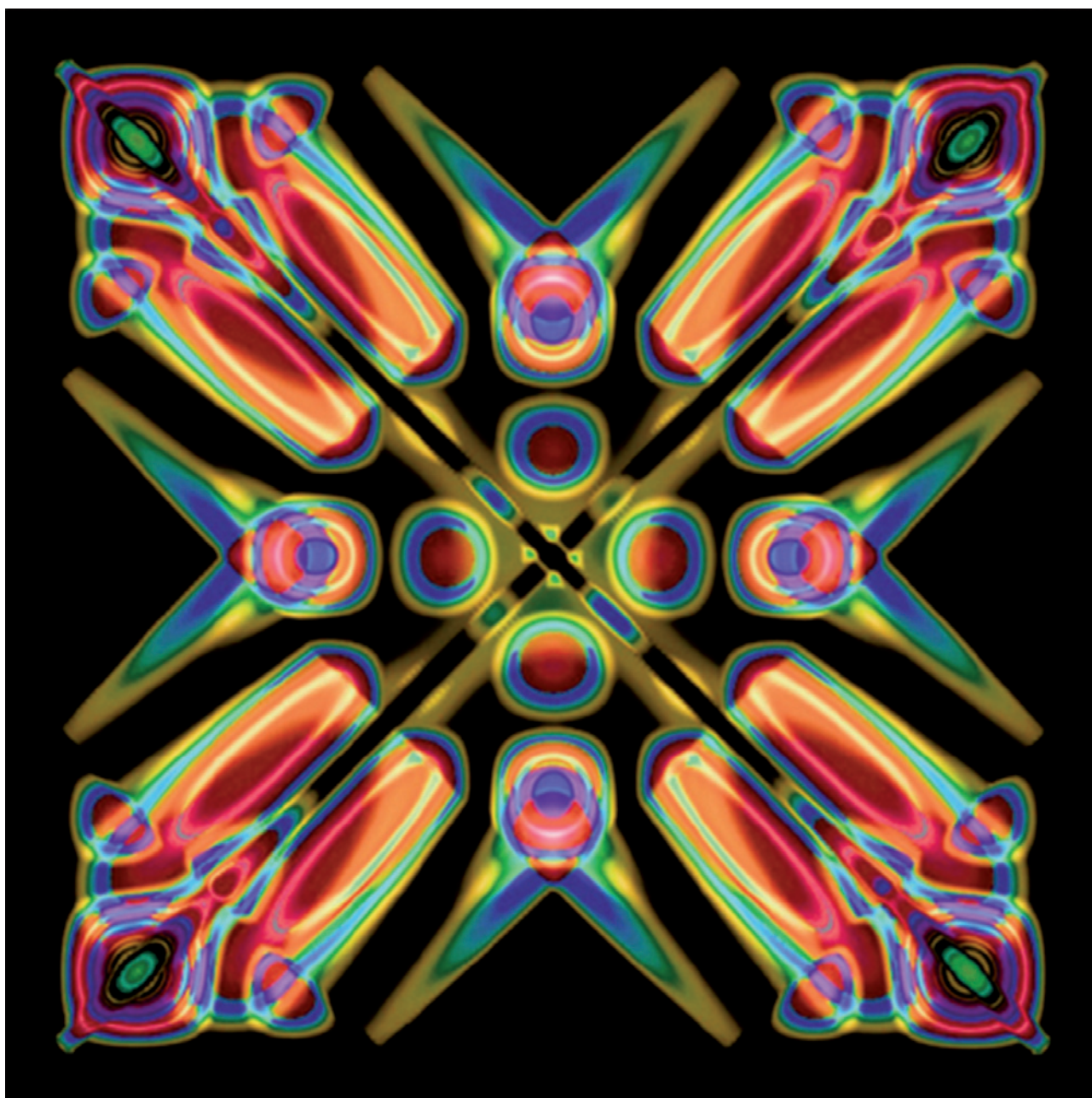
Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung



- Prognostik und Simulationen
- Forschung in der Türkei

- Weichmacher
- Chemielabor historisch



Neue Kunststoffe werden heute gezielt mit Unterstützung von Computersimulationen entwickelt. Daß in der Frühzeit der Kunststoffherstellung auch der Zufall eine Rolle spielte zeigt dieser Artikel aus dem Jahre 1958.

418

## Die Erfindung der Perlon-Faser

Die Geschichte einer Faser und ihres Erfinders

Von Dr. J. Hausen, Berlin

Seit etwa 1937 liefen im Forschungslabor der *Aceta* in Berlin-Lichtenberg — einer gemeinsam von der damaligen *IG-Farbenindustrie* und den *Vereinigten Glanzstoff-Fabriken* gegründeten Acetat-Kunstseidefabrik — Versuche zur Polykondensation verschiedener kettenförmiger Substanzen, u. a. von Aminosäuren. Doch lange war das Ergebnis sehr unbefriedigend geblieben: man hatte meist braune, krümelige und spröde Massen erhalten, mit denen man nichts anzufangen wußte.

Bis eines Tages — es war am 29. Januar 1938 — einer dieser Versuche ein überraschendes und vielversprechendes Ergebnis brachte: Dr. *Paul Schlack*, damals Leiter des Forschungslabors der *Aceta*, erzählt selbst, wie überrascht er von dem unerwarteten Ergebnis gewesen ist:

„An jenem Vormittag wollte ich meinen Augen kaum trauen. Der am Tage zuvor in der Wärme dünnflüssige, wasserhelle Inhalt des Bombenrohrs, der in der Nacht auf 230° bis 240° C erhitzt worden war, war zu einer graugelben, festen Masse erstarrt. Wir öffneten das Rohr und zogen aus ihm einen Formkörper heraus, der wie ein langgestrecktes Schiffchen aussah. Schon der erste Griff belehrte uns: das war keine harte, spröde Masse, wie wir sie bei den früheren Versuchen erhalten hatten, das war ein zäh-elastisches, geschmeidiges Material. Wir erwärmten die Substanz: sie schmolz ziemlich scharf zu einer dünnflüssigen Masse. Wir tauchten einen Glasstab in die Schmelze und zogen ihn heraus. Es bildete sich ein langer Faden. Wir versuchten ihn zu zerreißen. Aber er ließ sich kalt auf das Mehrfache seiner Länge verstrecken und wurde dabei außerordentlich fest. Wir bestimmten sofort seine Reißfestigkeit. Er war fester als Naturseide. Kein Zweifel: das Material war hochpolymer, ein hervorragender Faser-Rohstoff!“

Das war die Geburtsstunde der ©Perlon-Faser. In einem Laboratorium in Berlin-Lichtenberg trat sie in jene Welt, in der ihr ein so großartiger textiltchnischer und wirtschaftlicher Siegeszug bestimmt sein sollte. Der sie fand, Dr. *Paul Schlack*, wurde kürzlich anlässlich der Festsitzung der *Gesellschaft Deutscher Chemiker* im Rahmen der *ACHEMA-Tagung 1958* in Frankfurt a. M. in Anerkennung seiner wissenschaftlichen Leistungen bei der Erforschung der Linear-Polymerisation des  $\epsilon$ -Caprolactams, die zur Erfindung des Perlons führte, mit der *Adolf von Baeyer-Denkminäze* ausgezeichnet<sup>1)</sup>. Dr. *Schlack*, der heute als Direktor der *Farbwerke Hoechst* tätig ist, stand damals im 41. Lebensjahr, er war seit 1926 Leiter dieses Forschungs-Laboratoriums. Er hatte planvoll darauf hingearbeitet, synthetisch hochmolekulare faserbildende Sub-

<sup>1)</sup> Vgl. diese Ztschr. 9, 312 [1958].

Die Erfindung der Perlon-Faser

419

stanzen zu entwickeln. Der Erfolg war nichts weniger als Zufall, er fiel ihm als Ergebnis vieler Überlegungen und Versuche zu, deren Beginn damals schon über ein Jahrzehnt zurücklag.

### Frühe Berührung mit der Chemie

Wie war der Mann, der sich rühmen darf, der Welt die Perlon-Faser und damit die neben der Nylon-Faser zweite vollsynthetische Faser geschenkt zu haben, überhaupt zur Chemie, wie war er zum Faserstoff-Gebiet gekommen? Den gebürtigen Stuttgarter — er wurde in der Hauptstadt Württembergs am 22. Dezember 1897 geboren — zog es schon frühzeitig zu den Geheimnissen der Alchimie, die sich dem Buben im Hofe einer alten Apotheke, der *Morstatt*-schen Apotheke, die sich im Hause naher Verwandter in Bad Cannstatt befand, eröffneten.

Auf dem humanistischen Eberhard-Ludwigs-Gymnasium, das der Heranwachsende dann bezog, nahm er gierig alles auf, was den Schülern an physikalischem und chemischem Unterrichtsstoff nahegebracht wurde. Dazu gehörte die Optik, und dazu gehörte auch die Photographie, die in jenen Jahren aufzublühen begann und im Begriffe stand, ihren Weg vom Berufphotographen zum Amateur zu nehmen. Photographieren — das war etwas, was man selber ausüben konnte. Da es am nötigen Taschengeld fehlte, mußte *Schlack* sich vieles selber basteln. Eine Kamera mit Momentverschluß entstand, und auch die Bäder setzte er sich selber an. In den Bibliotheken, zu deren regelmäßigen Besuchern er bald zählte, gab es Fachbücher, aus denen man die nötigen Informationen beziehen konnte. Der Weg zu einem „technischen“ Beruf zeichnete sich in diesen Interessen schon frühzeitig ab.

### Studium und Assistentenzeit

Als dann der junge Abiturient, noch nicht 18 Jahre alt, vor der Wahl seines Studienfaches stand, riet ihm sein alter Chemielehrer zum chemischen Studium. Er ging an die Technische Hochschule seiner Vaterstadt, an der damals Professor *William Küster* als bedeutender Chemiker und Lehrer wirkte. Aber schon bald mußte er Soldat werden, und erst nach Beendigung des 1. Weltkrieges konnte *Schlack* sein Studium fortsetzen und abschließen. Es folgte eine Assistentenzeit am Kopenhagener Laboratorium von *N. Troensegaard*. Hier hatte *Schlack* viel mit Eiweiß-Stoffen zu tun, er mußte sich in ein ihm fremdes Gebiet einarbeiten, lernte Eiweiß-Stoffe abzubauen, ihre Bruchstücke zu analysieren und physikalisch-chemisch näher zu untersuchen. Er kam auch mit den Ideenkreisen anderer Wissenschaftler in Berührung.

Damals beobachtete er häufig, daß sich aus konzentrierten Lösungen von Eiweiß-Stoffen in organischen Lösungsmitteln mit einem Glasstab, den man eintauchte und wieder herauszog, lange und geschmeidige Fäden ziehen lassen, die wie Seide aussahen. *Schlack* ahnte noch nicht, wie sehr ihn diese Erschei-

420

Die Erfindung der Perlon-Faser

nung später beschäftigen sollte und daß die eiweißartigen Polyamid-Fäden einmal seine eigentliche Lebensarbeit werden sollten.

Nach seiner Rückkehr aus Kopenhagen ging der junge Chemiker zunächst wieder als Assistent zu Professor *Küster*. Dann aber sah er sich vor die Entscheidung gestellt: Hochschule oder Industrie? Er entschied sich für die letztere, ging in die Industrie — und kam sogleich in engste Berührung mit der Chemie der Faserstoffe.

### Cellulosefasern „animalisieren“

Die Bedeutung der Cellulosekunstfasern war damals in raschem Steigen begriffen. Für den Chemiker aber, der auf diesem Gebiete tätig war, wurde der große Nachteil immer deutlicher, der in der einseitigen Bindung dieser gesamten industriellen Entwicklung an die Cellulose als den einzigen Rohstoff lag. Sie ist ein chemisch nur wenig wandlungsfähiger Rohstoff; man hatte zwar Ester und Äther aus ihr gewinnen können; einer Annäherung an die tierische Faser, an Wolle und Seide, die vor allem aus färberischen Gründen erwünscht schien, waren jedoch enge Grenzen gesetzt. Kombinationen von Cellulose mit hochmolekularen basischen Stickstoff-Verbindungen hatten sich nicht in haltbarer Form erhalten lassen. *Schlacks* Gedanken kreisten immer wieder um das Problem, die Cellulosefaser zu „animalisieren“, und als er 1926 als Leiter der Laboratorien der *Aceta* nach Berlin gekommen war, begann er sogleich, nach hochmolekularen Fadenmolekülen zu suchen, die für diese Zwecke geeignet sein könnten.

Natürliche Proteine zu verwenden, erschien unzumutbar; sie waren chemisch zu labil und in ihrem Bau zu wenig durchsichtig. Synthetisch Eiweißkörper aufzubauen, die die gleichen Eigenschaften haben sollten wie etwa Gelatine, war damals noch ziemlich aussichtslos. So blieb nur der Versuch, nach dem Vorbild der Natur Peptidketten aus Aminosäuren zu synthetisieren. Es gab damals zwar schon eine Reaktion, die in einem Zuge eine ganze Reihe von Aminosäure-Resten zu einer Kette miteinander verband, die sogenannte *Leuchs'sche* Reaktion. Aber die nach ihr gewonnenen Produkte waren für die Beimischung zu Cellulose-Spinnlösungen zu wenig löslich.

### Revue der Aminosäuren

Sollte es nicht doch möglich sein, — das war die Frage, die *Schlack* sich schon 1929 vorlegte, zu einer Zeit, als noch kaum jemand daran dachte, synthetische Fasern auf dem Wege der Polykondensation zu machen — Aminosäuren zu geeigneten Ketten miteinander zu vereinigen? Er ließ die bekannten Aminosäuren Revue passieren. Da war zunächst die einfachste von ihnen, die Aminoessigsäure, das Glykokoll. Es erschien für den Aufbau längerer Ketten durch Erhitzen nicht sehr geeignet. Es folgte die  $\beta$ -Aminopropionsäure mit drei Kohlenstoffatomen. Sie zersetzte sich in der Hitze leicht, schien also kaum

Die Erfindung der Perlon-Faser

421

besser geeignet. Die nächste Aminosäure war die  $\gamma$ -Aminobuttersäure mit vier Kohlenstoffatomen. Sie zeigte beim Erhitzen innermolekulare Ringbildung, und ebenso verhielt sich die  $\delta$ -Aminovaleriansäure. Auch die nächste im Reigen, die  $\epsilon$ -Aminocaprionsäure bildete unter Wasserabgabe einen Ring, ein Lactam mit 7 Ringatomen, das in der Literatur als stabile Substanz beschrieben war.

Aber die Forscher, die sich mit diesem Lactam beschäftigt hatten, hatten neben ihm immer auch ein harzartiges Produkt erhalten, möglicherweise ein langkettiges Produkt, das offenbar immer neben dem Lactam entstand. Sollte es, diese Frage drängte sich *Schlack* auf, nicht möglich sein, auf diesem Wege ein Fadenmolekül in die Hand zu bekommen, das man bei der Kunstfasererzeugung wenigstens hätte mitverwenden können? Daneben konnte man an Polyester denken, die sich aus Glykolen und Dicarbonsäuren aufbauen lassen mußten. *Schlack* ahnte nicht, daß zu dieser Zeit *W. H. Carothers* in Amerika gleichartige Versuche anstellte.

### Hemmnisse und Schwierigkeiten

Alle seine Überlegungen und Versuche aber stießen auf ungeahnte Hemmnisse und Schwierigkeiten. Die Anfang der dreißiger Jahre zu ihrem Höhepunkt angestiegene Weltwirtschaftskrise ließ derartige Versuche mit relativ teuren Substanzen als „brotlose Künste“ und damit als unerwünscht erscheinen. Schwerer wog noch, daß nach den Kenntnissen von der hochmolekularen Chemie, die damals rasch an Umfang gewannen, der von *Schlack* versuchte Weg der Polykondensation wenig aussichtsreich erschien. Man hatte damals in der Polymerisation von Vinylverbindungen einen Weg zu synthetischen hochmolekularen Substanzen zur Verfügung, der Fäden und Folien von recht guten Eigenschaften lieferte. Tatsächlich war die erste, allerdings nur beschränkt verwendungsfähige synthetische Faser, die aus nachchloriertem Polyvinylchlorid gewonnene sog. „PeCe-Faser“, eine Polymerisat-Faser.

Mit Polykondensations-Produkten von linearem, fadenförmigem Molekelbau auch nur annähernd derartige Eigenschaften erreichen zu wollen, erschien nach allem, was man damals von der hochmolekularen Chemie wußte, praktisch ausgeschlossen. Erst recht nicht konnte man von solchen Polykondensaten, wenn sie sich überhaupt erhalten ließen, höhere Festigkeiten, etwa wie die der Naturseide, damals das Vorbild aller Kunstfaser-Forscher, erwarten. Hinzu kam, daß die Ausgangsstoffe für Polykondensate äußerst kostspielig waren. Eine schlechtere Faser mit den mehrfachen Kosten der Naturfaser machen zu wollen, erschien aber alsbarer Unsinn.

### Durchbruch zu neuen Möglichkeiten

Es bedurfte eines durchschlagenden Erfolges, um alle diese Hemmnisse und Schwierigkeiten aus dem Wege zu räumen. Dieser Durchbruch gelang dem Amerikaner *Wallace Hume Carothers*. *Carothers* arbeitete damals bei *DuPont*,

Fortsetzung auf Umschlagseite 3



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

unabhängig, überparteilich – so war die CLB schon immer. Der Türkei-Bericht unseres Stammautors Prof. Wolfgang Hasenpusch ab Seite 48 zeigt: Ganz egal, welche Politiklinie sich durchsetzt – EU-Mitgliedschaft oder qualifizierte Partnerschaft: Die Forschergemeinde sollte auf die Türkei setzen. Das Land fördert die Forschung überdurchschnittlich – von zugegeben niedrigem Niveau aus. Andererseits benötigt es die Unterstützung anderer Länder, gerade um diese Förderung auch umsetzen zu können.



Ebenso hat unsere Zeitschrift auch schon immer fachübergreifend berichtet. In meinem Artikel ab Seite 54 über die Prognostik gehe ich das Wagnis ein, zehn Jahre in die Zukunft zu blicken. Vor zehn Jahren habe ich das schon einmal gemacht, und es ist mir gut gelungen. Prognostik hat allerdings etwas mit Evolution zu tun, und die geht nicht nur in die Tiefe, sondern auch in die Breite. Daher wird der Prognoseerfolg, den ich hatte, nicht unbedingt zu wiederholen sein. Auch wenn die reale Entwicklung der Computertechnik, auf die ich mich ja im Wesentlichen beziehe, von meiner Prognose abweicht: Die Haupt-Trends sind absehbar: Hochleistungsfähige Einzelplatzrechner, eher genutzt in der Forschung als in der Familie, ebenso hochleistungsfähige Spielekonsolen, dazu Kleincomputer im Handyformat, zu allem fähig, was man sich derzeit vorstellen kann – und noch mehr.

Ich rechne damit, dass solche Computer durch Flatrate-Verbindung ins Web 2.0 bis 3.0, dem semantischen Web, und ihrer Leistungsexplosion auch zu einem tragbaren Realzeit-Übersetzer führen. Vielleicht passiert das auch erst in 15 Jahren. Anders jedoch als vor 20 Jahren, als man die Entwicklung künstlicher Intelligenz durch Computer viel zu euphorisch beurteilte – insbesondere dadurch, dass man die Komplexität der zu bewältigenden Aufgaben falsch einschätzte, ist die Zeit dafür nun reif. Da stellt sich mir die Frage: Wie reagiert die Politik auf entsprechende gesellschaftliche Konsequenzen? Wer will denn noch jahrelang Fremdsprachen in der Schule lehren, wenn Maschinen für uns in Echtzeit übersetzen? Feinheiten der Sprache werden damit natürlich übergangen.

Für Sprach-Spezialisten wird eine entsprechende Ausbildung weiterhin Sinn machen. Die Mehrzahl der Menschen jedoch will einfach im Alltag kommunizieren. Es sollte jetzt schon Anstrengungen geben, große Teile der Heere von Studierinteressenten für Fremdsprachen an Naturwissenschaften und Technik hinzuzuführen; schließlich folgt nach einem Lehramtsstudium eine Arbeitszeit von ca. 40 Jahren. Da benötigen wir die Leute, die uns in Zukunft weiter nach vorne führen. So schön es für Sie noch sein mag, liebe Fremdsprachenlehrer, Shakespeare oder Molière an große Schülerzahlen heranzutragen: Vergesst dieses Szenario; bald ist es Schnee von gestern. Unsere Gesellschaft muss sich auf Wettbewerbsfähigkeit hin optimieren, und die findet auch über die absehbare Zeit hinaus über Naturwissenschaft, Technik, Medizin und Mathematik (Wirtschaftsoptimierungen, Logistikoptimierungen etc.) statt.

Welches Potenzial in der Computertechnik liegt erkennt man zur Zeit verstärkt an Simulationen, sei es in der Chemie, der Biotechnik oder in der Verfahrenstechnik. In dieser CLB gibt es etliche Beispiele, etwa auf den Seiten „Forschung und Technik“ ab Seite 70. Auch die Verbindung von Technik und Medizin, die ich immer wieder mit großem Interesse verfolgen, schreitet konsequent voran. Illustrativ macht dies unsere Rubrik „F&E im Bild“ auf der übernächsten Seite deutlich. Und nicht zuletzt zeigt ein Blick in die mittlere Vergangenheit, ins Mittelalter, das ja nur rund 15 Generationen von uns entfernt ist, wie schnell der Fortschritt seither schon war (siehe Artikel „Historischer Streifzug durch das chemische Labor“ ab Seite 65). Nun müssen wir mit der Pedalschlagzahl ein bisschen zulegen, um nicht abgehängt zu werden. Und die Schlagzahl ist nicht primär die technische Entwicklung: Der Staat muss entschlackt werden. So forderte es übrigens auch BASF-Chef Hambrecht (siehe Seite 44). Für sein Unternehmen will er selbst dafür sorgen. Versuchen Sie es in ihrem Verantwortungsbereich auch, liebe Leserinnen und Leser,

Ihr

# INHALT

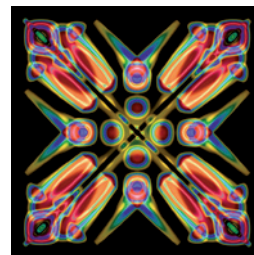
## Aufsätze

Gastprofessur am TÜBITAK MRC Forschung in der Türkei _____	48
Ähnlichkeiten von Entwicklungen im Kosmos, in Biologie und Gesellschaft Probleme mit Prognosen _____	54
Neuentwicklungen von Weichmacher für Kunststoffe Den angeschlagenen Ruf der Hilfsstoffe verbessern _____	62

## Rubriken

Editorial _____	41
Impressum _____	43
F & E im Bild _____	43
Unternehmen _____	44
Personalia _____	46
Förderungen / Preise _____	47

<b>Aktuelles Ereignis</b>	
Sonderausstellung „Historischer Streifzug durch das chemische Labor“ _____	65
Forschung und Technik _____	70
Literatur _____	75
Neue Produkte _____	77
Bezugsquellenverzeichnis _____	79



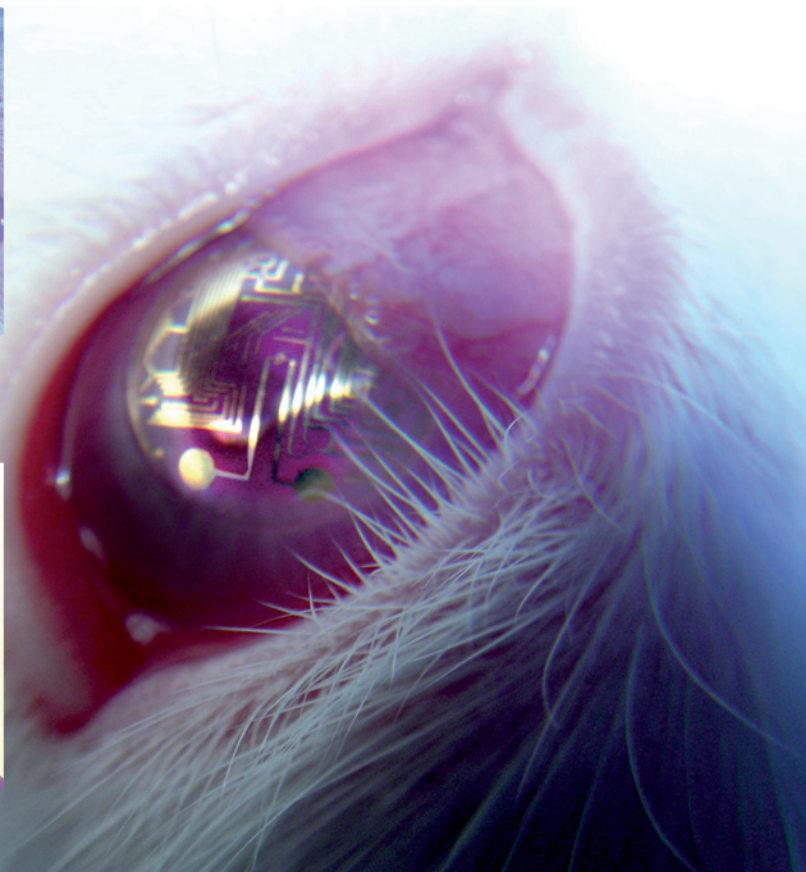
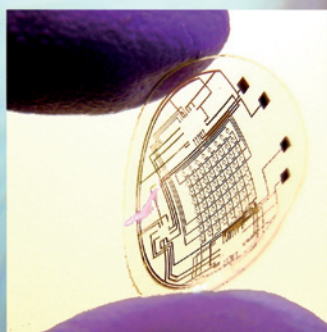
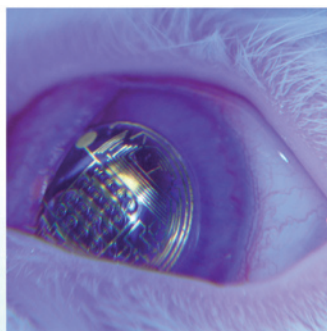
**Zum Titelbild**  
Computerberechnungen und -simulationen sind ein Schwerpunkt dieser CLB. Die Abbildung zeigt Elektronenorbitale in quadratisch geformten Ringen (siehe dazu den Artikel auf Seite 70; Abb.: Florian Loder, Uni Augsburg, EKM).

## CLB-Memory

Forschungsranking des Centrums für Hochschulentwicklung Der Süden der Republik besonders stark _____	M9
Ein lohnendes Thema für den Chemieunterricht Leitstrukturen _____	M10
Bericht Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit 2006 mehr als eine Million Arbeitsunfälle _____	M12
Herstellung von Polyacrylamid-Gelen Arbeiten im Abzug oder Bezug von Fertiggelen _____	M13
Nützliche Ratgeber 106 - 113 Museen, Normen, Energie, Verbraucherschutz _____	M14
Organische Chemie Substitutionen an aromatischen Kohlenwasserstoffen _____	M16



# Bild- schirm im Auge



Flexible und verträgliche Kontaktlinsen mit elektronischen Schaltungen inklusive LEDs auszustatten ist jetzt erstmals einer Forschergruppe an der University of Washington gelungen. Damit ist es im Prinzip möglich, ein durch die LEDs angezeigtes Bild in den Kontaktlinsen dem Seheindruck der Wirklichkeit zu überlagern. Anwendungen gibt es etwa im Fahrzeugbereich, bei elektronischen Spielen, virtueller Realität. Die Bilder hier zeigen verschiedene Chip-Kontaktlinsen sowie Tests zur Bioverträglichkeit am Hasenaugen. Kleiner Nachteil: Diese Prototypen funktionieren noch nicht; es fehlt die Energieversorgung. Die soll durch integrierte Solarzellen bzw. durch elektromagnetische Übertragung erfolgen (Fotos: University of Washington).

## Impressum

**CLB**  
Chemie in Labor und Biotechnik

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

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

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

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

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

**Ständige Mitarbeiter:**  
Ans de Bruin (Grafik), Heidelberg; Prof.  
Dr. Wolfgang Hasenpusch, Hanau;  
Dr. Mechthild Kässer, Diekhofen; PD Dr.  
Röbbe Wünschiers, Quedlinburg.

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

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

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

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

CLB erscheint monatlich.

**Bezugspreise:**  
CLB Chemie in Labor und Biotechnik mit  
der Beilage „CLB-MEMORY“. Einzelheft  
– außerhalb des Abonnements – 10,00  
Euro, im persönlichen Abonnement jäh-  
rlich 98,35 Euro zuzüglich Versandkosten;  
ermäßigter Preis für Schüler, Studenten  
und Auszubildende (nur gegen Vor-  
lage der Bescheinigung) jährlich 76,45  
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 VCO sowie des VDC erhal-  
ten die CLB zu Sonderkonditionen.

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

Bei Nichterscheinen durch Streiks oder  
Störung durch höhere Gewalt besteht kein  
Anspruch auf Lieferung.  
Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen  
einzelnen Beiträge und Abbildungen sind  
urheberrechtlich geschützt. Jede Verwer-  
tung außerhalb der engen Grenzen des  
Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustim-  
mung des Verlags unzulässig und straf-  
bar.  
Für die Rückgabe unverlangt eingesand-  
ter Buchbesprechungs-exemplare kann  
keinerlei Gewähr übernommen werden.

ISSN 0943-6677



## NACHRICHTEN & NOTIZEN

**Roche** hat in Penzberg eine neue Biotech-Produktionsanlage gebaut. „Biologics IV“ wurde bei der „Facility of the Year 2008“-Preisverleihung als „Produktionsanlage des Jahres“ in der Kategorie „Projektausführung“ ausgezeichnet. Der Preis wird von der International Society for Pharmaceutical Engineering (ISPE) ausgelobt. In dem 290 Millionen teuren Gebäude sind 150 neue Arbeitsplätze entstanden.

**Qiagen** N.V. ist für seine neue, modulare Proben- und Assay-Plattform namens QIASymphony SP in Palm Springs, CA, mit dem New Product Award (NPA) der Association for Laboratory Automation (ALA) ausgezeichnet worden. Schon 2007 hatte Qiagen den gleichen Preis für seine QIAcube-Plattform bekommen.

**Cognis** hat ein Liaison Office in Mumbai, Indien, eröffnet. Aufgabe des Büros (Care Chemicals, Nutrition & Health und Functional Products) ist es, die Beziehung zu bestehenden Kunden zu stärken, Möglichkeiten für Neugeschäfte zu identifizieren sowie die Marke Cognis in den lokalen Märkten weiter bekannt zu machen. Damit rückt das Unternehmen noch näher an seine Kunden in der Region.

**BASF** hat am indischen Standort Thane bei Mumbai ein Forschungslabor eröffnet. Im neuen „Kilogramm-Labor“ für die Synthese organischer Verbindungen wird im Maßstab bis 50 Liter gearbeitet. Gleichzeitig wurde die Gründung des „BASF Indo-German R&D Fund“ gefeiert, der in den kommenden Jahren wissenschaftliche Konferenzen fördern und Doktorarbeiten an indischen Forschungsinstituten unterstützen wird. Der Fond wird anfänglich mit 280 000 Euro ausgestattet.

**FLIR Systems AB** wird Mehrheitsgesellschafter des Infrarotspezialisten Cedip Infrared Systems. Die Infrarotkamera-Produktion von Cedip Infrared Systems wird in den Thermographie-Bereich von FLIR Systems AB integriert; danach wird Cedip Infrared Systems auch den Markennamen „FLIR Systems“ übernehmen.

**Clariant** stellt eine Reihe von nanoporösen Zeoliten mit außergewöhnlichen physikalischen Eigenschaften her: nanoskalierte Alumosilikate mit dem Namen Lucidot. Diese eröffnen neue Möglichkeiten für biochemische Prozesse, darunter Molekularsiebe, Ionentauscher, selektive Adsorbentien und Katalyse. Das Unternehmen hat seine neue englischsprachige Website für Nanozeolite ([www.zeolite.clariant.com](http://www.zeolite.clariant.com)) freigeschaltet.

**Sigma-Aldrich** wird zukünftig die catASium und catCXium-Produktfamilien von Evonik Industries vertreiben. Für Forschungszwecke können Mustermengen von diesen Homogenkatalysatoren direkt über die Sigma-Aldrich Corporation, St. Louis, Missouri, bezogen werden. Das Angebot umfasst Liganden und Metallkomplex-Katalysatoren für die asymmetrische Hydrierung sowie für Palladium-katalysierte C-X Kupplungsreaktionen. Kommerzielle Mengen der Homogenkatalysatoren werden weiterhin direkt von Evonik vertrieben.

## Bilanzpressekonferenz der BASF

# Investitionssicherheit angemahnt

**I**n Deutschland mangelt es an Rechts- und Investitionssicherheit. Das betonte Dr. Jürgen Hambrecht, Vorstandsvorsitzender der BASF SE (Societas Europaea), wiederholt auf der Bilanzpressekonferenz am 21. Februar.

Journalisten fragten beispielsweise, ob die BASF eine Anlage zur Kohlevergasung plane. Antwort: Eine Großanlage zu errichten dauere fünf Jahre. Dann laufe Kyoto 1 aus, eine Nachfolgeregelung gebe es noch nicht. Im Zusammenhang mit der Investitionssicherheit kritisierte Hambrecht auch die Gentechnikenovelle. Die jetzigen Änderungen würden zwar Forschung und Entwicklung etwas erleichtern. Der professionelle Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen werde dadurch hingegen nicht begünstigt. Die BASF will mit der „Amflora“ eine gentechnisch veränderte Kartoffel auf den Markt bringen, die eine für technische Anwendungen besonders geeignete Stärkezusammensetzung hat (siehe CLB 11-12/2007, S. 453).

Ebenso bemängelte Hambrecht die Steuergesetzgebung in Deutschland. Sie stehe international auf dem letzten Platz. Er rief dazu auf, den Staat zu verschlanken. Selbst wolle er dazu beitragen, die BASF weniger komplex zu machen. Auch wenn er jüngst offenkundig gewordenes Manager-Fehlverhalten verurteilte, ermahnte er, nicht gleich alle Manager über einen Kamm zu scheren. „Bildung, Verantwortung, Leistung und Gerechtigkeit werden die Zukunft Deutschlands bestimmen“, resümierte er den ge-



BASF-Chef Dr. Jürgen Hambrecht (rechts) nahm – assistiert vom Finanzvorstand Dr. Kurt Bock – die Bilanzpressekonferenz in Ludwigshafen zum Anlass, sich kritisch über die unternehmenspolitischen Rahmenbedingungen in Deutschland zu äußern (Foto: Kickuth).

sellschaftspolitischen Teil seiner Äußerungen. Positiver äußerte er sich zu allgemeinen wirtschaftlichen Aussichten. „Es ist kein Grund dafür da, von einer Rezession in Nordamerika zu sprechen. Wir werden am Ende des Jahres auch hier ein Wachstum haben“, so der CEO.

Bei einem aktuellen Ölpreis von über 100 US-Dollar pro Barrel erscheint die BASF-Einschätzung des mittleren Ölpreises von 78 Dollar in diesem Jahr manchem vielleicht zu optimistisch. Hambrecht verwies jedoch auf die Unternehmenssicht der moderaten Abschwächung des weltweiten Wirtschaftswachstums sowie der globalen Chemieproduktion (ohne Pharma) auf 2,8 Prozent (siehe auch Seite 80: CLB-Geschichte) sowie auf die geplanten Kapazitäten der OPEC. Beides führe zu o.g. Preis, der allerdings keine eventuellen geopolitischen Spannungen berücksichtige.

2007 erwirtschaftete die BASF ein Rekord-Umsatzplus von über zehn Prozent auf 58 Milliarden Euro und erzielte einen Gewinn von 7,6 Milliarden Euro. Dafür dankte Hambrecht allen Mitarbeitern. Die Ausgaben für Forschung und Entwicklung sollen 2008 um nochmals fünf Prozent erhöht werden. Schließlich soll der Umsatz nochmals übertroffen werden, der Gewinn – leicht – steigen... RK



## Novo Nordisk feiert 50-jähriges Jubiläum in Deutschland Nicht nur mit Insulinen erfolgreich

**I**m Jahr 2008 feiert Novo Nordisk sein 50-jähriges Jubiläum in Deutschland. Zeitgleich mit dem Inkrafttreten der „Römischen Verträge“, welche die Basis für die Europäische Gemeinschaft legten, begann die Geschichte des dänischen Pharmaunternehmens in Deutschland. 1989 fusionierten die beiden dänischen Insulin-Hersteller Novo und Nordisk zum heutigen Unternehmen. Heute ist Novo Nordisk Weltmarktführer bei Insulinen.

Am 25. Januar 1958 erscheint die Novo Industrie GmbH erstmals im Handelsregister der Stadt Mainz. Fünf Jahre zuvor hat das Unternehmen das erste verzögert wirkende Insulin, das NPH-Insulin (Neutral Protamin gebundenes Hagedorn Insulin) auf den Markt gebracht, das heute noch als Referenzsubstanz benutzt wird. Zu

dieser Zeit herrschte eine Aufbruchstimmung in Europa: Mit den „Römischen Verträgen“ sollten die Grenzen der Europäischen Länder durchlässiger werden. Nach dem zweiten Weltkrieg wurde das dänische Unternehmen zunächst von der Ingelheimer Firma Boehringer Sohn repräsentiert, bis schließlich die Novo Industrie GmbH nach Mainz zog. Der erste Geschäftsführer war Dr. med. Oswald Jacobi aus Heidesheim.

1989 fusionieren die seit den Zwanziger Jahren getrennt arbeitenden dänischen Insulinhersteller Novo Industrie und Nordisk Genofte zu Novo Nordisk.

Heute hat Novo Nordisk in Deutschland mehr als 470 Mitarbeiter und Geschäftsführer David Albachten blickt optimistisch in die Zukunft. Denn mit 700 Mio. Euro Forschungsaufwendungen jährlich investiert das Unternehmen viel in



die eigene Innovationskraft. Novo Nordisk beschäftigt weltweit rund 23 600 Mitarbeiter in 79 Ländern. Das Unternehmen ist Weltmarktführer in der Diabetes-Versorgung, und hält eine führende Position in den Bereichen Blutgerinnung, Wachstumshormon- und Hormonersatztherapie.

Mit 700 Mio. Euro investiert Novo Nordisk mehr als jedes andere Unternehmen in die Diabetesforschung (Foto: Novo Nordisk).

## Folienhersteller klagen Rohstoffkosten zu hoch

**D**ie wirtschaftliche Lage der Folienhersteller in der IK Industrievereinigung Kunststoffverpackungen e. V. hat sich nach Verbandsangaben im letzten Jahr zugespitzt.

Trotz eines weiter gestiegenen Mengenabsatzes im Jahr 2007 stelle sich die Ertragssituation kritisch dar. Insbesondere die weiter gestiegenen Energie- und Rohstoffkosten belasteten die überwiegend mittelständisch geprägte Branche erheblich.

Die Folienhersteller kritisieren in diesem Zusammenhang, dass der sehr hohe Wertzuwachs des Euro gegenüber dem Dollar im letzten Jahr keine Entspannung bei der Preisentwicklung der Rohstoffe zur Folge gehabt hat, obwohl die

Ausgangsstoffe Erdöl und Naphtha in Dollar gehandelt werden. Die Rohstoffpreise sind trotz dieser Situation weiter gestiegen.

Für 2008 sehen sich die Folienproduzenten mit weiteren indirekten Preiserhöhungen seitens ihrer Vorlieferanten konfrontiert. So wurden unter anderem die Zahlungsziele wesentlich verkürzt, sowie die Frachtzuschläge erhöht. Die in den letzten Jahren üblichen Mengenrabatte wurden ersatzlos gestrichen, Aufschläge für Sondertypen drastisch erhöht.

Allein aufgrund dieser Maßnahmen werden sich die Rohstoffkosten weiter verteuern. Hinzu komme erneut ein deutlicher Rohstoffpreisanstieg in den ersten Wochen dieses Jahres.

## Applied Biosystems: Datenaustausch besser

**E**ine Initiative zur Softwareentwicklung von Applied Biosystems hat zwei Übereinkommen getroffen. Diese sollen Wissenschaftler dabei unterstützen, sich der bioinformatischen Herausforderung des Next-Generation-Sequencing zu stellen.

Zu diesem Zweck werden die Firmen Geospiza und GenomeQuest bioinformatische Tools entwickeln, die Wissenschaftlern, die das „Solid“-System nutzen, die Datenanalyse und das Datenmanagement vereinfachen. Das AP-System ist nach Angaben des Unternehmens die Plattform für das Next-Generation-Sequencing mit dem derzeit höchsten Durchsatz. Das „Solid“-System sei in der Lage, mehr als vier Gigabasen Sequenzdaten zu erzeugen.

**AVH** Seit dem 1. Januar 2008 ist **Prof. Dr. Helmut Schwarz** der neue Präsident der Alexander von Humboldt-Stiftung (avh). Schwarz folgt dem Germanisten Prof. Dr. Wolfgang Frühwald nach, der von 1999 bis 2007 an der Spitze der Stiftung stand. Helmut Schwarz gilt als einer der international führenden Forscher auf dem Gebiet der Molekularchemie. Einer der Schwerpunkte der Stiftung im Jahr 2008 ist die neue mit bis zu fünf Millionen Euro dotierte Alexander von Humboldt-Professur. Sie ermöglicht deutschen Hochschulen, internationale Spitzenkräfte für die Forschung in Deutschland zu gewinnen.

**FVS** Das Direktorium des Forschungsverbands Sonnenenergie (FVS) wählte für das Jahr 2008 den Physiker **Prof. Dr. Eicke Weber** (57) vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme zu seinem Sprecher. Stellvertretender Sprecher ist Dr. Bernd Uwe Schneider vom GeoForschungsZentrum Potsdam. Für das Jahr 2008 hat sich der Forschungsverbund Sonnenenergie das Ziel gesetzt, die Maßnahmen des Integrierten Energie- und Klimaprogramms der Bundesregierung durch Forschungs- und Entwicklungsvorschläge zu unterstützen.

**FZ-JÜLICH** Der ehemalige Max-Planck-Direktor **Prof. Dr. Harald Bolt** nimmt am Forschungszentrum Jülich die Position des Bereichsvorstands „Energie und Umwelt“ ein. Die zwei weiteren Bereichsvorstände vertreten die Forschungsfelder „Struktur der Materie und Schlüsseltechnologien“ sowie „Gesundheit“. Harald Bolt forschte während der letzten neun Jahre am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik in Garching als Direktor des Bereichs

Materialforschung und ist ein Fachmann auf dem Gebiet der Werkstofffragen für die Fusionsenergie.



Bolt



Schwarz



Weber



Frühwald



Maier



Lammert



Krättschmer



Sourjik



Lammert

## EHRUNGEN

Träger des Chica und Heinz Schaller-Förderpreises 2007 ist der Molekularbiologe und Physiker **Dr. Victor Sourjik** vom Zentrum für Molekulare Biologie der Universität Heidelberg. Der Preis wird ihm in Anerkennung seiner Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der zellulären Signalübertragung und zur Unterstützung seines Forschungsvorhabens zur quantitativen Analyse der bakteriellen Chemotaxis verliehen. Mit der Auszeichnung ist ein Preisgeld in Höhe von 100 000 Euro verbunden, das der Preisträger nach eigenem Ermessen zur Verwirklichung seiner Forschungsprojekte einsetzen kann. Die C.H.S.-Stiftung zur Förderung biomedizinischer Forschung unterstützt biomedizinische Grundlagenforschung an den Universitäten Heidelberg und Hamburg. Durch unbürokratische Finanzierung sollen innovative Maßnahmen erleichtert werden, die in der gegenwärtigen Universitätsstruktur nur begrenzt zu verwirklichen sind.

Der Biochemiker und Molekularbiologe **Privatdozent Dr. Eckhard Lammert** (36), Forschungsgruppenleiter am Max-Planck-Institut für Molekulare Zellbiologie und Genetik in Dresden, wird mit dem diesjährigen **Paul Ehrlich- und Ludwig Darmstaedter-Nachwuchspreis** ausgezeichnet. Der Preis ist mit 60 000 Euro dotiert und wird gemeinsam mit dem Paul Ehrlich- und Ludwig Darmstaedter-Preis am 14. März, dem Geburtstag von Paul Ehrlich, in der Frankfurter Paulskirche überreicht. Eckhard Lammert erhält den Preis für seine Arbeiten auf dem Gebiet der Diabetes-Forschung. Er konnte zeigen, wie die für den Blutzuckerspiegel verantwortlichen Beta-Zellen im Pankreas den Blutzuckerwert durch die Abgabe von Insulin exakt regulieren können und wie die Interaktion der Betazellen untereinander und mit den Blutgefäßen die Insulinsekretion und Betazell-differenzierung verbessert.

Die Gesellschaft Deutscher Chemiker zeichnete **Prof. Peter Hofmann** vom Organisch-Chemischen Institut der Universität Heidelberg mit der **Emil-Fischer-Medaille 2008** aus. Peter Hofmann wird für seine Arbeiten auf dem Gebiet der Organometalchemie sowie dem Liganddesign und der Lidgandsynthese für die Katalyse geehrt. Hofmann, seit 1995 Ordinarius für Organische Chemie, ist Sprecher des Sonderforschungsbereiches 623 (Molekulare Katalyse) sowie Initiator und wissenschaftlicher Leiter des Katalyselabors CaRLa (Catalysis Research Laboratory), das die Universität gemeinsam mit der BASF geschaffen hat.

Die **Liebig-Denkünze** wird in diesem Jahr **Prof. Wolfgang Krättschmer**, Honorarprofessor für Organische Chemie der Fakultät für Chemie und Geowissenschaften der Universität Heidelberg, verliehen. Krättschmer ist Leiter einer unabhängigen Forschungsgruppe am Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg. 1990 gelang es ihm gemeinsam mit Donald R. Huffman von der University of Arizona, erstmals das Molekül C60, das Buckminster-Fulleren, mit einfachen Mitteln in Gramm-Mengen herzustellen. Neben C60 konnten mit der entwickelten Technik auch höhere Fullerene hergestellt werden, so dass mit dieser Entdeckung der Zugang zur Fullerenchemie eröffnet wurde.

**Prof. Dr. Joachim Maier** (52), seit 1991 Direktor am MPI für Festkörperforschung in Stuttgart, erhielt die **Wilhelm Jost-Gedächtnis-medaille**, die seit 1992 jährlich an einen international ausgewiesenen Physikochemiker vergeben wird. Die damit verbundene Gedächtnisvorlesung („Funktion durch Fehler: Zum chemischen Innenleben fester Stoffe“) wird traditionell an den Wirkungsstätten von Wilhelm Jost gehalten, so auch in Marburg, wo Jost von 1943 bis 1951 lehrte. Das Forschungsgebiet des Preisträgers umspannt die gesamte Festkörper-Elektrochemie.



Dem Chemiker **Prof. Dr. Thomas Carell** vom Institut für Chemie und Pharmazie der Ludwig-Maximilians-Universität München wurde in Berlin der mit 50 000 Euro dotierte „**Otto-Bayer-Preis**“ verliehen. Der 41-jährige Forscher erhielt die von der „Bayer Science & Education Foundation“ vergebene Auszeichnung für seine Arbeiten zur DNA-Reparatur, die Mutagenese, spontane Krebsentstehung und Alterungsprozesse verhindern kann. Thomas Carell ist es gelungen, die labilen Zwischenprodukte der Wechselwirkung von DNA mit Sauerstoffradikalen oder UV-Licht auf raffinierte Art und Weise zu stabilisieren, gezielt in DNA einzubauen und damit ihre Wirkungsmechanismen zu verstehen.

Die Fakultät für Chemie und Mineralogie der Universität Leipzig verleiht den **Burckhardt-Helferich-Preis 2007** an den Nobelpreisträger für Chemie 1987, **Prof. Dr. Jean-Marie Lehn** von der Université L. Pasteur, Strasbourg, Frankreich und den **Burckhardt-Helferich-Preis 2008** an **Dr. Peter Göllitz**, Chefredakteur der Zeitschrift „Angewandte Chemie“. Prof. Dr. Jean-Marie Lehn wird für seine Arbeiten zur supramolekularen Chemie und molekularen Erkennung, die in vielen biologischen Vorgängen eine Rolle spielen, geehrt. Ihm sind darüber hinaus zahlreiche Initiativen zur Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Chemie in Europa zu verdanken. Ebenso wird der Einsatz von Dr. Göllitz für die europäische Chemie anerkannt, sowie auch das international hohe Ansehen seiner Zeitschrift in der Chemie. Der Preis ist nach dem Chemiker Burkhardt Helferich benannt, der von 1930 bis 1945 Direktor des Chemischen Institutes an der Universität Leipzig war, und dem die erste Synthese eines freien Disaccharids (der Gentiobiose) gelang. Von Leipzig ging Helferich nach Bonn an die Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, und wurde Ende der 50iger Jahre Präsident der Gesellschaft Deutscher Chemiker.

## Hochschulmedizin

Der Verband der Universitätsklinik Deutschlands VUD, der Medizinische Fakultätentag MFT und die Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften AWMF verleihen in diesem Jahr zum vierten Mal den mit 10 000 Euro dotierten Innovationspreis Deutsche Hochschulmedizin. Der Preis richtet sich an Wissenschaftler, die sich mit Fragestellungen aus der gesamten Hochschulmedizin befassen, aus den Bereichen Grundlagenforschung, Klinische Forschung und Innovationsforschung mit klinischer Relevanz. Die Bewerbungsfrist endet am **31. März 2008**. Auskünfte unter Tel 07221 99660 35 beim Beirat des IV. Innovationskongresses der Hochschulmedizin, c/o Rochus Fisches GmbH, Pariser Ring 37, 76532 Baden-Baden, fishes@rochusfisches.de. Der Preis wird während des IV. Innovationskongresses am 17. Juli 2008 in Berlin überreicht.

## Alu-Innovationen

Der alle zwei Jahre ausgelobte European Aluminium Award ist eine Initiative des niederländischen „Aluminium Centrum“, unterstützt durch die European Aluminium Association (EAA), GDA (German Aluminium Association) und Aluminium 2008, der weltweit größten Messe für die Aluminiumindustrie. Unternehmen, die Aluminiumhaltige Produkte herstellen, können sich bis zum **1. Juli 2008** bewerben. Angesprochen werden Designer, Hersteller und Konstrukteure, die Aluminium auf innovative Weise im Produkt verarbeitet haben. Es gibt die Kategorien „Consumer Products“ (Design, Haltbarkeit, Innovation) und „Industrial Products“ (Automotive and Transport, Building and Construction, Mechanical Engineering and Electronics). Die sechs Preise werden auf der internationalen Aluminium-Messe vom 23. bis 25. September 2008 in Essen überreicht. Weitere Informationen unter [www.aluminium-award.eu](http://www.aluminium-award.eu).

## Digitale Medien im Lehrbetrieb

Der Medida-Prix ist mit 100 000 Euro Preisgeld der höchstdotierte Medienpreis im deutschsprachigen Raum. Er zeichnet Hochschulprojekte aus Deutschland, Österreich und der Schweiz in Lehre und Forschung aus, die auf innovative Weise den Einsatz von digitalen Medien mit fortschrittlichen Lehrmethoden verbinden. 2008 werden Initiativen im Fokus stehen, die sich dem Bereich Open Educational Resources widmen. Projekte können bis **31. März 2008** eingereicht werden. Informationen unter [www.medidaprix.org](http://www.medidaprix.org).

## Computer-Wissenschaft

Ungelöste Probleme und zentrale Herausforderungen in der Informatik sollen junge Wissenschaftler im Rahmen der Ausschreibung des ersten „Swiss Computer Science Challenges Award“ beantworten. Der mit 30 000 Franken dotierte Preis soll das Bewusstsein für die Informatik als gesellschaftlich relevante Wissenschaftsdisziplin fördern. Er wird von der Hasler Stiftung in Zusammenarbeit mit der Empa und dem Verein „Jahr der Informatik“ vergeben. Die Auszeichnungen werden dabei nicht für die eigentliche Forschungsarbeit, sondern für die Definition der Problemstellung und erste Lösungsideen vergeben. Bei exzellenten Vorschlägen wird die Hasler Stiftung in Betracht ziehen, eine Anschubfinanzierung für entsprechende Forschungsprojekte auszuschreiben. Teilnahmeberechtigt sind alle, die die Schweizerische Staatsbürgerschaft besitzen oder in der Schweiz wohnen. Speziell sollen Studierende der Informatik angesprochen werden. Die Ausschreibungsunterlagen können unter [www.informatica08.ch/challenges](http://www.informatica08.ch/challenges) heruntergeladen werden. Einsendeschluss ist der **15. August 2008**. Die Preisübergabe findet am 13. November an der ETH Lausanne im Rahmen der offiziellen Abschlussveranstaltung zum Jahr der Informatik - informatica08 statt.

## Forschung in der Türkei

Wolfgang Hasenpusch, Universität Siegen

Die Wissenschaft in der Türkei kämpft an allen Fronten. Mit Amerika läuft ein reger Studenten- und Forschungsaustausch, mit deutschen Instituten wurden Kooperationen geschlossen. Ein riesiger Berg an Normen und gesetzlichen Bestimmungen wartet auf die Einführung, um in einem zukünftigen Europa als vollgültiges Mitglied der europäischen Union zu bestehen. Bei den Themen des 6. Europäischen Forschungsprogramm für ein nachhaltiges Europa ist die Türkei bereits mit im Boot. Doch obwohl die Türkei etwa die gleiche Einwohnerzahl wie die Bundesrepublik aufweist, mangelt es ihr an hochqualifizierten Forschern und Lehrern, um diese vielfältigen Aufgaben zu schultern, die die Zukunft für dieses Land bereithält. So wurde dann auch der Vorschlag der Technischen Universität Braunschweig, erfahrene deutsche Hochschullehrer für einige Wochen in die Spitzenforschung der Türkischen Institute zu entsenden, mit Begeisterung aufgenommen. Als erster Kandidat dieser Aktion darf ich über ein gelungenes Abenteuer berichten, bei dem sich eine Menge an Eindrücken, Erfahrungen und netten Erlebnissen zu einem gelungenen Einsatz gesellten.

### Forschung, Entwicklung und Innovationen in der Türkei

Die Türkisch-Amerikanische Gesellschaft für Studenten- und Forscher-Austausch, TASSA [1] ist eine Kooperation, die im Juni 2004 in Washington gegründet wurde. Denn die USA sieht in der Türkei eine Brücke zur islamischen Welt, so braucht die Türkei jegliche Unterstützung in qualifizierter Schulung, Forschung und Entwicklung, um die Infrastruktur für eine prosperierende Wirtschaft zu gewährleisten.

Als eines der Meilensteine darf die Gründung des Türkischen Forschungsrats für Wissenschaft und Technologie, TÜBITAK, gesehen werden mit seinem Hauptsitz in Ankara, seinem größten Cam-

#### 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.



pus in Gebze bei Istanbul, sowie zwei weiteren Zentren in Bursa und Antalya.

Die Türkei ist sich darüber im Klaren, dass besonders in der Forschung und dem Informationsaustausch alle Kräfte zur Unterstützung herangezogen werden müssen, um mit dem spärlichen Potential von 24 000 Forschern die Vielzahl der schwierigen Aufgaben zu lösen, die dieses Land von der dreifachen Größe Deutschlands auch mit seiner Trockenheit und dem aktiven Vulkanismus bereithält.

Im Jahre 2004 beschloss das Oberste Gremium für Wissenschaft, Forschung und Innovation unter der Leitung des Premierministers ein ehrgeiziges Programm mit Prinzipien, Zielen und Prioritäten, um die sozialen Probleme zu lösen, die Lebensqualität der Türkischen Bürger anzuheben, soziale Errungenschaften zu verbessern und die nationale Wettbewerbsfähigkeit im internationalen Markt zu steigern.

Dafür sollen die Ausgaben für Forschung und Entwicklung von 0,67% des Brutto-Sozialproduktes im Jahre 2002 auf 2% und die Zahl der Forscher von 24 000 auf 40 000 erhöht werden. Der Erfolg wird mit Hilfe von Innovations-Fortschritts-Indikatoren überwacht.

Denn, dass zwischen der Wettbewerbsfähigkeit und den nationalen Forschungsausgaben eine nahezu lineare Korrelation besteht, ist auch den Jahrbüchern der OECD und anderen Organisationen zu entnehmen (Abbildung 1) [2].

\* The Scientific and Technological Research Council of Turkey, Marmara Research Center, Gebze

Abbildung 1: Forschungsaufwand und internationale Wettbewerbsfähigkeit (alle Abbildungen: Hasenpusch).





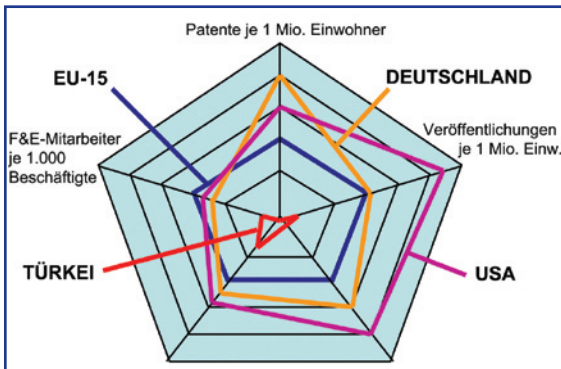


Abbildung 2: Vergleich der Nationalen F&E-Indikatoren.

Die Investitionen, die Zahl der Forscher sowie die Anzahl der Patente und Publikationen hinken zwar noch deutlich hinter dem Schnitt der EU und bedeutender Industriestaaten hinterher (Abbildung 2), die Zeichen in der Türkei sind jedoch auf Zukunft gestellt.

Unter den 60 bedeutendsten Nationen rangierte die Türkei 2003 zwar noch auf dem 55. Rang, jedoch besteht auch ein hohes Potential für erfolgreiche nachhaltige Verbesserungen.

Türkische Wissenschaftler publizieren bereits mehr als alle anderen 57 islamischen Staaten der IOC (Organisation of the Islamic Conference) in internationalen Zeitschriften, und viermal soviel wie die Kollegen aus dem Iran.

Unter anderem werden auch mit Verbänden und interessierten Bürgern zahlreiche Bürgerbefragungen abgehalten („Common Mind Meetings“), um mit Hilfe der bekannten SWOT-Analyse (Strengths, Weaknesses, Opportunities und Threats = Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken) auch Forschungsschwerpunkte herauszufinden.

Abbildung 3: Hannibal-Grabdenkmal in Gebze auf dem Gelände des Forschungszentrums.



ats = Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken) auch Forschungsschwerpunkte herauszufinden.

Um die Ziele des Lissabon-Protokolls bis zum Jahr 2010 zu erreichen, benötigt die Europäische Union zu den derzeit vorhandenen 1 150 00 Forschern noch 550 000 weitere. Wie soll da die Türkei ihre Anzahl verdoppeln? Denn die Gehälter von Senior-Forschern liegen bei maximal 80 000 US-Dollar. Zudem kehren lange nicht alle im Ausland studierenden und promovierenden jungen türkischen Damen und Herren in ihr Heimatland zurück, allein schon aus „naturegegebenen“ Gründen wie beispielsweise Heirat oder eine attraktive berufliche Position.

Die Türkei ist also sehr besorgt, in diesem ansteigenden Wettbewerb um die besten Forscher ins Hintertreffen zu geraten. Eines der stärksten Trümpfe sind die nationalen Forschungszentren des TÜBITAK, von denen mit einer Fläche von über 32 km<sup>2</sup> und fast 2000 Forschern das bei Istanbul das größte ist.

### Das TÜBITAK-Forschungszentrum in Gebze

Wer schon die 600 000 Einwohner große Stadt Gebze, 90 km vom Istanbuler Stadtzentrum entfernt, nicht kennt, obwohl ihre Einwohnerzahl mit der von Frankfurt vergleichbar ist, kann sich jedoch sicherlich noch dunkel an den Feldherren Hannibal erinnern, der es liebte, seine Feldzüge mit Elefanten durchzuführen. Er hatte, enttäuscht von dem Mangel an Unterstützung in Gebze sich das Leben genommen. Ein ansehnliches Grab mit Tafeln in fünf Sprachen (Türkisch, Englisch, Französisch, Italienisch und Deutsch !) erinnert an den berühmten Feldherrn (Abbildungen 3 und 4).

Abbildung 4: Text der Gedenktafel am Hannibal-Denkmal in Gebze.

Dieses Dokument wurde anlässlich der Wiederkehr des 100-jährigen Geburtstags von Kemal Atatürk, als Ausdruck seiner Verehrung für Hannibal, errichtet.  
Hannibal, der berühmte Heerführer und Staatsmann aus Karthago, wurde 247 v. Chr. in Nordafrika geboren und wuchs mit Hassgefühlen gegen Rom auf.  
Er führte, von seinem Vater Hamilkar Barkas begonnene, als „Punische Kriege“ in die Geschichte eingegangene Kriege gegen Rom weiter.  
Der berühmte Zug gegen Rom wurde von diesem Kommandanten angeführt. Mit seinen von Elefanten bestärkten Heer besiegte er die Römer 217 v. Chr. bei Barletta in Italien.  
Die Versuche des mehrfach militärisch siegreichen Hannibal, für seinen neuen Kriegszug gegen Rom die Unterstützung des Antiochos, König von Syrien und des Prusias, König von Bithynien zu sichern, schlugen fehl.  
In Kenntnisnahme seiner Auslieferung durch den bithynischen König beendete er sein Leben durch Selbstmord auf bithynischen Boden in Libyssa (Gebze) im Jahre 183 v. Chr.  
In seinem Namen ein Monument zu errichten, wurde zuerst durch Atatürk im Jahre 1934 geäußert.





Abbildungen 5-9: 5: Einfahrt zum TÜBITAK Forschungs-Gelände in Gebze. 6: Zufahrtsstraße zu den Forschungsgebäuden auf dem TÜBITAK-Gelände. 7: Eingang zum Marmara Research Center. 8: Institut für Chemie und Umwelt. 9: Blick aus dem Institut für Chemie und Umwelt.

Auch das Grabmal geht auf eine initiative Kemal Atatürks zurück, dessen Denkmäler und Bilder allgegenwärtig erscheinen, als wäre er noch immer das lebendige Staatsoberhaupt.

Am südwestlichen Rand der Stadt Gebze erstreckt sich das riesige TÜBITAK-Gelände (TÜBITAK = Wissenschaftlicher und Technischer Forschungsrat der Türkei), deren Länge von 4 km bis zum Marmara-Meer in 300 Meter Gefälle reicht. Pinien- und Kiefern säumen die Straßen. Die modernen Institutsgebäude liegen in einer parkähnlichen Landschaft (Abbildungen 5-12). Dutzende von Bussen stehen für den kostenfreien An- und Abtransport der Forscher, Verwaltungsangestellten und Bediensteten bereit. Für ca. 100 Wissenschaftler stehen auch Wohnungen auf dem Gelände zur Verfügung, inklusive eines Kindergartens.

Viele der Mitarbeiter wohnen in Istanbul. Sie nehmen den einstündigen Weg zur Arbeit in Kauf, um in der arbeitsfreien Zeit alles um sich zu haben, was eine Mammutweltstadt, wie Istanbul zu bieten hat. Auf dem TÜBITAK-Gelände in Gebze wohnen auch einige Wissenschaftler mit Ihren Familien. Die Miete einer 100 m<sup>2</sup>-Wohnung zu 250 Euro ist im Vergleich zu Wohnungen in Istanbul sehr günstig, zumal der Busverkehr zu den Instituten, zum Kindergarten und zur Stadt keine weiteren Kosten verursacht.

Im Gästehaus, in dem auch ich in einem gut ausgestatteten Appartement wohnen durfte, treffen sich am Frühstücksbuffet die Wissenschaftler aus der ganzen Welt, von Korea bis Island, Ukraine, Ungarn mitunter auch aus Deutschland.

Aus dem breiten Panoramafenster bietet sich ein einmaliger Blick über die Bucht vom Marmara Meer mit den vielen Frachtern, die auf Reede warten, um ihre Waren im Hafen von Gebze zu löschen, bzw. in der

dort ansässigen größten Schiffswerft von Istanbul Wartungsarbeiten durchzuführen.

In der sechsstöckigen Bibliothek auf dem Campus sind in alphabetisch übersichtlicher Weise alle internationalen Zeitschriften zu finden. Dazu zählen auch die bekannten deutschen Periodika wie Metallkunde, Erzmetall, Galvanotechnik, Angewandte Chemie, Chemie in unserer Zeit, um nur einige zu nennen. Auch die deutschen Lehrbücher vom Holleman-Wieberg, Gmelin und Ullmann waren leicht aufzuspüren. Allerdings werden mehr und mehr Zeitschriften im On-line-Abo geordert.

Das große umzäunte TÜBITAK MRC Campus umfasst in einer weiträumigen Park- und Naturlandschaft die folgenden Institute:

- Marmara Forschungsinstitute der Ernährungswissenschaften, Energietechnik, Materialwissenschaften, Chemie und Umwelttechnik, Gentechnik und Biotechnologie, Boden- und Meeresgeologie (Erdbebenüberwachung und -forschung), Informationstechnologie
- Elektronik und Kryptologie
- Messtechnik
- Industrielles Management
- Standort-Technik (Küche, Busse, Reinigung, Werkstätten, Aufsicht, Parkpflege).

Daneben steht ein Techno-Park für Start-up-Firmen zur Verfügung, in welchem die neu gegründeten Unternehmen die Infrastruktur des Zentrums kostengünstig nutzen können und für die ersten fünf Jahre von Unternehmenssteuern befreit sind.

Nachhaltigkeit ist am Forschungs-Zentrum wahrlich kein Fremdwort: Getrennte Sammlungen von Papier, Metall, Kunststoff, Glas, Keramik, Tetrapack und kompostierfähigem Material (Fruchtschalen, Apfelreste,...) stehen auf allen Fluren, und Sparlampen sind in den Waschräumen und Toiletten mit Bewegungsmeldern ausgestattet, die einem reichlich Zeit für alle sanitären Verrichtungen lassen.

Mit dem Institutsarzt ergab sich nicht nur ein Erfahrungsaustausch über die Tauchgebiete und Segelreviere, da er ebenfalls ein passionierter Taucher und Segler ist, sondern auch über die werksärztliche Versorgung und die Arbeitssicherheit aus seiner Sicht. Von der Organisation her ist alles im Bereich der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes mit den hiesigen Verhältnissen vergleichbar. Von den 89 Unfällen hatten nur 13 einen längeren Ausfall als drei Arbeitstage, und das ist von den 1890 Mitarbeitern mit sieben Unfällen pro 1000 Mitarbeiter nicht viel, aber noch 13 Unfälle zu viel.

Dabei darf allerdings im Vergleich zu anderen Ländern nicht aus den Augen verloren werden, dass Sportunfälle den größten Teil ausmachen und am Institut mit zu den Arbeitsunfällen zählen.

Auch die Ursachen-Analyse wird mit Gewissenhaftigkeit und Nachdruck vorgenommen (Abbildung 13). Da auf dem TÜBITAK-Gelände sowohl



ein Fußballplatz als auch Tennisplätze zur Verfügung stehen und der Mitarbeitersport sehr unterstützt wird, sind es vor allem vor Ungeduld nicht ausgeheilte Sportverletzungen, die dann einen mehrtägigen Ausfall zur Folge haben.

Besondere Sorgen bereiten dem Arzt derzeit mehrere Fälle von Beeinträchtigungen des hörbaren Frequenzbereiches. Diese irreversiblen Erkrankungen in den Werkstätten und in der Material-Wissenschaft führten aus Sicherheitsgründen auch zum Wechsel eines Arbeitsplatzes, da Sicherheitssignale von diesem Mitarbeiter nicht mehr wahrgenommen werden können.

Jedes Labor hat seine Ersthelfer, das Institut verfügt über einen Arbeitsschutz-Beauftragten sowie über ein mindestens monatlich tagendes internes Arbeitssicherheits- und Gesundheitsschutz-Gremium. Der jährliche Gesundheits-Check ist Pflicht, und im Sprechzimmer hängen die Unfall-Statistiken aus. Handzettel verweisen auf die wichtigsten Notruf-Nummern sowie auf gesundheitliches Verhalten und Normalwerte gesunder Menschen (Puls, Blutdruck,...).

Besonderen Eindruck hat auch das „Erdbeben-Institut“ auf mich gemacht. Auf diversen Monitoren sind die aktuellen seismischen Erdbewegungen in den kritischen Orten der gesamten Türkei zu verfolgen. Kooperationen bestehen mit Instituten auf der ganzen Welt, da die Türkei ein aktives „Erdbeben-Labor“ darstellt; so auch zum GeoForschungs-Zentrum in Potsdam.

Ein besonderes Problem stellt die mit der regen Bodenaktivität verbundene Radon-Emission dar. Dieses geruchlose radioaktive, krebserregende Edelgas entweicht an einigen Stellen in Konzentrationen aus dem Boden, die über dem internationalen Grenzwert von 200 Becquerel/ m<sup>2</sup> liegen.

Das letzte große Erdbeben in Izmit im Jahre 1999 hatte an die 20 000 Todesopfer zur Folge. Bei Erderschütterungen in der Größe von 7,4 auf der nach oben offenen Richter-Skala. In Gebze und selbst im 120 km entfernten Istanbul fielen noch Häuser zusammen.

### Institut für Chemie und Umwelt

Das Institut (Chemistry and Environment Institute, CEI) im Marmara Forschungs-Zentrum entstand 2004 aus zwei getrennten Forschungseinrichtungen. Im Einklang mit nationalen und internationalen Standards schlägt es eine Brücke zwischen wissenschaftlicher Forschung und industriellen, marktwirtschaftlichen Anforderungen und spielt eine wichtige Rolle auf dem Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung [3].

Von den 100 Mitarbeitern sind ein Drittel promovierte Akademiker der Fachrichtungen Chemie, Umwelttechnik, Biologie, Physik, Geologie, Toxikologie und Informationstechnik.

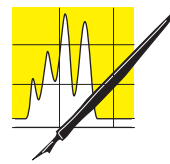
Ein Großteil studierte im Ausland oder hat Erfahrung mit internationalen Projekten, so dass die Verständigung in Englischer Sprache problemlos läuft. Das Institut verfügt über einen hohen Qualitätsstandard, belegt durch zahlreiche Zertifikate nach Auditierungen, darunter für Labor-Analytik nach ISO 17025, für Qualitätsmanagement nach ISO 9001: 2000 und für Umweltmanagement nach ISO 14000 durch die Gesellschaften SGS und DAR.

Die Hauptforschungen konzentrieren sich derzeit auf

- Bor- und Mineraltechnologie
- Polymertechnologie
- Wasser- und Abwasser-Management
- Gewässerverunreinigung und Ökotoxikologie
- Management zur Luftreinhaltung
- Gefährliche Abfälle und Bodenschutz-Management.

### Gastprofessur im Institut für Chemie und Umwelt

Der einmonatige Besuch am Institut kam auf Anregung des Braunschweiger Professors Dr. Müfit Bahadır zustande, der enge Beziehungen zum TÜBITAK, insbesondere zum Institut für Chemie und Umwelt pflegt und ab 2008 in den Wissenschaftlichen Beirat dieses Zentrums berufen wurde. Meine Aktivitäten bei der Evonik Degussa GmbH, der Universität Siegen und der Berufs-Akademie Provadis passten besonders gut zu den Themen am Institut. Durch eine interne Erhebung ließ Prof. Dr. Mustafa Tiris, Leiter des Instituts, dem in Personalunion auch die Leitung



**AUFsätze**

Abbildungen 10-12: 10: Gästehaus. 11: Gästehaus und Wohnanlage für die TÜBITAK-Forscher und ihren Familien. 12: Blick aus dem Gästehaus bei Sonnenaufgang.



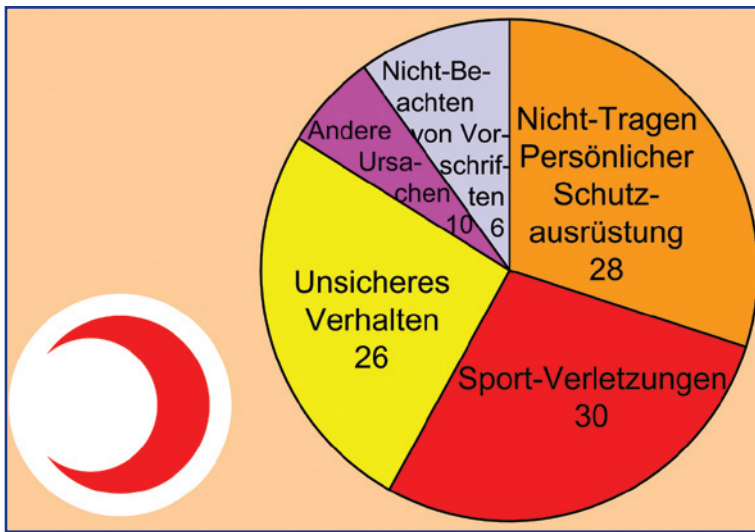


Abbildung 13: Unfall-Ursachen 2006 am TÜBITAK-Forschungsinstitut in Gebze.

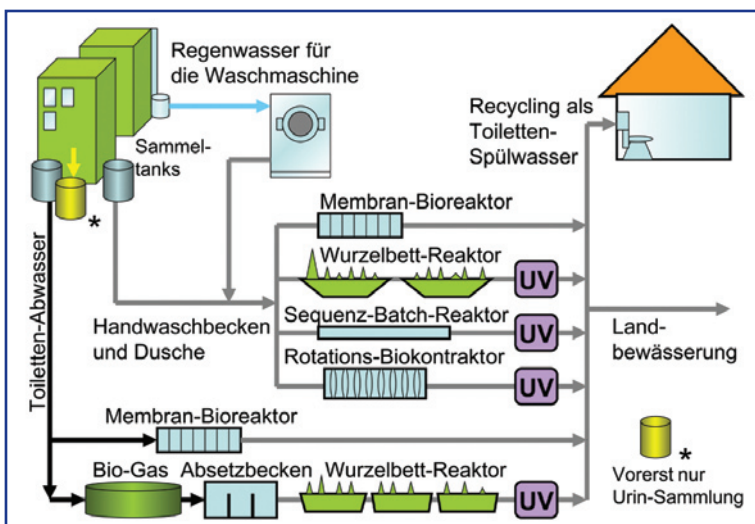
des Instituts für Energieforschung obliegt, nochmals Schwerpunktthemen unter den Senior-Forschern wählen.

So blieben neben zahlreichen Labor- und Seminargesprächen, Diskussionen und vorgeführten Experimenten die folgenden Schwerpunktthemen übrig, zu denen von mir zum Teil noch die deutschen Vorlagen ins Englische zu übersetzen waren:

- Nachhaltige Chemie
- Gefahrstoff-Management
- Innovations-Management
- Patente und Bionik
- Europäische IVU-Richtlinie und Beste Verfügbare Technik
- Explosive Reaktionen
- Ökologie-Management
- Internes und externes Nachhaltigkeits-Ranking
- Responsible Care
- Metall-Recycling

Abbildung 14: Nachhaltige Abwasser-Aufbereitung zur Brauchwasser-Nutzung.

Während und nach den Präsentationen schlossen sich mitunter längere Diskussionen an.



Intensivere Diskussionen ergaben sich in den Bereichen Biodiesel-Produktion und Glycerin-Verwendung, Borat-Abtrennung aus Produktions-Abwässern, Boranat-Recycling aus Brennstoffzellen, Bio-Indikatoren für die Qualitäts-Ermittlung von Abwässern, Metallhaltige Bioschlämme aus Klärschlämmen, Dioxine und ihre Analytik, Rhodium-Aufarbeitung aus galvanischen Sulfatbädern sowie biologische Brauchwasser-Aufarbeitung, die im Institut einige der Forschungs- und Ausbildungsschwerpunkte im Rahmen eines Verbundprojektes darstellt.

Aufgrund einiger Innovationsvorschläge bekam ich auch Gelegenheit, das Chemische Institut an der Technischen Universität Istanbul ITU zu besuchen. Prof. Dr. Ekrem Ekinici hat in der Türkei und darüber hinaus einen sehr bedeutenden Ruf. Mit deutschen Forschungseinrichtungen unterhält er regen Kontakt. Erst drei Monate vorher besuchte er Kollegen in Mühlheim am Rhein.

### Brauchwasser-Aufbereitung und Schulungen

Eines der Internationalen Projekte befasst sich in einer umfangreichen Forschungs-, Demonstrations- und Schulungs-Anlage mit der Brauchwasser-Aufarbeitung von Toiletten-Abwässern („Schwarz-Wasser“) sowie Wasch- und Duschwasser („Grau-Wasser“) zur weiteren Nutzung als Brauchwasser für Toilettenspülungen sowie für den landwirtschaftlichen Einsatz, für den auch Urinal-Abwässer („Gelb-Wasser“) in der Erprobung stehen.

Das Projekt mit 10 Partnern aus 7 Ländern, darunter drei aus Deutschland (TU Berlin: Verfahrenstechnik, Uni Hannover: Weiterbildung, Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V.) wird zu 80 % von der Europäischen Kommission gefördert.

Über das „Zer0-M“-Projekt mit den unterschiedlichen Aufarbeitungstechniken, wie Membran-Bioreaktoren, Festbett-Reaktoren, UV-Reaktoren und Schilfbett-Becken wurde ausführlich in internationalen Zeitschriften berichtet [4, 5].

In Deutschland kann sich kaum einer vorstellen, dass in den heißen und entlegenen Gegenden dieser Welt Wasser eines der teuersten und knappsten Ressourcen darstellt. Wo kein Grundwasser, keine Gewässer und kaum Regen anzutreffen sind, muss jeder Liter Wasser über lange Wege herantransportiert werden.

Das Deutsche Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF, und der Wissenschaftliche und Technische Forschungsrat der Türkei, TÜBITAK, fördern laufend Kooperations-Projekte auf den Gebieten der Life-Science-Wissenschaften, neuer Technologien und Nachhaltigkeits-Projekte



und unterstützen entsprechende Sondierungen und Machbarkeitsstudien, bilaterale Workshops wie auch den Aufbau von Kooperationsstrukturen [6].

Abbildung 14 zeigt das Forschungskonzept, in dem aus zwei Wohnblocks Schwarz- und Grau-Wasser durch mehrere parallel laufende Reinigungs-Einheiten geschickt werden, mit Ultraviolett-Licht eine hinreichende Entkeimung erfahren, um schließlich wieder als Brauchwasser für die Toiletten-Spülung vorgehalten werden zu können. Integriert und ergänzend sind auch Schilfbett- und Mineral-Adsorptionsmittel im Einsatz (Abbildung 15).

## Andere Institute

Es ergab sich für mich auch die Gelegenheit, andere Institute auf diesem Campus zu besuchen. Dabei ließen es sich zumeist die Institutsleiter nicht nehmen, die Vorstellungen selbst vorzunehmen.

Die Mehrzahl der leitenden Direktoren sind auch Professoren an den verschiedenen Universitäten in Istanbul.

Jedes der Institute ist nach diversen ISO-Standards zertifiziert, verfügt über modernste akkreditierte Prüflaboratorien und hält einen 20-seitigen Prospekt über Struktur, Ausstattung, Schwerpunkte und Projekt-Beispiele in der Landessprache und in Englisch bereit.

Nach der beeindruckenden, zwei Stunden dauernden Führung durch die Technika und Freiluftanlagen, bis hin zu einer 500 000 Watt-Brennstoffzelle des Energie-Instituts, wurde ich noch zu einem einstündigen Vortrag über Innovationsmanagement gebeten.

In dem Institut für Boden- und Meeresgeologie erfuhr ich eine Menge über Erdbeben-Messtechnik sowie über das große Erdbeben 1999 in Izmit in 50 km Entfernung vom Campus.

Im größten und ältesten Institut, dem Institut für Materialwissenschaften, werden nicht nur kundenorientierte Aufträge in Kleinserien gefertigt oder spezielle materialwissenschaftliche Analysen durchgeführt, sondern auch atemberaubende Projekte im Militärsektor sowie in der Sicherheitstechnik durchgeführt. Mikrowellen-Detektion von Menschen durch eine 25 Meter starke Steinmauer ist davon nur ein Beispiel.

## Resümee

Den Herren Prof. Dr. Müfit Bahadır und Prof. Dr. Mustafa Tiris bin ich für diese erlebnisreiche Gast-Professur am Chemie- und Umweltinstitut am Marmara Forschungszentrum des Türkischen Forschungsrats für Wissenschaft und Technologie, TÜBİTAK, in Gebze überaus dankbar.

Immerhin erhielt ich Gelegenheit, ein umfangreiches Vortragsprogramm anbieten zu dürfen und

erfuhr einen tiefen Einblick in die engagierte Spitzenforschung der Türkei.

Danken muss ich auch Frau Dr. Adile Evren Tuğtas und Frau Dr. Seher Yalcin, sowie den Herren Dres. Özer Orbay und Ahmet Baban, die mich mit großem Einsatz betreuten und begleiteten, obwohl ihnen die Zeitnot durch diverse Projekt- und Jahresabschlussberichte im Nacken saßen. **CLB**

## Literatur:

- [1] TASSA, „Turkish-American Scientists and Scholars Association“, Washington, USA, E-Mail: info@tassausa.org; Tel: +1-800-620-4120 Schwerpunkte sind Forschung auf den Gebieten Sozialwissenschaften, Kunst und Humanität, Gesundheit und Biomedizin, Ingenieurwissenschaften und -techniken sowie Naturwissenschaften
- [2] OECD: Main Science and Technology Indicators. 2004; IMD: Competitiveness Year Book, 2004
- [3] Chemie- & Umwelt-Institut im TÜBİTAK Marmara Research Center, Instituts-Broschüre, www.mam.gov.tr, Anschrift: P.O. Box 21, 41470 Gebze-Kocaeli, Türkiye, Tel.: +90.262.677.2000, Fax: +90.262.641.2309
- [4] Atasoy, E., S. Murat. A. Baban and M. Tiris, „Membrane Bioreactor (MBR) Treatment of Segregated Household Wastewater for Reuse“, Clean, Wiley-VCH, Weinheim 35/5 (2007) 465-472
- [5] Regelsberger, M. A. Baban, L.Bouselmi, H. A. Shafy and B. El Hamouri, „Zero-M, sustainable concepts towards a zero outflow municipality“, ScienceDirect, Elsevier, 215 (2007) 64-72
- [6] <http://www.internationales-buero.de/de/2511.php>: Informationen und Antragsformulare in Deutschland



**AUFsätze**

Abbildung 15: Feld-Forschungen zur Wasseraufbereitung.



## Probleme mit Prognosen

Rolf Kickuth, Gaiberg

„Prognosen sind schwierig, besonders wenn sie die Zukunft betreffen.“ Diese Aussage findet man wegen ihrer selbstbezüglichen Ausdrucksweise gerne zitiert, und sie wird gleich mehreren Urhebern zugeschrieben, u.a. Karl Valentin, Mark Twain und Winston Churchill. Wichtige Gründe für die Prognose-Problematik: Die Evolution unseres Daseins verläuft nicht nur in der Tiefe, sondern auch in der Breite, und sie verläuft nichtlinear. Was das bedeutet soll dieser Artikel aufzeigen, der dennoch am Ende Prognosen aufstellt.

Im Juli 2007 habe ich im Editorial der CLB schon bemerkenswerte Fehlprognosen gelistet, u.a. von Albert Einstein 1932: „Es gibt nicht das geringste Anzeichen, dass wir jemals Atomenergie entwickeln können.“ Oder aus der jüngsten Vergangenheit: „Das Internet wird kein Massenmedium – weil es in seiner Seele keines ist“ Matthias Horx, Soziologe und Zukunftsforscher, in seinem Artikel: „Der kurze Sommer der @narchie“, Die WELT Online vom 24.03.2001\*.

Es ist jetzt zehn Jahre her, dass ich selbst in einer anerkannten Fachzeitschrift, dem „Informatik Spektrum“, Hauszeitschrift der Gesellschaft für Informatik, eine Prognose aufgestellt habe: „Angedacht: Die PC-Technologie in zehn Jahren“ hieß der Artikel\*\*. Der Untertitel lautete „Jeder Zentralprozessor so fix wie 1000 Pentiums – Filmbibliotheken in Speicherkarten oder Minidisks“. Schon dieser Extrakt des Artikels zeigt: Falsch habe ich nicht gelegen. Heute gibt es USB-Sticks mit 16 GB Speicher, das langt für einige Filme. Der kalifornische Hersteller von Festkörperspeicherkarten, Bitmicro, gab Anfang Februar sogar bekannt, dass er 3,5“-Flash-Disks entwickelt, die 1,6 Terabyte in Flash-Chips fassen! Sie sollen noch in diesem September auf den Markt kommen. Bedenkt man, dass man mit guten Kompressionsalgorithmen für eine Stunde Film in VGA-Auflösung (640 mal 480 Pixel) rund ein Gigabyte Speicherplatz benötigt, reicht die neue Flash-Disk für rund eineinhalbtausend Filmstunden. Wenn das keine Bibliothek ist...

Und ebenso zutreffend: Hatten die PCs damals so um die 60 Mega-Flops (bei integrierten 7,5 Millionen Transistoren im Pentium II), werden in diesem Jahr noch PC-Prozessoren mit über zwei Milliarden Transistoren auf dem Markt kommen (Intels „Tukwila“, vorgestellt ebenfalls jetzt im Februar), fähig zu einer Leistung von 40 Giga-Flops. Das ist ein knapper Faktor 1000.

### Der PC vor zehn Jahren

Eine weitere Prognose von mir in dem Artikel: „Zudem wird man eine Art Festplatte haben, die zumindest im einstelligen Terabytebereich Informationen speichert.“ Stimmt; damals waren übrigens zehn Gigabyte üblich! Zur Datenübertragung: „Die 64 Kilobit pro Sekunde, die ISDN heute jedermann als maximale Datentransferrate über das Büro hinaus bietet, sind dann auch obsolet (in Intranets, also innerhalb von Büroumgebungen, ist die verbreitete Spitzentechnik heute bei Fast Ethernet mit 100 Megabit pro Sekunde angelangt). Wahrscheinlich kommen die Daten über das Fernseekabel mit 36 Megabit pro Sekunde; dabei ist die Datenübertragung jedoch abhängig von der Anzahl der jeweiligen Nutzer“. Aktuell: Kabelkunden können bis 25 Megabit pro Sekunde Daten aus dem Netz laden. Die Telekom bietet schon das neue VDSL an, mit einer Bandbreite bis zu maximal 50 Megabit pro Sekunde. Zur Begründung des Rechenleistungsbedarfs (damals hauptsächlich für Textprogramme und Tabellenkalkulationen) hieß es in dem Artikel: „Der PC in zehn Jahren benötigt seine Leistung also, um beliebige multimediale Daten (Filme, Musik, Straßenszenen) von irgendwoher aus dem weltweiten Netz in hoher Auflösung ohne Stocken darstellen zu können“. Zum Display: „Die klobigen Monitore werden beispielsweise der Vergangenheit angehören. Flachbildschirme sind Standard, wahrscheinlich sogar (beim Durchbruch von Polymertechnologien) Displays dünn wie Zeitungspapier. Andere Trends gehen zu Monitorbrillen, eventuell zu Lasergeräten in Brillengröße, die



#### Der Autor

Rolf Kickuth ist Verleger. Schon während seines Chemiestudiums war er etwa für *FAZ*, *Bild der Wissenschaft* und *Chemische Rundschau* wissenschaftsjournalistisch tätig. Später gab er die *AXON* für Anwendungen und Methoden der künstlichen Intelligenz heraus. Er war zudem Chefredakteur des *Informatik Spektrum*, der Zeitschrift der Gesellschaft für Informatik.

\*Nebenbei bemerkt: Es lohnt sich durchaus, den Artikel von Horx zu lesen ([http://www.welt.de/print-welt/article441474/Der\\_kurze\\_Sommer\\_der\\_narchie.html](http://www.welt.de/print-welt/article441474/Der_kurze_Sommer_der_narchie.html)). Der Autor bezieht die Aussage darauf, dass das Internet – im Unterschied zum Fernsehen – Interaktivität verlangt, in einem Maße, das er nicht einer so großen Menge von Menschen zutraute.

\*\*Der komplette Artikel „Angedacht: Die PC-Technologie in zehn Jahren“ aus dem *Informatik Spektrum* 04-1998 liegt mit freundlicher Genehmigung des Springer-Verlags Heidelberg als PDF-Datei auf [www.clb.de](http://www.clb.de).



## Die vier Grundkräfte

**Die starke Wechselwirkung** (starke Kernkraft; 100 mal stärker als die elektromagnetische Kraft) hat eine Reichweite von  $2,5 \cdot 10^{-15}$  Meter. Sie wird mit zunehmender Entfernung stärker und ist unter anderem Ursache für den Zusammenhalt der Quarks und aller aus ihnen zusammengesetzten Teilchen wie Nukleonen (Protonen, Neutronen). Austauschteilchen sind die Gluonen.

**Die schwache Wechselwirkung** wirkt Gegensatz zur Gravitation und des Elektromagnetismus nur in sehr kleinen Abständen ( $10^{-18}$  m). Sie ist verantwortlich für bestimmte radioaktive Zerfallsprozesse (z. B. Betazerfall), aber auch wichtig beim Kernfusionsprozess in der Sonne. Austauschteilchen sind die Bosonen  $Z^0$ ,  $W^+$  und  $W^-$ .

**Die elektromagnetische Kraft** bestimmt über elektrische und magnetische Felder alltäglichen Phänomene wie Licht, Elektrizität und Magnetismus, chemische Eigenschaften etc. Ihre Reichweite ist unendlich; Austauschteilchen ist das Photon.

**Die Gravitation** dominiert die großräumigen Strukturen des Universums. Sie wirkt immer anziehend. Sie ist die schwächste aller Wechselwirkungen, im Vergleich zur starken Wechselwirkung  $10^{-38}$  mal schwächer. Ihre Reichweite ist unendlich. Austauschteilchen soll das Graviton sein; dies ist jedoch noch eine unbewiesene Hypothese.

Bilder direkt auf die Netzhaut projizieren“. Stimmt auch, mindestens bald. Papierdünne Displays sind noch in der Erprobung; erste Exemplare sollen allerdings bald kommerziell erhältlich sein. Immerhin: Für den iPod touch gibt es eine LCD-Brille, die das Bild groß wie von einem Flachfernseher projiziert, bei entsprechenden Programmen auch in 3D. Und zur weiteren Entwicklung lesen Sie bitte „F&E im Bild“ auf Seite 43...

Wenn ich vor zehn Jahren so detailliert korrekt prognostiziert habe – wo liegt dann das Problem, es weiter zu tun? Das liegt wohl an der Eigentümlichkeit der Evolution, sich nicht nur in die Tiefe, sondern auch in die Breite zu entwickeln.

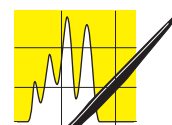
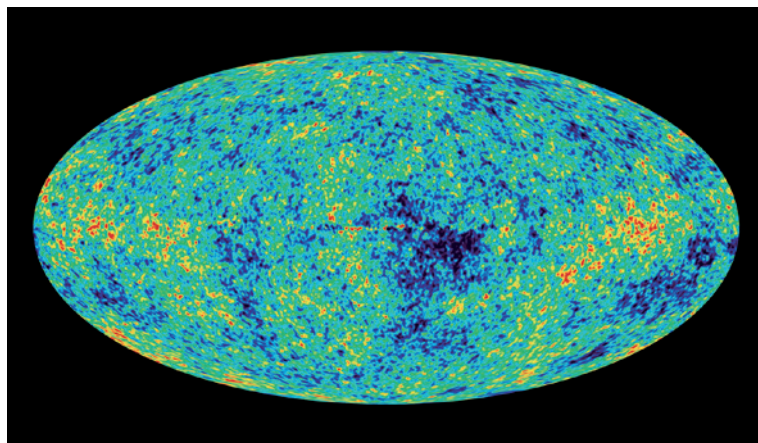
## Prognosen und Evolution

Betrachtet man das Fortschreiten der Evolution von der Kosmologie über die Biologie bis zur Soziologie, stellt man fest: Im Laufe der Zeit vermindern sich Energiedichten, verringern sich Unterschiede in vergleichbaren Bereichen (z.B. Automodelle werden immer ähnlicher), vergrößert sich die Vielfalt von Erscheinungsformen, erhöht sich die Komplexität der Systeme. Dass ich mich hier etwas verwaschen ausdrücke hat einen einfachen Grund: Ich verlasse den Boden wissenschaftlicher Tatsachen. Dennoch geht es jetzt nicht hin zu Glaubensthemen; vielmehr will ich Ähnlichkeiten verschiedener evolutionärer Entwicklungen aufzeigen. Daraus lassen sich Annahmen ableiten, die es zu prüfen gilt.

Meine Aussage ist bezüglich der Entstehung des Kosmos noch leicht verständlich. Unmittelbar nach dem Urknall gab es keine Materie, sondern nur einen undifferenzierten, unbeschreiblichen „Urknallbrei“. Selbst die vier bekannten Grundkräfte der Natur (siehe Kasten links) waren vereint. Dieser Zustand dauerte jedoch nur unvorstellbar kurze  $10^{-43}$  Sekunden. Danach spaltete sich die Gravitation als Grundkraft ab. Nach  $10^{-12}$  Sekunden haben sich alle Urkräfte voneinander aufgespalten; nach  $10^{-7}$  Sekunden bilden sich Quarks, Leptonen und Photonen, danach ( $10^{-4}$  Sekunden) u.a. Protonen und Neutronen. In den ersten zehn Sekunden des Kosmos entstehen die ersten Atomkerne, und erst nach ca. 380 000 Jahren wird der Kosmos durchsichtig, denn aus dem bis dahin existierenden Plasma geladener Teilchen bildeten sich neutrale Atome, deren Wechselwirkung mit den Photonen des Lichts vergleichsweise gering ist (Abbildung 1). Nach ungefähr einer Millionen Jahre nach dem Urknall bildeten sich die ersten großräumigen Strukturen des Kosmos. Fazit: Aus einem vollständig undifferenzierten Zustand heraus spalteten sich vier Grundkräfte ab, verschiedene Elementarteilchen, Atome. Es entstanden Sterne und Galaxien. Während kurz nach dem Urknall eine extrem hohe Energiedichte herrschte, nahm und nimmt diese mit Ablauf der Zeit und der weiteren Ausdehnung des Kosmos ab.

Auch bei der biologischen Evolution erfolgte mit der Zeit ein zunehmende Differenzierung, von womöglich ersten selbstreplizierenden Eiweißmolekülen (siehe Artikel „Präbiotische Peptidsynthese“ auf Seite) über Einzeller zu Fischen und schließlich zu den Säugetie-

Abbildung 1: Diese Abbildung der Raumsonde WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) stellt eine Karte der kosmischen Hintergrundstrahlung im Mikrowellenbereich dar. Sie gilt als Beleg für die Urknalltheorie und stammt aus der Zeit etwa 380 000 Jahre nach dem Urknall. Da verbanden sich aufgrund der Ausdehnung und der damit einhergehenden Abkühlung des Weltalls Elektronen mit Protonen und Neutronen zu neutralen Atomen; der Kosmos wurde dadurch durchsichtig. Die Hintergrundstrahlung ist sehr gleichförmig. Winzige Temperaturschwankungen dürften im wesentlichen eine Folge von Dichteschwankungen in der Materie zum Zeitpunkt der Rekombination sein. Die Instrumente der WMAP-Sonde können Temperaturunterschiede im Bereich von 20 millionstel Grad messen. Ab dem Sommer dieses Jahres soll die europäische Raumsonde Planck die Strahlung mit noch dreifach höherer Auflösung vermessen. Man erhofft sich dadurch Überprüfungen kosmologischer Theorien (Abb.: NASA).



AUFsätze

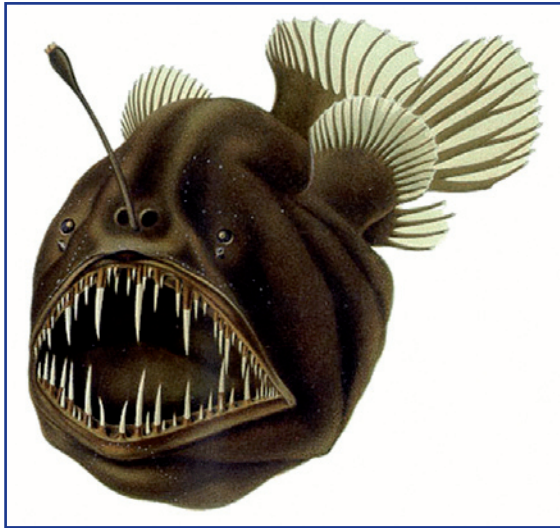


Abbildung 2: Viele Tiefseefische wie dieser Anglerfisch besitzen ein sehr großes Maul, welches sich enorm erweitern kann um Beutetiere aufzunehmen, die größer sind als das Tier selber. Auch der Magen ist entsprechend dehnbar und kann Beutetiere aufnehmen, die doppelt so groß wie der Fisch selber sind. Der Grund dafür: Selten schwimmt in den Tiefen der Meere Beute vorbei, aber wenn es passiert, muss es auch möglich sein, sie zu vertilgen (Abb.: CLB-Archiv).

ren und zum Menschen. Dabei wurde eine Öko-Nische nach der anderen besetzt. Zur Zeit sind zwischen 1,5 Millionen und 1,8 Millionen Arten beschrieben, davon etwa ein Drittel Pflanzen. Schätzungen gehen davon aus, dass es aber wahrscheinlich bis zu 20 Millionen Arten von Lebewesen auf der Erde gibt.

Zivilisatorische Entwicklungen zeigen Ähnliches. Gab es erst ein Automodell, sind es heute tausende. Und wieviele Zeitschriften gehen in immer speziellere Themenbereiche, wieviele Fernsehsender differenzieren sich in immer mehr Spartenkanäle aus?

### Kann man Geld mit Energie vergleichen?

Jetzt kommt die spannende Frage, für die ich eine nicht-wissenschaftliche Antwort zur Diskussion stellen möchte: Was entspricht der Energiedichte des Kosmos in der Evolution der Arten sowie in der soziologischen Entwicklung? Bei der Evolution in der Biologie kann

Abbildung 3: Diese 24-bändige 19. Ausgabe der Brockhaus-Enzyklopädie kostete um 1990 rund 5000 Mark; die aktuelle 21. Auflage blieb mit einem ähnlichen Preis von 2670 Euro wie Blei in den Regalen der Buchhändler liegen – Wikipedia war schneller, ähnlich gut – so diverse Tests – und kostenlos. Konsequenz: Ab dem 15. April soll die Brockhaus-Enzyklopädie ebenfalls kostenlos im Internet zugänglich sein, werbefinanziert... (Foto: RK).



man noch an den Begriff der Energie anknüpfen. Immer spezialisiertere Lebensformen füllen ökologische Nischen, aus denen sich nur schwer Nahrung gewinnen lässt; die Dichte an Energie, die sich für den Stoffwechsel nutzen lässt, ist sehr gering. Selbst im tiefen Ozean jedoch (Abbildung 2), in der trockensten Wüste gibt es beispielsweise noch Möglichkeiten, einen Stoffwechsel aufrecht zu erhalten.

Und in unserer Gesellschaft mag durchaus die Ansammlung von Geld die Rolle der Energiedichte übernehmen. Selbst kleinste Marktlücken werden besetzt, um daraus Gewinne zu erwirtschaften.

### Verdrängungsprozesse

Alle drei hier genannten Bereiche der Evolution weisen noch eine Übereinstimmung auf: Es können jeweils unerwartet Entwicklungen auftreten, die vorhandene Entwicklungsverläufe überrollen, überlagern oder auch verdrängen bzw. in ihrer Bedeutung für die Evolution zurücksetzen. In der Biologie beispielsweise schafften das die Säugetiere gegenüber den Dinosauriern. In der aktuellen gesellschaftlichen Entwicklung knabbert das Internet heftig an den bisherigen Weidegründen der Printmedien. Die 2670 Euro teure 21. Auflage des „Brockhaus“ mit 30 Bänden wird zum Beispiel ab dem 15. April völlig frei und kostenlos im Internet verfügbar sein (Abbildung 3)!

Diesen Ausflug zu Evolutionsgedanken habe ich gemacht, um die Schwierigkeiten darzustellen, mit denen Prognosen zu kämpfen haben. Ehe ich dennoch Prognosen wage hier noch einige Verweise darauf, dass o.g. Gedanken schon von etlichen Wissenschaftlern angesprochen worden sind und sich zur Zeit steigender Beliebtheit erfreuen.

### Theorien und Ergebnisse aus der Wissenschaft

Ein besonders großes Gebäude, das Ähnlichkeiten in Physik, Biologie und Gesellschaft beschreibt, schuf beginnend in den 60er Jahren des vergangenen Jahrhunderts Hermann Haken mit der Synergetik. Sie beschreibt die Selbstorganisation von Systemen, die sich aus hinreichend vielen miteinander wechselwirkenden Einzelsystemen zusammensetzen (weitere Informationen siehe Kasten rechts sowie CLB 10/2004, Seiten 374-380 „Technische Nutzung der Selbstorganisation“). Hier nur noch eine kleine Denkanregung über gekoppelte nichtlineare Systeme. Der Kabarettist und Physiker Vince Ebert stellt in seinem neuesten Programm „Denken lohnt sich“ vier Metronome vor, die unterschiedlich schnell schwingen. Stellt man sie alle zusammen auf eine Schaukel, synchronisieren sie ihren Takt, sofern die Einzeltaktraten nicht zu weit auseinander lagen. Ebert vergleicht dies mit dem kollektiven Konsumverhalten der Menschen: „Nach einiger Zeit ticken sie alle gleich, und die Schaukel bewegt sich in ihrem

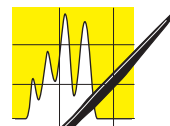


Rhythmus.“ Andere Synchronisationsvorgänge laufen im Gehirn ab. Sieht man zum Beispiel ein grob gepixeltes Bild eines Gesichts, tritt dieser Seheindruck in Wechselwirkung mit bereits gelernten Gesichtern. Resonanz tritt auf, wenn die Ähnlichkeiten der Wahrnehmungen zu einem Erkennen führen. Auch in der Biologie gibt es Synchronisationen. So stellte man fest, dass in Mädchenpensionaten sich die Monatsperiode von Mädchen, die in einem Schlafsaal schliefen, synchronisierte. Hier bilden Pheromone das synchronisierende Moment.

Einen ganz modernen Ansatz zum Übergreifenden Zusammenhang der Dinge liefert der MIT-Forscher Seth Lloyd. Er postuliert: Das ganze Universum lässt sich als Quantencomputer deuten. Dies gibt insbesondere dafür eine Erklärung, warum die Welt so komplex ist. Dazu ein kleines Gedankenexperiment des französischen Mathematikers Emile Borel von 1909: Man benötigte eine Trillion Affen, die seit dem Urknall auf Schreibmaschinen einhämmern, wollte man per Zufall die ersten 20 Buchstaben von Shakespeares Hamlet erzeugen. Das ganze Werk bzw. die Welt durch Zufall zu erklären ist also abwegig. Hat man jedoch einen Computer, der die Tasteneingaben interpretiert, entsteht Sinnvolles – neben nach wie vor viel Sinnlosem – viel schneller. Dieser Ansatz bedeutet, dass letztlich aus Quantenfluktuationen die Komplexität entstand, die wir beobachten. Lloyd sagt: Das Universum berechnet sich selbst...

## Diffusion von Meinungen

Es gibt auch eine Reihe von Sehensweisen auf übergreifende Mechanismen in Natur und Kultur, die nur Teilaspekte berücksichtigen. Eine davon schildert das Buch von Gero Vogl, das wir auf Seite 76 besprechen. Darin beschreibt der Autor, wie die physikalischen Gesetze der Diffusion auch genutzt werden können, um beispielsweise ethnische Mischungen, die Ausbreitung von Seuchen, Wanderungen von Sprachen oder die Ausbreitung von Meinungen zu beschreiben. Gerade zu Verbreitung von Meinungen berichtet er von einem interessanten Ergebnis, zu dem der Physiker und Mathematiker Frank Schweitzer 2003 gelangt ist. Er nimmt an, man hat zu einer Gegebenheit zwei verschiedene Meinungen, beide zu je 50 Prozent unter der Bevölkerung verbreitet. Die Simulation der weiteren Verbreitung führt zu einer Gleichung, die derjenigen zur Berechnung chemischer Reaktionsdiffusionen entspricht. Setzt man an, dass die eine Meinung um 50 Prozent schneller verbreitet wird als die andere, dauert es laut Schweitzer nur 100 Zeitschritte, bis die gegenteilige Meinung praktisch verschwunden ist. Autor Vogl gibt dazu einen plastischen Eindruck: „Schon ein Wahlkampfbudget, das um 50 Prozent höher ist als das des politischen Gegners, müsste demnach ausreichen, um den eigenen Kandidaten zum Sieg zu führen!“



**AUFsätze**

## Synergetik kurz und bündig

Ausgangspunkt der Synergetik war die statistische Physik der Nichtgleichgewichtssysteme. Sie behandelte physikalische Systeme der Selbstorganisation fern vom thermodynamischen Gleichgewicht, deren bekanntestes der Laser ist. In ihm bilden sich selbstorganisiert aus einer Vielzahl eingestrahelter, ungeordneter Lichtwellen solche gleicher Frequenz (monochromatisch) und Phase (kohärent) aus.

Grundlage für den Selbstorganisationsprozess sind Kontrollparameter, zum Beispiel die Zufuhr von Energie in das System. Die Erzeugung von Strukturen höherer Ordnung hat dann andererseits eine Zunahme der Unordnung (Entropie) im Umfeld des betrachteten Systems zufolge.

Unter dem Einfluss von Kontrollparametern wie zugeführter Energie oder äußeren Geometrien schließen sich einzelnen, gleichartigen Elementen eines Systems dann eine Vielzahl anderer Elemente an. Die individuellen Elemente lassen sich durch einen durch die Kontrollparameter hervorgebrachten Ordner „versklaven“. So bildet sich ein Phasenübergang: Farbmuster aus vorher einfarbigen Systemen, bevorzugte Bewegungsrichtungen aus vorher zufälligen Bewegungsabläufen. Während des Phasenübergangs zeigen sich bereits Eigenschaften von beiden Phasen. Allerdings besteht keine Kausalität zwischen den Phasen. Es kann nicht vorhergesagt werden, welcher neue Zustand durch den Ordner hervorgerufen wird. Zwängen sich beispielsweise viele Menschen in beiden Richtungen ungeordnet auf einer Treppe, kann es sein, dass sich zunächst hinter einer zum Beispiel schnell hochlaufenden Einzelperson (zugeführte Energie) eine kleine Gruppe bildet, die in dieselbe Richtung geht, und schließlich eine „Rechtsverkehr“-Ordnung auf der Treppe entsteht.

Kleinste Änderungen der Systemstruktur – eine Fluktuation – können

eine riesige Auswirkungen auf den Systemzustand haben. Das System verhält sich nichtlinear. Hier besteht ein Anknüpfungspunkt zur Chaostheorie, die sich unabhängig von der Synergetik entwickelte, von Haken allerdings als eine Untergruppe der Synergetik gesehen wird.

Durch die Ordnung findet eine Komplexitätsreduzierung statt. Es ist nicht nötig das genaue Verhalten der einzelnen Individuen zu kennen, es reicht zu wissen, welche Ordnung für die Individuen maßgebend sind. Als Beispiel führt Haken die Desoxyribonukleinsäure an. Trotz des riesigen Umfangs der DNA ist in dieser nicht die Information für jede einzelne Körperzelle abgelegt. Vielmehr enthält die DNA lediglich Informationen für die verschiedenen Zelltypen sowie die Information zur Bildung von Ordnern, die für eine Strukturierung der Zellen sorgen.

Die Synergetik ließ sich durch ihre allgemeine Formulierung auf viele andere Bereiche ausweiten. In der Chemie ist das bekannteste Beispiel die Belousov-Zhabotinsky-Reaktion, bei der sich periodische farbliche Muster ausbilden. Weitere Beispiele sind etwa Wolkenmuster, Hirnströme, Räuber-Beute Systeme oder auch die öffentliche Meinungsbildung.

Die Selbstorganisation beruht häufig auf dem Wirken relativ schwacher Kräfte. Bei der molekularen Selbstorganisation spielen zum Beispiel nichtkovalente Bindungen eine entscheidende Rolle. Dadurch ist ein leichter Auf- und Abbau der einzelnen Bausteine möglich und zufällig entstandene Fehler können korrigiert werden. Der Selbstorganisationsprozess ist also quasi selbstkorrigierend und ermöglicht Zielstrukturen mit hoher Präzision. Allerdings ist ebenso klar, dass eine selbstorganisierte Struktur niemals perfekt sein kann, sondern den Gesetzen der Thermodynamik folgend immer Fehler beinhaltet.

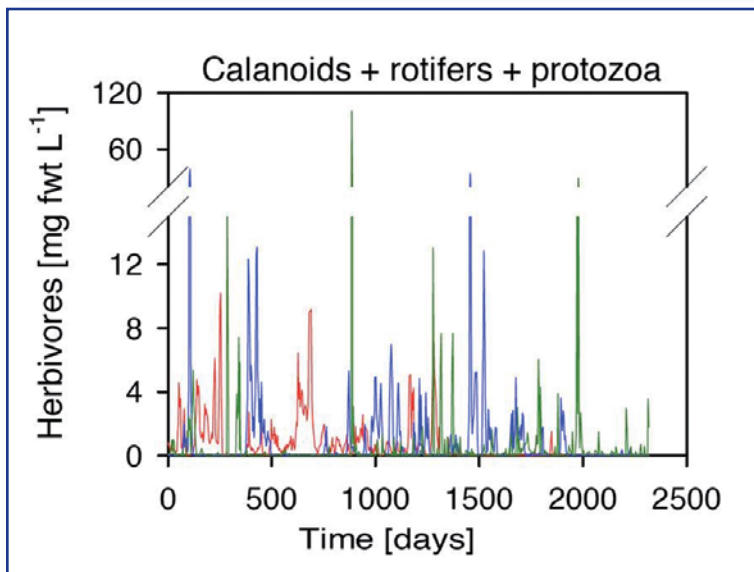
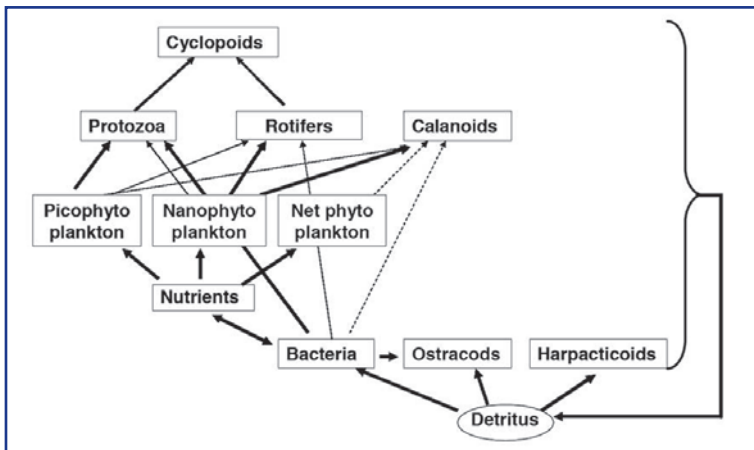


Abbildung 4 (oben): Nahrungsnetz des Planktons im Experiment an der Uni Rostock. Abbildung 5 (unten): Chaotische Fluktuationen von drei Arten der Planktongemeinschaft (Copyright beide Abb.: Nature Publishing Group).

### Chaotische Artenschwankungen

Neueste Forschungen geben ein weiteres Beispiel für die Wirkung physikalischer Prinzipien in biologischen Gesellschaften: Mit einem Langzeitexperiment konnte gezeigt werden, dass die Konzentrationen der Arten einer Lebensgemeinschaft von Planktonorganismen chaotisch schwankten. Kernstück ihrer Untersuchung war ein an der Universität Rostock durchgeführtes Langzeitexperiment. Reinhard Heerkloss hatte eine Lebensgemeinschaft von Planktonorganismen aus der Ostsee isoliert und über einen Zeitraum von sieben Jahren unter konstanten äußeren Bedingungen beobachtet (Abbildung 4). Zweimal pro Woche wurden die Arten ausgezählt, so dass eine sehr detaillierte Datenreihe entstand. Zu seiner großen Überraschung stellte sich bald heraus, dass sich niemals ein Gleichgewicht einstellte (Abbildung 5). Die Planktondichten änderten sich stattdessen unregelmäßig auf Grund von Fraßbeziehungen und Konkurrenz. Er schickte den Datensatz zur stati-

stischen Analyse nach Amsterdam. Dort wurde er mit modernsten Methoden untersucht und es konnte mit großer Sicherheit die Anwesenheit von Chaos für diese Lebensgemeinschaft nachgewiesen werden.

Stephen Ellner von der Cornell Universität, USA – Co-Autor des Artikels, der am 14. Februar 2008 in der Zeitschrift „Nature“ erschien – sieht weit reichende Konsequenzen für die Ökologie und das Management von Ökosystemen: „Unsere Ergebnisse zeigen, dass langfristige Prognosen über die Abundanz von Arten grundsätzlich nicht möglich sind.“ Zuvor hatten die Forscher Jef Huisman und Marten Scheffer, beide aus den Niederlanden, das Vorhandensein von Chaos für Lebensgemeinschaften des Planktons mit Hilfe mathematischer Modelle vorausgesagt.

### Und dennoch: Neue Prognosen

Das bisher Geschilderte macht deutlich, dass Prognosen für einen bestimmten Prozess, eine bestimmte Entwicklung zu dem einen Zeitpunkt relativ einfach sein können, zu einem anderen Zeitpunkt viel schwieriger. Standardaufgabe eines Wissenschaftsjournalisten ist es jedoch, ständig die Entwicklungen an der vordersten Fron der Forschung zu beobachten, auch zu hinterfragen: Wo führt das hin? Daher wage ich auch hier wieder einmal die Prognose: Wie sieht der PC in zehn Jahren aus? Wie sieht es aber auch in Chemie aus?

Mir erscheint es zunächst jedoch einfacher – und dennoch mindestens gleichermaßen interessant – die Frage zu beantworten: Was leistet der Supercomputer in zehn Jahren? Hier ist nämlich der Spielraum für Entwicklungen nicht so groß wie beim PC, was ich weiter unten erläutere.

### Der Supercomputer in zehn Jahren

1965 sagte der Gründer und damalige CEO von Intel, Gordon Moore, eine Verdopplung von Transistoren auf einem Chip alle 18 Monate voraus – was sich bis heute bewahrheitete. Dieses „Moore’sche Gesetz“ – das in ähnlicher Weise für die Rechengeschwindigkeit gilt – halten die Experten auch noch für die nächsten zehn Jahre für zutreffend, und zwar nicht, weil das Gesetz so schön ist. Vielmehr schätzen sie dafür die Entwicklungsmöglichkeiten der einzelnen Technologien ab: Lithographie, Materialentwicklung, Wafergröße, Rechnerarchitekturen etc. Etliches davon wird sowohl für die PC- wie für die Supercomputerentwicklung gleichermaßen zutreffen, denn die Supercomputer in zehn Jahren werden vorwiegend aus Standardprozessoren gebaut werden, die jedoch massiv parallel zusammengeschaltet werden.

So wird die typische Strukturgröße auf den Mikrochips 18 Nanometer betragen; heute sind es typischerweise 45 Nanometer, die „Penryn“-CPUs von Intel. Dafür müssen Materialien entwickelt werden, die zu besseren Isolationen zwischen den Leiterbahnen führen. Außerdem gilt es, lithographische Methoden für



solch kleine Strukturen aufzubauen. Denn sichtbares Licht stößt hier an Grenzen. Extrem ultraviolettes Licht (EUV) bietet hier einen Ausweg, denn dieses Licht hat eine Wellenlänge von nur 13,5 Nanometern. Allerdings sorgt die Arbeit mit ultraviolettem Licht dieser kurzen Wellenlänge für einige Probleme. Eine grundlegende Schwierigkeit beim EUV ist, dass es von jedem Material, also auch optischen Linsen, und von jedem Gas absorbiert wird. Man baut so ein System also nur aus Spiegeln auf und betreibt es im Vakuum. Für das EUV-Licht werden spezielle Plasmaquellen entwickelt. Das können Gasentladungsplasmaquellen sein oder auch Laserplasmaquellen. Intensiv arbeitet man an der Entwicklung von EUV auch bei Carl Zeiss im schwäbischen Oberkochen.

Ab ca. 2016 wird die Wafergröße – entscheidend für eine Produktivitätssteigerung und damit Preissenkung auch von massiv-parallelen Systemen – 450 Millimeter betragen; heute sind es 300 Millimeter. Gibt es heute mit dem „Tukwila“ von Intel einen ersten Chip mit mehr als zwei Milliarden Transistorfunktionen, wird ein Chip 2018 über 30 Milliarden Transistorfunktionen verfügen. Die Taktfrequenz wird sich von heute meist drei Gigahertz auf über 30 Gigahertz verzehnfachen. IBM hat vor einem Jahr bereits einen Chip bei 500 Gigahertz getaktet – allerdings bei Temperaturen von 4,5 Kelvin, also nahe am absoluten Nullpunkt. Immerhin soll der Chip bei Raumtemperatur mit rund 350 Gigahertz laufen. Bei Experimentalchips wie diesem kommt es weder auf Kosten durch ungewöhnliche Materialzusammensetzung – Silizium und Germanium waren hier gewählt – noch auf Energieverbrauch an, aber sie demonstrieren die technische Machbarkeit mit industriellen Verfahren. Computersimulationen sollen bereits gezeigt haben, dass mit Silizium-Germanium-Chips Taktfrequenzen bis zu einem Terahertz sogar unter Raumtemperatur erreichbar wären.

## 2018 oder bald danach 1 Exaflops

Ich denke, weitere Einzelheiten sollte man in der Spezialliteratur nachlesen, z.B. in der International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS). Alle Maßnahmen zusammengenommen – wozu übrigens auch eine Energieminimierung sowie eine Fehlertoleranz gehört – sollen dann zu Supercomputern führen, die ca. 2019 die Leistung eines Exaflops erreichen (Abbildung 6), d.h. die eine Trillion ( $10^{18}$ ) Fließkomma-Operationen pro Sekunde ausführen können (Flops = Floating point operations per second; Abbildung 6)! Das werden Systeme mit Hunderttausenden von Prozessoren sein – auch eine Software-Aufgabe, gilt es, solche massiv-parallelen Architekturen zu unterstützen. Der heutige Spitzenreiter (Stand November 2007) heißt übrigens IBM BlueGene/L, hat 106 496 Prozessorkerne und erreicht mit ihnen eine Leistung von 596 Teraflops.

Die Leistung solcher Systeme ist durchaus erwünscht, kann man damit doch locker Proteinfaltungen berechnen, die Klimasimulationen verfeinern, Plasmen berech-

nen; und die Computerchemie hat durchaus Hunger auf mehr „Flops“ (siehe Kasten).

Schon heute erzielen Simulationen in der Chemie und der Chemietechnik erstaunliche Ergebnisse. Ein Beispiel aus der Biochemie, das gleichzeitig noch eine Möglichkeit der Lebensentstehung auf der Erde aufzeigt, habe ich in dem Kasten unten beschrieben (Proteinentstehung: Eisen-Schwefel-Welt-Szenario simuliert). Weitere Artikel zum Thema Simulation stehen unter „Forschung und Technik“ in dieser CLB auf den Seiten 71 und 72 („Simulation eines Brennstoffzellen-Reformers“ sowie „Simulation der Faltung eines RNA-Moleküls“).



AUFsätze

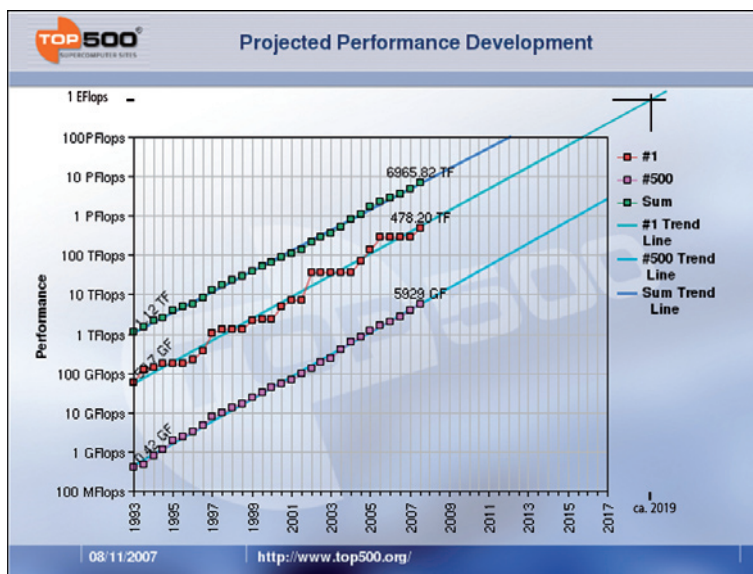


Abbildung 6: Leistungsentwicklung von Supercomputern. Extrapoliert man etwa auf das Jahr 2019 werden sie möglicherweise 1 Exaflops erreichen (Quelle: top500.org).

## Wofür benötigt man Supercomputer?

Treibende Kräfte der Supercomputerentwicklung sind laut Maciej Brodowicz von der Louisiana State University (oberer Teil) und Steve Chen vom The Third-Brain-Brain Research Center In China (unterer Teil) die hier aufgeführten Arbeitsfelder.

Full global climate modeling: 10 Exaflops – 1 Zettaflops  
 Plasma physics simulation: 10 year target: ~500 Exaflops  
 Protein folding: ~1 Petaflops  
 Complex biomolecular structures: 1 Exaflops and above  
 Computational engineering: CFD: >1 Petaflops  
 Structural mechanics: 1 Petaflops – 1 Exaflops  
 Other fields: Symbolic computation; semantic networks; machine intelligence

Automotive Development: 100 Teraflops  
 Human Vision Simulation: 100 Teraflops  
 Aerodynamic Analysis: 1 Petaflops ( $10^{15}$  Flops)  
 Laser Optics: 10 Petaflops  
 Molecular Dynamics in Biology: 20 Petaflops  
 Aerodynamic Design: 1 Exaflops ( $10^{18}$  Flops)  
 Computational Cosmology: 10 Exaflops  
 Turbulence in Physics: 10 Exaflops  
 Computational Chemistry: 1 Zettaflops ( $10^{21}$  Flops)

Abbildung 7: Das Readius-Handy mit ausrollbarem Polymerbildschirm, gezeigt von der Phillips-Tochter Polymer Vision auf dem Mobile World Congress im Februar in Barcelona (Abb.: Polymer Vision).



Morgen werden Supercomputer entscheidend zur Aufklärung molekularer Vorgänge bei Krankheiten oder bei Alterungsprozessen beitragen.

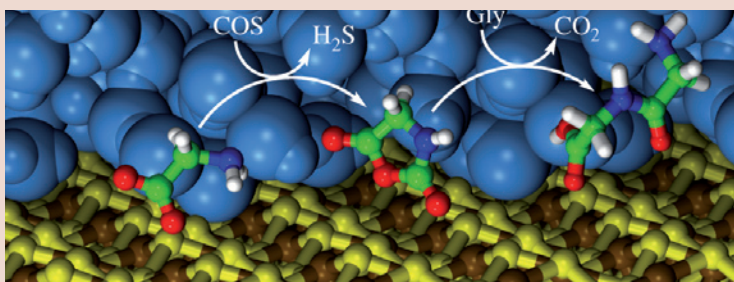
### Der PC in zehn Jahren

Die Frage nach dem PC in zehn Jahren ist nicht leicht zu beantworten. Um auf die Ähnlichkeit mit

#### Proteinentstehung: Eisen-Schwefel-Welt-Szenario simuliert

Chemiker der Universität Bochum um Dominik Marx haben jetzt unter Annahme präbiotischer Bedingungen gemäß der „Eisen-Schwefel-Welt“-Hypothese eine vollständige Peptidsynthese am Computer durchgeführt. Der Hypothese zufolge könnten die so entstandenen Proteine erste Lebensbausteine sein. Die Studie wurde nun als eine der „Three-Page Communications to the Editor“ in der Zeitschrift *Journal of the American Chemical Society (JACS)* veröffentlicht.

Das Eisen-Schwefel-Welt-Szenario arbeitete der Chemiker Günter Wächterhäuser seit Mitte der 1980er Jahre detailliert aus. Komponenten sind dort einerseits Oberflächen von Eisen-Schwefel-Mineralien und andererseits hohe Temperaturen und hoher Druck des Wassers als Medium, in dem die Synthese von Peptiden in einem Peptidzyklus ablaufen soll. Überraschenderweise konnte man in der Simulation feststellen, dass die für die Biochemie eher unüblichen Wächterhäuserschen Reaktionsbedingungen die Bildung von Peptidbindungen beschleunigen. Bedeutsam ist nach Angaben der Forscher besonders, dass Wasser bei diesen exotischen Bedingungen völlig andere Eigenschaften hat als uns geläufiges Wasser. Der Aufwand dieser Studie war außerordentlich hoch. Man musste fast zehn einzelne Reaktionsschritte sowie deren Rückreaktionen unter drei verschiedenen Reaktionsbedingungen simulieren, um nach vielen Fehlschlägen den Peptidzyklus zu knacken, berichten die Forscher. Sie meinen, mit diesem Rechenaufwand stelle die Untersuchung wohl einen neuen Weltrekord auf dem Gebiet der ab initio Molekulardynamik auf. Möglich geworden ist das erst durch ausgiebige Nutzung eines IBM Blue Gene Parallelrechners am John von Neumann-Institut für Computing in Jülich. Das Bild zeigt Glyzin (links), aktiviertes Glyzin (Mitte) und GG Dipeptid (rechts) an der Grenzfläche von Pyrit zu Wasser und Extrembedingungen (Abb.: Uni Bochum/E. Scheiner, N.N. Nair, D. Marx).



anderen evolutionären Entwicklungen zurück zu kommen: Die Komplexität erhöht sich, es werden immer weitere technologische Nischen ausgenutzt, immer weniger zu erahnende Anwendungen gefunden. Tatsächlich nehme ich an, dass es DEN Personal Computer, so wie wir ihn heute noch kennen – ein Kastenklutz neben einem großen flachen Bildschirm – kaum noch geben wird. Schon Notebooks werden der Einschätzung von Experten zufolge mit einer Leistung im Teraflops-Bereich heutigen Supercomputern gleichzusetzen sein. Kaum vorstellbar, wofür man dies benötigt.

Ich denke vielmehr, der PC in zehn Jahren hat etwa die Größe heutiger Organizer, ist multifunktional, ausgestattet mit dem UMTS-Nachfolger, GPS- und Galileo-fähig, geeignet, um Filme anzusehen, sei es als Download oder als Handy-TV, und er hat weiterentwickelte Eingabe- und Ausgabe-Funktionalitäten. So kann ich mir vorstellen, dass neben einem Display aus organischen Leuchtdioden (OLED) am Gerät ein integrierter Mini-Beamer eine etwa DIN A3- (oder 24 Zoll-) Bildschirmdarstellung auf eine geeignete Fläche projiziert. Eine andere Darstellungsmöglichkeit werden zusammenrollbare Polymer-Bildschirme bieten, geeignet etwa für die papierlose Zeitung aus dem Internet (Abbildung 7). Die Dateneingabe bei den Kleingeräten kann per Gesten und Sprache erfolgen, oder auch über eine virtuelle Tastatur, die vor dem Gerät auf den Tisch projiziert wird, und auf die man ähnlich wie heute tippt.

Zudem wird es unglaublich leistungsfähige Spielekonsolen geben, die eigentlichen Technologietreiber in zehn Jahren. Eventuell ermöglichen sie sogar – wenn nicht holografisch oder mit anderen ausgeklügelten 3D-Darstellungstechniken, so doch mit Spezialbrillen – dreidimensionale Darstellungen. Dabei wird eine Rechenleistung benötigt, die oben beschriebene Leistungssteigerung erfordert.

Schließlich wird der individuelle Wissenschaftler profitieren, sei es ein Biologe, Chemiker, Strömungstechniker. Er wird den PC in zehn Jahren nutzen, als Front-End-Gerät für Supercomputer oder für die kleine Molekülsimulation zwischendurch.

Insbesondere wird es immer mehr darauf ankommen, die richtigen Fragen zu stellen. Intelligente Wissensverknüpfung wird die Wissenschaft entscheidend voran bringen – und selbst wiederum eine Nutzungsmöglichkeit schnellster Computertechnik erfordern.

Und noch etwas wird passieren: Mindestens tauglich für alltagssprachliche Probleme wird es Realtime-Übersetzungsmöglichkeiten eventuell auch für die Handy-Computer geben, die man immer mit sich führt. Bei der Handelsreise nach Russland spricht dann der Geschäftspartner auf russisch ins Handy, und man selbst hört unmittelbar die Übersetzung über den Kopfhörer. Feinsprachlichkeiten, Töne zwischen den Zeilen muss man dann aber immer noch den Gesten der zwischenmenschlichen Kommunikation entnehmen...

CLB



# CLB – Memory

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

Februar 2008

## Forschungsranking des Centrums für Hochschulentwicklung Der Süden der Republik besonders stark

**I**m CHE-Forschungsranking 2007 weisen die Universitäten Frankfurt a.M., Freiburg, Heidelberg, Karlsruhe, die LMU und die TU München sowie die Universität Stuttgart wieder einen besonders hohen Anteil forschungsstarker Fakultäten aus. In mindestens der Hälfte der im Ranking einbezogenen Fächer erreichten sie die Spitzengruppe.

Insgesamt wurden 16 Fächer betrachtet. „Der Vergleich mit früheren Forschungsrankings zeigt, dass über die Jahre hinweg einige Universitäten konstant im Spitzenfeld vertreten sind. Allen voran die TU München, die diesmal mit sieben von acht möglichen Spitzenplätzen glänzt,“ sagt Sonja Berghoff, Projektleiterin im Forschungsranking des Centrums für Hochschulentwicklung gGmbH (CHE) in Gütersloh. 40 Universitäten gehören der Mittelgruppe an, sie weisen in mindestens einem Fach besondere Forschungsleistungen auf. Aufgestiegen in die Mittelgruppe sind die Universitäten Leipzig und Oldenburg. 17 Universitäten gehören in keinem der betrachteten Fächer zu den Forschungsstarken.

Das CHE-Forschungsranking basiert auf dem forschungsbezogenen Datenmaterial des CHE-Hochschulrankings. Unter anderem wurde die Zahl der eingeworbenen Drittmittel, Publikationen und Promotionen sowie in den Ingenieurwissenschaften die Anzahl der Erfindungen einer Hochschule im jeweiligen Fach zu-

grunde gelegt. Neben Fakten, die für die Bildung der Spitzen-, Mittel- oder Schlussgruppe herangezogen werden, wird auch die Reputation der Fachbereiche bei Professoren abgefragt. Hier zeigt sich, dass einige Fakultäten mit Forschungsleistungen aufwarten, die bisher noch verkannt werden.

Im Fach Biologie wurden 47 Universitäten in den Vergleich einbezogen. Die Universität Tübingen erreicht als einzige Hochschule sieben von sieben möglichen Spitzenplätzen, die TU München und die Universität Heidelberg erreichen jeweils sechs. Heidelberg besitzt zudem eine hohe Reputation unter Professoren, ebenso wie die TU Berlin, die allerdings nur vier Spitzenplätze erreicht.

Im Fach Chemie werden 53 Universitäten in den Vergleich einbezogen. Die TU München gelangt bei allen sieben Forschungsindikatoren in die Spitzengruppe. Darüber hinaus wird sie von mehr als 25 Prozent der befragten Professoren als führend in der Forschung bezeichnet (Indikator „Reputation“). Die Universität Göttingen erreicht bei immerhin sechs Forschungsindikatoren die Spitzengruppe, lediglich bei dem Indikator „Zitate pro Publikation“ liegt sie nicht vorne. Acht Universitäten platzieren sich bei jeweils fünf Indikatoren in der Spitzengruppe: die Universitäten Bonn, Hamburg, Heidelberg, Karlsruhe, Mainz, Münster, Stuttgart und die FU Berlin. Die RWTH Aachen, die Universität Köln und die LMU München erlangen jeweils vier Mal

eine Spitzenplatzierung. Neu in der Gruppe der forschungsstarken Universitäten ist die Universität Köln, die bisher keine Daten geliefert hatte, und die LMU München, die aufgrund verbesserter Drittmittel in den Kreis gekommen ist. Gegenüber 2003 verschlechtert und aus verschiedenen Gründen aus der Gruppe der forschungsstarken Hochschulen heraus gefallen sind die Universitäten Dortmund, Erlangen-Nürnberg, Marburg, Tübingen und Würzburg.

Im Fach Medizin wurden 36 Universitäten in den Vergleich einbezogen. Die Universitäten Heidelberg und Tübingen erreichen bei sechs von sieben Indikatoren einen Platz in der Spitzengruppe; insgesamt umfasst die Gruppe der forschungsstarken Fakultäten in der Humanmedizin neun Hochschulen.

Im Fach Pharmazie werden 22 Universitäten in den Vergleich einbezogen. Die Universität Heidelberg erreicht bei allen sieben Forschungsindikatoren die Spitzengruppe, die Universität Frankfurt erreicht bei sechs Indikatoren die Spitzengruppe.

Im Fach Physik wurden 58 Universitäten in den Vergleich einbezogen. Keine Hochschule erreicht in allen sieben Rubriken die Spitzengruppe, drei schaffen dies sechsmal: die Universitäten Heidelberg und Karlsruhe sowie die LMU München. Heidelberg und München werden zudem häufig von Fachkollegen als „in der Forschung führend“ genannt.

## Ein lohnendes Thema für den Chemieunterricht

## Leitstrukturen

Martin Holfeld, Wolfgang Proske  
und Volker Wiskamp

**C**hemische Stoffe mit einem gemeinsamen Strukturelement, einer Leitstruktur, sind häufig in der Lage, im menschlichen Organismus dieselben Rezeptoren zu besetzen und zu bestimmten physiologischen Wirkungen zu aktivieren (Agonisten) oder zu blockieren (Antagonisten). Das Erkennen von Leitstrukturen ist ein lohnendes Thema im Chemieunterricht.

## Opioide

Der Zeitungsartikel „Mit einer Tablette schon richtig am Limit“ [1], in dem es um die zunehmende Zweckentfremdung des Schmerzmittels Tilidin als Modedroge geht, hat uns dazu motiviert, das Thema Arzneimittelmisbrauch im Chemieunterricht aufzugreifen.

Tilidin gehört wie Morphin (Hauptbestandteil des Opiums), Heroin (zweifach acetyliertes Morphin) und Methadon (Ersatzstoff in Heroin-Substitutionsprogrammen) zur Gruppe der Opiode (Abbildung 1). Insbesondere im zentralen Nervensystem besetzt Tilidin Opioidrezeptoren, unterdrückt dadurch eine Schmerzweiterleitung und wirkt folglich schmerzlindernd (etwa ein Fünftel der Wirkstärke von Morphin). Als Nebeneffekt tritt eine stark euphorisierende Wirkung

Abbildung 1:  
Strukturformeln  
von Morphin,  
Heroin, Methadon,  
Tilidin und  
Naloxon

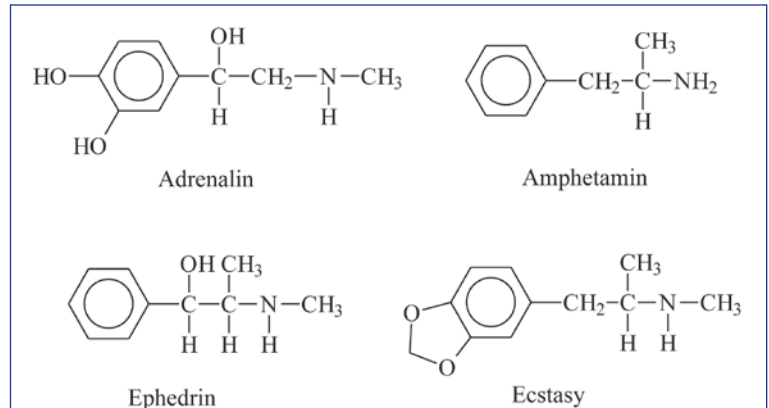
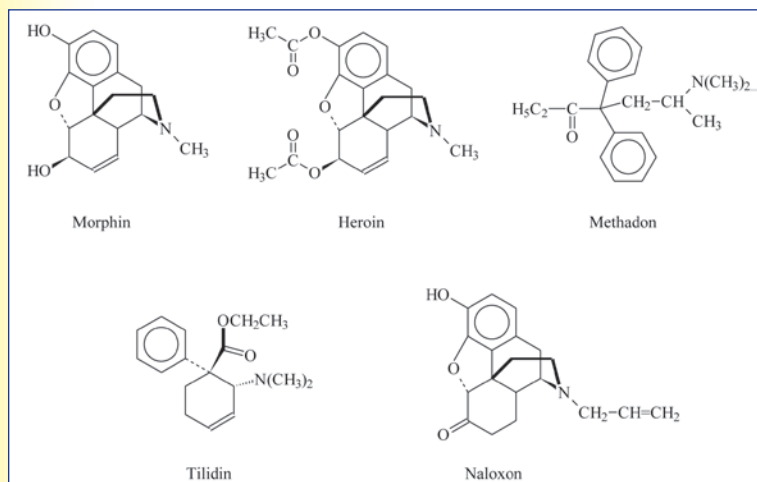


Abbildung 2: Strukturformeln von Adrenalin, Amphetamin, Ephedrin und Ecstasy

ein, womit die „Beliebtheit“ als Droge verständlich wird [2].

Vorsichtshalber hat der Hersteller des Medikamentes Tilidin den Tabletten ein weiteres Opioid, das Naloxon (Abbildung 1), beigelegt. Dieses ist ein Opioidantagonist, blockiert die entsprechenden Rezeptoren und verhindert dort die Anbindung des Tilidins. Wenn die Tablette vorschriftsgemäß geschluckt wird, wird das Naloxon schon bei seiner ersten Passage durch die Leber deaktiviert (First-Pass-Effekt), so dass das Tilidin wie beabsichtigt wirken kann. Wird die Tablette aber verflüssigt und intravenös appliziert, wie dies bei „Fixern“ üblich ist, so gelangt das Naloxon unverseht in die Blutbahn, darüber an die Rezeptoren und verhindert

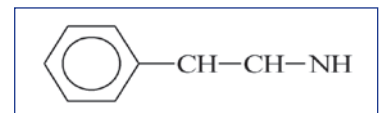


Abbildung 3: Leitstruktur von Adrenalin, Amphetamin, Ephedrin und Ecstasy

- ein tertiäres N-Atom
- ein quartäres C-Atom
- eine Phenyl-Gruppe am quartären C-Atom
- ein C-Atom mit einer Hydroxyl- oder Keto-Gruppe

Oberstufenschüler und Chemiestudenten sind immer wieder erstaunt, welchen großen Einfluss kleine Abweichungen von einer Grundstruktur auf die physiologische Wirkung einer Substanz haben (können).

## 1-Amino-2-phenylethan-Derivate

Die Verwendung der eigentlich zu Bekämpfung von asthmatischen Anfällen und starkem Schnupfen vorgesehenen ephedrinhaltigen Mittel zwecks Doping ist ein weiterer häufiger Fall von Arzneimittelmisbrauch [3]. Das Ephedrin ist wie das Amphetamin (Abbildung 2) ein Stimulanz, das die natürliche Ermüdung unterdrückt, so dass man bereit ist, sich auf große Anstrengungen einzulassen, was einen Zusammenbruch zur gefährlichen Folge haben kann. Ephedrin und Amphetamin sowie die Party-

Bei den Opioiden gibt es vier Leitstrukturelemente:



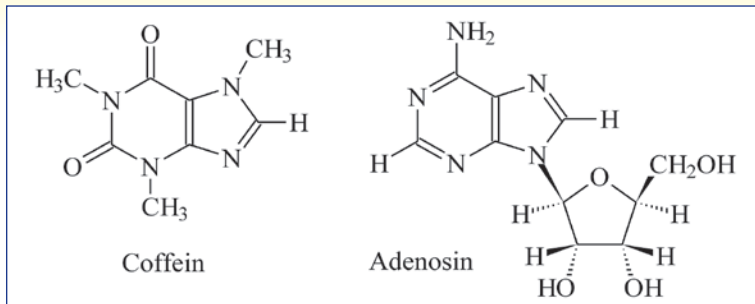


Abbildung 4: Strukturformeln von Coffein und Adenosin

droge Ecstasy (Abbildung 2) haben einen aromatischen Kern mit einem Alkylamin-Substituenten als Leitstruktur (Abbildung 3), genau so wie das körpereigene Hormon Adrenalin (Abbildung 2), das den Sympathikus erregt („Stresshormon“) und den Kohlenhydratstoffwechsel steigert [2].

### Purin-Derivate

Ein weiteres Stimulanz, das Coffein (Abbildung 4) wird tagtäglich von tausenden Schülern, Studenten und Dozenten missbraucht, um Müdigkeit zu unterdrücken und um, langfristig auf Kosten der Gesundheit, die vermeintlich geforderten Leistungen in Ausbildung und Beruf zu erbringen – auch eine Art Doping!

Im Wachzustand tauschen Nervenzellen Botenstoffe aus und verbrauchen Energie (Hydrolyse von Adenosinphosphaten). Dabei entsteht Adenosin (Abbildung 4), welches das Gehirn vor Überanstrengung schützt, indem es bestimmte Rezeptoren besetzt und die Nervenzellen dadurch zum langsameren Arbeiten bewegt. Das Coffein hat wie das Adenosin die Purin-Leitstruktur (Abbildung 5) und lagert sich an dieselben Rezeptoren an, beruhigt die Nervenzellen aber nicht. Adenosin kann an einen coffeinblockierten Rezeptor nicht andocken, die Nervenbahnen bekommen deshalb kein Signal mehr und arbeiten selbst bei steigender Adenosinkonzentration weiter [2]. (Siehe auch die Beschreibung eines künstlichen Coffeinrezeptors, der die Komplexbildung des Purinderivates modelliert [4].)

Wenn jemand über längere Zeit viel Kaffee oder andere coffein-

haltige Getränke zu sich nimmt, verändern sich die Nervenzellen. Sie reagieren auf das fehlende Adenosin-Signal und bilden mehr Rezeptoren aus, so dass dort wieder Adenosin-Moleküle anbinden können. Die Nervenzellen arbeiten dann langsamer, und die stimulierende Wirkung des Coffeins ist stark eingeschränkt [2].

### Experimente

Ein in der Schule häufig durchgeführter Versuch ist die Sublimation von Coffein aus getrockneten Teelättern. In Getränken enthaltenes Coffein lässt sich durch Ansäuern und Zusatz von Kaliumiodid und Iod als Coffeinperiodid ( $C_8H_{10}O_2N_4 \cdot HI_4$ ) ausfällen [5].

Ephedrin kann zum Beispiel in dem Erkältungsmittel Wick-Medina mit Kupfersulfat nachgewiesen werden. Der Wirkstoff bildet einen violetten Kupferkomplex, vergleichbar der Biuret-Reaktion zum Proteinnachweis [3].

Für fortgeschrittene Studenten ist die 6-Stufen-Synthese eines Adrenalinderivates (Abbildung 6) eine attraktive und anspruchsvolle Praktikumsaufgabe [6, 7].

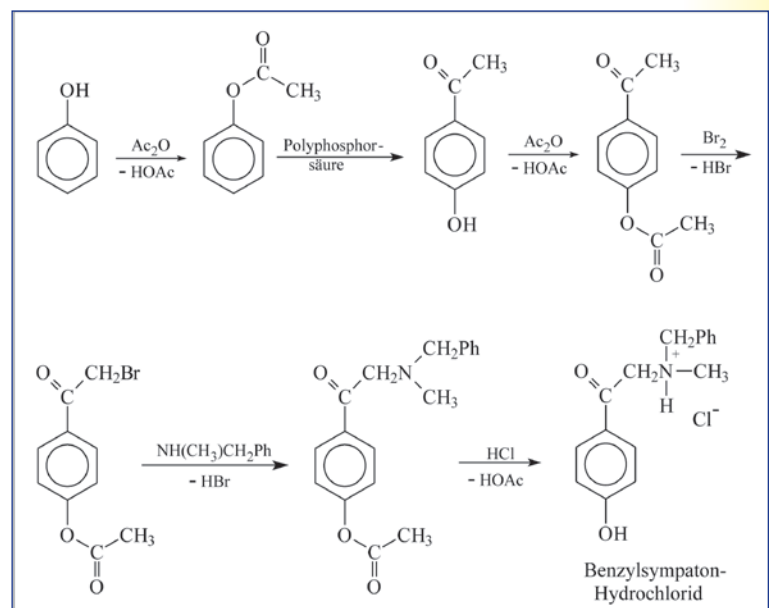


Abbildung 5: Strukturformel von Purin, Leitstruktur von Coffein und Adenosin

### Literatur

- [1] C. Gunkel, Mit einer Tablette schon am Limit, Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung, 14.10.2007, Nr. 41, S. 68
- [2] Nähere Informationen zu den Wirkstoffen: <http://de.wikipedia.org/wiki/Hauptseite>
- [3] M. Holfeld, V. Wiskamp, Ungewollt gedopt? PdN-ChiS 55 (2006), Heft 2, S. 9-11
- [4] S. R. Waldvogel, R. Fröhlich, C. A. Schalley, Erster künstlicher Koffeinrezeptor – ein neues Konzept zur Komplexbildung alkylierter Oxopurine, Angew. Chem. 112 (2000), Nr. 14, S. 2580-3583
- [5] M. Holfeld, H. Gebelein, V. Wiskamp, Chemie und Sport, Praxis Schriftreihe Chemie, Band 57, Aulis Verlag Deubner, Köln 2005, S. 32-33 und S. 83-84
- [6] Textheft 5 „Arzneimittel“ zur Folienserie des Fonds der Chemischen Industrie, Frankfurt 1989
- [7] V. Wiskamp, Präparatives Grundpraktikum Chemie, Verlag Harri Deutsch, Frankfurt 2004

Abbildung 6: Praktikumspräparat Benzylsympaton

## Bericht Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit

# 2006 mehr als eine Million Arbeitsunfälle

**R**und 39,1 Millionen Erwerbstätige arbeiteten im Jahr 2006 in Deutschland. Während des Jahres ereigneten sich mehr als eine Million (1.047.516) Arbeitsunfälle, von denen 941 tödlich verliefen. Nach Schätzungen der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) fielen 2006 durch Arbeitsunfähigkeit insgesamt 1,1 Millionen Erwerbsjahre aus. Dies führte zu einem Produktionsausfall anhand der Lohnkosten von etwa 36 Milliarden Euro. Durch den Verlust an Arbeitsproduktivität gingen damit der deutschen Volkswirtschaft rund 65 Milliarden Euro an Bruttowertschöpfung verloren.

Diese Zahlen nennt der statistische Bericht zum Stand von Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit (SUGA, früher Unfallverhütungsbericht Arbeit), den die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) jährlich im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS) erstellt. Der jetzt veröffentlichte Bericht enthält detaillierte statistische Informationen zu den verschiedenen Aspekten des Arbeitslebens. Hier sind die Unfallentwicklung und die Anzahl der Berufserkrankungen die klassischen Indikatoren für die Güte von Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit. Zudem geben das Erkrankungsgeschehen in spezifischen Branchen oder Berufsbereichen und die Beschreibung der Arbeitsbelastungen vor Ort Hinweise auf

„kritische“ Entwicklungen auf der betrieblichen Ebene.

In absoluten Zahlen stiegen die Arbeitsunfälle 2006 um knapp 18 000 Fälle oder 1,7 Prozent. Angesichts der steigenden Zahl der Erwerbstätigen blieb die Unfallquote pro 1000 Vollarbeiter stabil (2005: 28,4; 2006: 28,3). Dabei zeichnet sich jedoch kein einheitliches Bild ab. Während einige Bereiche wie beispielsweise die Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand (2005: 26,2 vs. 2006: 23,0) oder die Hütten- und Walzwerks-Berufsgenossenschaft (26,6 vs. 21,7) rückläufige Unfallquoten verzeichnen, weisen andere Be-

heiten des Atmungssystems ins Auge. Jeder zehnte Arbeitsunfähigkeitstag geht auf psychische und Verhaltensstörungen zurück. Während sich die Zahl der Arbeitsunfähigkeitsfälle in den einzelnen Altersgruppen kaum unterscheidet, steigt die durchschnittliche Dauer der Arbeitsunfähigkeit mit dem Alter an.

Darüber hinaus greift der SUGA 2006 noch einmal die Ergebnisse der aktuellen BIBB-BAuA-Erwerbstätigenbefragung auf. Die repräsentative Befragung von 20.000 Erwerbstätigen gibt einen Einblick in die physischen und psychischen Arbeitsbedingungen und die damit

verbundenen subjektiv empfundenen Belastungen. Der SUGA 2006 präsentiert eine Auswertung der Befragung nach Berufsbereichen.

Schwerpunktthema des diesjäh-

rigen Berichts ist die Zeitarbeitsbranche, die in den letzten Jahren besonders stark gewachsen ist. 2006 waren etwa 580 000 Personen in dieser Branche beschäftigt. Der Bericht gibt eine Übersicht über die rechtlichen Entwicklungen anhand der Veränderungen des Arbeitnehmerüberlassungsgesetzes (AÜG). Das Arbeitsunfallgeschehen sowie die Arbeitssituation und die Belastungen in der Zeitarbeit werden dargestellt.

Ergänzt werden diese Informationen durch Daten zu Kosten, Tätigkeiten und Personal der Unfallversicherungsträger und der Gewerbeaufsicht. Zudem enthält der Bericht einen Überblick über das Schülerunfallgeschehen.

„Wer während der Arbeit einschläft, vom Bürostuhl fällt und sich dabei verletzt, hat dann einen Arbeitsunfall erlitten, wenn er infolge betrieblicher Überarbeitung vom Schlaf übermannt worden ist.“

(Sozialgericht Dortmund S 36 U 294 / 97)

reiche stagnierende oder steigende Quoten aus.

Sinkende Zahlen lassen sich bei der Anzahl der Anerkennungen einer Berufskrankheit und den Neuverrentungen beobachten. Demgegenüber stieg die Zahl der Verdachtsanzeigen auf Berufskrankheit im Jahr 2006 um 2,6 Prozent an. Auch der leichte Rückgang der Todesfälle aufgrund einer anerkannten Berufserkrankung (-1,0 %) ist nach dem starken Anstieg im Vorjahr kaum nennenswert.

Mit 11,6 Tagen sank die durchschnittliche Dauer der Arbeitsunfähigkeit noch einmal. 2005 lag sie noch bei durchschnittlich 12,2 Tagen. Dabei fällt insbesondere der erheblich geringere Anteil an Krank-



## Herstellung von Polyacrylamid-Gelen

# Arbeiten im Abzug oder Bezug von Fertiggelen

**In vielen biologischen und biomedizinischen Laboratorien ist die elektrophoretische Trennung von Stoffgemischen auf Polyacrylamid-Gelen ein häufig angewendetes Standard-Verfahren. Die Herstellung der Polymer-Gele aus monomerem Acrylamid ist einfach und rasch durchführbar, allerdings kann sie – entgegen der bislang gängigen Praxis – nicht an jedem Arbeitsplatz risikolos durchgeführt werden.**

Der Gesetzgeber hat Acrylamid als krebserzeugend und erbgutverändernd beim Tier eingestuft (K2 und M2). Die neue Gefahrstoffverordnung verlangt für den Umgang mit krebserzeugenden (K), erbgutverändernden (M) und fruchtbarkeitsgefährdenden (R) Stoffen, dass die sichere Einhaltung der Grenzwerte am Arbeitsplatz nachgewiesen bzw. für Stoffe ohne Grenzwert eine Minimierung der Konzentrationen erzielt wird.

Dies hat die Abteilung Sicherheitswesen der Universität Heidelberg zum Anlass genommen, eine Messreihe durchzuführen, um die bei der Herstellung und Verwendung von Polyacrylamid-Gelen möglicherweise auftretende Belastung der Laborluft mit Acrylamid zu ermitteln. Unterstützt wurden wir hierbei vom Gefahrstoff-Messlabor der Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten (BGN), das aufgrund der „Frittenbuden-Affaire“ viel Erfahrung bei der Messung von Acrylamid gesammelt hat. Folgende Szenarien wurden mess-technisch begleitet:

1. Durchführung der Polymerisation und Aushärtung der Gele
  - a) freistehend auf dem Labor-tisch in einem Arbeitsraum

bei ca. 2-3-fachem Luftwechsel

- b) freistehend auf dem Labor-tisch in einem Laborraum mit 8-fachem Luftwechsel
  - c) eingestellt unter einen Standard-Abzug in einem Laborraum mit 8-fachem Luftwechsel
2. Verwendung auspolymerisierter Gele bei einer Elektrophorese-Trennung.

In allen Fällen wurde die Acrylamid-Konzentration sowohl raum- als auch personenbezogen gemessen.

Das Ergebnis war relativ unerfreulich: Nur beim Arbeiten im Abzug (1c) war die Belastung der Raumluft mit Acrylamid sehr gering, während bei Polymerisationen, die frei auf den Labortischen durchgeführt wurden (1a und 1b) eine deutliche Belastung auftrat.

Der seit dem 1. Januar 2005 nicht mehr gültige Grenzwert von Acrylamid war zwar auch in den Fällen 1a und 1b eingehalten, das Minimierungsgebot der Gefahrstoffverordnung lässt jedoch keine andere Möglichkeit zu, als Polymerisationen von Acrylamid künftig nur noch unter Abzügen durchzuführen.

Bei der Verwendung der fertigen Gele als Elektrophorese-Medium (2) treten keine belastenden Acrylamidkonzentrationen auf, so dass dieses Arbeitsverfahren auch künftig außerhalb der Abzüge möglich ist.

Nun steht nicht überall eine ausreichende Abzugskapazität für die Herstellung von Acrylamidgelen zur Verfügung. Zusätzlich kompliziert wird die Situation durch die Forderung der Gefahrstoffverordnung nach einer Abgrenzung (mit Zutrittsbeschränkung) von Bereichen, in denen mit KMR-Stoffen ge-

arbeitet wird. Auch die fertigen Gele sind aufgrund ihres Monomeren-Restgehalts > 0,1 Prozent als KMR-Stoffe einzustufen. Dennoch darf ein Mangel an Abzügen oder ein organisatorisches Erschwernis nicht dazu führen, nach der bisherigen Methode einfach weiterzumachen.

Acrylamid ist ein krebserzeugender und erbgutverändernder Arbeitsstoff und der Umgang damit nur unter gesicherten Umständen erlaubt.

Als möglicher Ausweg bietet sich ein Umstieg auf fertige Acrylamid-Gele an, sofern diese Gele einen Monomeren-Restgehalt unter 0,1 Prozent besitzen. Dann sind die Gele keine Gefahrstoffe mehr und können ohne Einschränkung in jedem Labor überall verwendet werden. Entsprechende Anfragen bei Herstellern von Fertiggelen waren zunächst nicht ergiebig; die Fa. Anamed ([www.anamed-gele.com](http://www.anamed-gele.com)) allerdings garantiert für ihre Fertiggele einen Monomerengehalt < 0,1 Prozent, stellt darüber hinaus die Gele jeweils bedarfsspezifisch her und liefert sie „just in time“.

Zweifellos ist dies kein ganz billiges Verfahren. Bei einer Gegenüberstellung der Kosten für einen nachträglichen Einbau von Abzügen nebst der erforderlichen Lüftungstechnischen Installation und unter Berücksichtigung der damit verbundenen Betriebskosten kann sich jedoch die Waagschale auch zu Gunsten von Fertiggelen senken.

Aus der Sicht des Arbeits- und Umweltschutzes ist dies in jedem Fall die bessere Lösung, denn der Verzicht auf Gefahrstoffe minimiert das Risiko der Mitarbeiter und reduziert die Belastung der Umwelt bei der Entsorgung.

*Dr. Markus Hoffmann*

Nützliche Ratgeber 106 – 113

# Museen, Normen, Energie, Verbraucherschutz

## Moderne Museen: Impulse für Wissenschaft

Museen wie das Naturkundemuseum Berlin mit seinen spektakulären Zeugnissen der Evolutionsgeschichte sind heute mehr denn je Anziehungspunkte für die interessierte Öffentlichkeit, doch immer auch wichtige Forschungsstätten. Lesen Sie im neuen Forschungsmagazin „Impulse für die Wissenschaft 2008“ der VolkswagenStiftung, wie der Paläontologe Professor Wolfgang Kießling mit einer Sammlung von fossilen Korallen die Evolutionsdynamik erforscht. Begleiten Sie außerdem drei Berliner Ethnologen und Museumswissenschaftler nach Indien, Ägypten und Nordamerika, wo sie die dortigen Methoden des Sammelns, Forschens und Vermittelns untersuchen. Und folgen Sie Wissenschaftlern des Deutschen Bergbau-Museums Bochum, die gemeinsam mit Kollegen in Georgien ein 5000 Jahre altes Goldbergwerk entdeckt haben. Museen in Deutschland und anderswo sind

der Themenschwerpunkt im neuen Magazin, außerdem gibt es spannende Einblicke in verschiedene Forschungsbereiche. Das aktuelle Heft „Impulse für die Wissenschaft 2008“ kann bei der VolkswagenStiftung angefordert werden (B. Rosengart-Kamburis, Tel 0511 8381 381, [rosengart-kamburis@volkswagenstiftung.de](mailto:rosengart-kamburis@volkswagenstiftung.de)).



## BVL informiert online

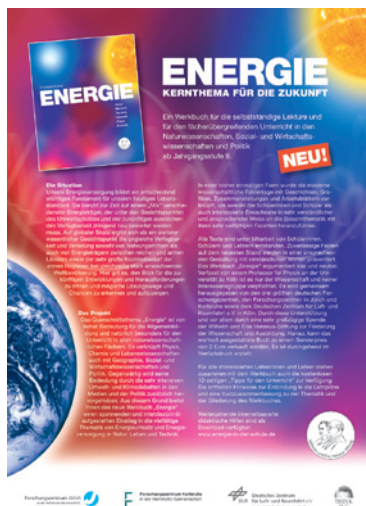
Das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) hat das Informationsangebot seines Internetauftritts unter [www.bvl.bund.de](http://www.bvl.bund.de) um die Bereiche „Verbraucherschutz“ und „Laboratorien“ erweitert. Mit den zusätzlichen Bereichen vervollständigt das BVL die öffentliche Darstellung seiner Aufgaben und Tätigkeiten im Internet. Seit Inkrafttreten der Verordnung über die Zusammenarbeit im Verbraucherschutz in der EU vor gut einem Jahr besitzt das BVL auch Zuständigkeiten in diesem Bereich. Das BVL nimmt zentrale Aufgaben vor allem in grenzüberschreitenden Fällen des wirtschaftlichen Verbraucherschutzes wahr und engagiert sich dabei in einem Netzwerk europäischer Behörden für die Durchsetzung von Verbraucherschutzrechten innerhalb der EU.

## Größte deutsche Forschungszentren: Werkbuch „Energie“ für Schüler

Das Werkbuch zum Thema Energie für Schüler und technikinteressierte Erwachsene gibt einen informativen Überblick zu einem hochaktuellen Thema. Christoph

Buchal, Physikprofessor am Forschungszentrum Jülich, verknüpft wissenschaftliche Fakten aus erster Hand mit Geschichten und Übersichtsgrafiken und stellt dieses Kernthema der Zukunft in ansprechenden Texten vor. Arbeitsblätter machen das Buch für Bildungszwecke attraktiv. Herausgeber sind die drei größten deutschen Forschungszentren Jülich, Karlsruhe und das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt. Ermöglicht wurde das Projekt durch die Heraeus-Stiftung zur Förderung der Forschung und Ausbildung auf dem Gebiet der Naturwissenschaften. Dank ihrer finanziellen Unterstützung kann das Buch zu einer Gebühr von 5 Euro, ab drei Exemplaren 3 Euro, erworben werden, Versandkosten

inklusive. Das Querschnittsthema Energie wird fachübergreifend dargestellt: Zu Informationen aus Physik, Chemie und Lebenswissenschaften kommen Sachverhalte aus Geografie, Sozial- und Lebenswissenschaften sowie Politik. Die derzeitige Klimadebatte macht das Werk besonders aktuell. An den Texten wirkten auch Schülerinnen und Schüler mit. Lehrern stehen unter [www.energie-in-der-schule.de](http://www.energie-in-der-schule.de) Tipps für den Unterricht zur Verfügung. Mit Kurzporträts von Schülerlaboren, Karriere-Tipps und Literaturhinweisen bietet das 160 Seiten umfassende Buch zudem einen guten Service an. Zu beziehen ist das Werkbuch über [www.mic-net.de/aktuelles/3/shop/9/](http://www.mic-net.de/aktuelles/3/shop/9/) oder per Fax unter 0221 925950 50.





## Chancengleichheit in der Wissenschaft

Die Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (BLK) hat die „Elfte Fortschreibung des Datenmaterials (2005/2006) zu Frauen in Hochschulen und außerhochschulischen Forschungseinrichtungen“ veröffentlicht. Es zeigt sich, dass der Anteil von Frauen an den verschiedenen Qualifikationsstufen und beruflichen Positionen in Wissenschaft und Forschung langsam weiter ansteigt; dies gilt auch für den Anteil von Frauen an den Professuren und bei den Berufungen von Frauen in Leitungspositionen an Hochschulen und außerhochschulischen Forschungseinrich-

tungen. Im Jahr 2005 gab es in Deutschland 5412 Professorinnen; dies entspricht einem Frauenanteil von 14,3%. Der größte „Knick“ im Karriereverlauf von Frauen in der Wissenschaft ist in den verschiedenen Fächergruppen nach wie vor beim Übergang zur Promotion. Die Veröffentlichung ist unter [www.blk-bonn.de](http://www.blk-bonn.de) oder als Heft 139 der BLK „Materialien zur Bildungsplanung und zur Forschungsförderung“ bei der Geschäftsstelle der BLK erhältlich (Friedrich-Ebert-Allee 38, 53113 Bonn, Tel 0228 5402 122, Fax 0228 5402 160, E-Mail [presse@blk-bonn.de](mailto:presse@blk-bonn.de), [www.blk-bonn.de](http://www.blk-bonn.de)).

## Demografische Forschung in Europa

Die Ausgabe 4/2007 des Informationsblattes „Demografische Forschung Aus Erster Hand“ ist erhältlich unter [www.demografischeforschung.org](http://www.demografischeforschung.org). Die Themen dieser Ausgabe sind:

- Was leisten Großeltern heute? Betreuung von Enkelkindern in Europa unterschiedlich
- Migration nach Europa als familiäre Investitionsstrategie, Einfluss der Verwandtschaft bei Ausreise aus Kamerun entscheidend
- Zu alt für einen neuen Job? Rückkehr ins Erwerbsleben bei jüngeren Arbeitnehmern erfolgreicher

Das Informationsblatt ist eine Kooperation des Max-Planck-Institutes für demografische Forschung, Rostock, des Institutes für Demographie der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, und des Rostocker Zentrums zur Erforschung des Demografischen Wandels. Informiert wird über Analysen zur Bevölkerungsentwicklung in Deutschland und Österreich. Max-Planck-Institut für demografische Forschung, Konrad-Zuse-Str.1, 18057 Rostock, Tel +49(381)2081 0, Fax +49(381)2081 443.

## Wer normt macht das Geschäft

Die von der Aktionslinie Hessen-Nanotech des Hessischen Wirtschaftsministeriums gemeinsam mit dem Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, VDE/DKE, DIN und TÜV Hessen erstellte Broschüre liefert detaillierte Hintergrundinformationen, praktische Tipps und kompetente Ansprechpartner für hessische Unternehmen, die sich aktiv am Normungsprozess in der Nanotechnologie beteiligen oder darüber informieren wollen. Gerade für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) im Bereich Herstellung und Anwendung von Nanotechnologien könne der Verweis auf die erfolgreiche Beteiligung an Standardisierungs- und Normungsaktivitäten ein entscheidendes Verkaufsargument sein. Kunden wollten sicher gehen, dass sie den Produkten vertrauen und später bei Nachfolgeinvestitionen auch auf andere Hersteller ausweichen können. Die Broschüre NanoNormung kann bei der HA Hessen Agentur GmbH, Abraham-Lincoln-Str. 38-42, 65189 Wiesbaden, Fax 0611 774 8620, [markus.laemmer@hessen-agentur.de](mailto:markus.laemmer@hessen-agentur.de) bestellt oder unter [www.hessen-nanotech.de](http://www.hessen-nanotech.de) heruntergeladen werden.

## Elektromagnetismus

Die neuen Webseiten der Forschungsgemeinschaft Funk e.V. (FGF) bieten dem Besucher einen Überblick über die Fragestellungen der komplexen Forschungsarbeit zur Wirkung elektromagnetischer Felder auf Mensch und Umwelt. Kompakte Informationseinheiten mit weiterführenden Links zu Themen aus Biologie, Technik und Risikokommunikation bilden das Kernstück der Internetpräsenz. Die 15-jährige Forschungsarbeit der FGF, die neben der Förderung biomedizinischer Untersuchungen die Durchführung von internationalen Expertenworkshops umfasst, wird ausführlich dargestellt. Das Serviceangebot der FGF mit aktuellen Nachrichten sowie dem kostenlosen Abo-Service für alle FGF-Publikationen wurde um eine umfangreiche Linksammlung erweitert. Für den schnellen Überblick finden Journalisten im Pressebereich alle Fakten über die FGF und ihre Arbeit. Die Website ist unter [www.fgf.de](http://www.fgf.de) erreichbar.

## Wissensbilanzen

Wissensbilanzen – so eine Erkenntnis des EU-Projekts RICARDA – sind ein wichtiges Instrument für Cluster- und Netzwerkinitiativen, da sie einen genaueren Blick auf deren erfolgskritische immaterielle Aspekte erlauben. Dabei werden drei Dimensionen genauer untersucht und mit Hilfe von Indikatoren erfasst: Das Wissen, das durch die beteiligten Firmen, Unis etc. eingebracht wird, die Strukturen und Instrumente, die dem Austausch und der Dokumentation des Wissens im Netzwerk dienen, und schließlich die Ressourcen, die mit den Beziehungen des Netzwerkmanagements mit anderen Forschungseinrichtungen, Politik und Verwaltung verbunden sind. Wie man solche Wissensbilanzen richtig erstellt zeigt der neue Leitfaden „RICARDA-Methode“. Es gibt ihn gratis unter <http://www.ricarda-project.org/downloads/ricarda-leitfaden.pdf>.

# Organische Chemie

## Substitutionen an aromatischen Kohlenwasserstoffen

**1** Welche Bedingung müssen aromatische Kohlenwasserstoffe erfüllen?

- A** Alle Atome eines aromatischen Systems sind  $sp^2$ -hybridisiert.  
**B** Aromatische Systeme enthalten ein cyclisches System.  
**C** Aromatische Systeme haben ein planares Doppelbindungssystem.  
**D** Aromatische Systeme sind dem Benzol verwandte Verbindungen mit angenehmem Geruch.  
**E** Die Zahl der delokalisierten Elektronen eines aromatischen System muss der Hückel-Regel genügen.

**2** Welche Aussage zu aromatischen Kohlenwasserstoffen ist richtig?

- A** Sie haben ein konjugiertes Elektronensystem mit 2, 8, 16 oder 32 ... Elektronen.  
**B** Sie gehen häufig nucleophile Substitutionsreaktionen ein.  
**C** Aromatische Ringsysteme, die ein Kohlenstoffatom enthalten, heißen Carbocyclen.  
**D** Es gibt etwa 100 000 aromatische Verbindungen.  
**E** Additionsreaktionen am typischen Aromatenkern sind nur schwer zu erreichen.

**3** Wie beeinflussen verschiedene Ersts substituenten an monosubstituierten Benzolen die elektrophile Zweitsubstitution bei irreversibler Reaktionsführung?

- A** F, Cl, Br und I als Ersts substituenten dirigieren Zweitsubstituenten in *m*-Position.  
**B** Donorsubstituenten als Ersts substituenten erhöhen die Reaktivität des Systems verglichen mit Benzol.  
**C** Zweitsubstitutionen sind nicht möglich.  
**D** Acceptorsubstituenten als Ersts substituenten dirigieren Zweitsubstituenten in *p*-Position.  
**E** Alkyl als Ersts substituent ergibt eine *o*- und *p*-Orientierung der Zweitsubstituenten.

**4** In welcher Zeile ist der Substituent dem korrekten Reaktionsnamen zugeordnet?

- A**  $-CH_2OH$  – Acylierung  
**B**  $-CH_2NR_2$  – Aminoalkylierung  
**C**  $-N=N-Aryl$  – Azokupplung  
**D**  $-NO_2$  – Nitrierung  
**E**  $-CHO$  – Hydroxymethylierung

**5** Was ist ein Heteroaromat?

- A** Anilin  
**B** Pyridin  
**C** Naphthalin  
**D** Thiazol  
**E** Furan

**6** Pyridine reagieren mit  $NaNH_2$  in flüssigem Ammoniak zu 2-Aminopyridinen entsprechend der ...

- A** Ziegler-Reaktion  
**B** Chichibabin-Reaktion  
**C** Hammet-Reaktion  
**D** Meisenheimer-Reaktion  
**E** Nakajima-Reaktion

**7** Welche Chemikalie findet sich in typischen Bromierungen von aktivierten Aromaten?

- A** Essigsäure  
**B** Kalilauge  
**C** HBr  
**D**  $KBrO_3$   
**E** Ethanol

**8** Nicht aktivierte aromatische Kohlenwasserstoffe wie Benzol benötigen für eine Bromierung als Katalysator ...

- A** Pyridin/ $Br_2$   
**B** Eisenpulver  
**C**  $Br_2$  auf Graphit  
**D**  $HOBr$   
**E**  $FeBr_3$

**9** Welche Regel für Reaktionsbedingungen gilt bei der Halogenierung von Alkylbenzolen?

- A** KKK-Regel  
**B** Hückel-Regel  
**C** SSS-Regel  
**D** Schieman-Regel  
**E** CCC-Regel

**F** ABC-Regel

**10** Welche Säure dient der Nitrierung desaktivierter Aromaten?

- A** Schwefelsäure  
**B** Salzsäure  
**C** Chromsäure  
**D** Salpetersäure  
**E** Ameisensäure

**11** Wie lassen sich Nitrobenzole mehrfach nitrieren?

- A** Mit  $C(NO_2)_4$  bei pH 8 und Raumtemperatur.  
**B** Mit rauchender Schwefelsäure und Salpetersäure bei 100 °C.  
**C** Mit  $NO_2BF_4$  in  $FSO_3H$  bei 150 °C.  
**D** Mit Nitriersäure bei 20 °C.  
**E** Mit Nitroniumtrifluormethylsulfonat bei –20 °C in Ethanol.

**12** Was ist Alkylierungsmittel in der Friedel-Crafts-Alkylierung?

- A** Aldehyde  
**B** Aluminiumchloride  
**C** Alkene  
**D** Alkohole  
**E** Alkylhalogenide

**13** Der Sandmeyer-Mechanismus spielt eine Rolle bei ...

- A** der Umwandlung von primären aromatischen Aminen in Chloride.  
**B** der Darstellung substituierter Arylbromide.  
**C** dem Austausch einer Diazoniumgruppe durch Wasserstoff.  
**D** dem Austausch einer Diazoniumgruppe durch Chor.  
**E** dem Austausch einer Diazoniumgruppe durch Chor.

### Lösungen zu Seite M8 (CLB 01/2008):

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

(Alle Lösungen zu Seite M16  
 finden Sie in CLB 03/2008  
 sowie auf [www.clb.de](http://www.clb.de))



# CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

Die beliebten Fragen aus dem CLB-Memory gibt es auch als Buch (244 Seiten mit ca. 80 Abbildungen; ISBN 3-9810449-0-8). Hier stehen Antworten und ausführliche Erläuterungen dazu. Die Themen werden zudem durch einen geschichtlichen Rückblick und Randinformationen in einen Gesamtzusammenhang eingeordnet. Karikaturen von Ans de Bruin lockern die Arbeit beim Lösen der Fragen auf.

Preis je Buch: 24,50 Euro incl. MWSt. und Versand.

## Alles Repetito – oder was???

Maren Bulmahn • Rolf Kickuth

Dieses Buch gibt Einblicke in die Chemie und angrenzende Naturwissenschaften in Form von Einführungen in verschiedene Gebiete, Fragen und den dazugehörigen Antworten. Es wendet sich an alle, die Grundlagenwissen festigen wollen. Oberstufenschüler mit Schwerpunkt Chemie/Naturwissenschaften, Auszubildende, Schüler an technischen Fachschulen und auch Studenten in den ersten Semestern von Chemie und Biologie, insbesondere auch in den Bachelor-Studiengängen, können Gelerntes wiederholen und vertiefen, aber auch Neues erfahren. Wer seit Jahren im Labor steht, dem macht es Spaß, sein Wissen kurzweilig zu überprüfen und auf dem neuesten Stand zu halten. So haben es die CLB-Leser berichtet, die diese Art von Fragen aus der Zeitschrift kennen. Über 100 Abbildungen und Tabellen erleichtern das Verständnis des Textes; gelegentlich unterbricht ein Comic den Ernst des Stoffes.

ISBN 3-9810449-0-8



9 783981 044904

Bulmahn  
Kickuth

Alles Repetito – oder was???

Rubikon

## Alles Repetito – oder was???

fragt der Bachelor die Laborantin



Maren Bulmahn • Rolf Kickuth

## Abo-Bestellcoupon

- JA, ich möchte die CLB abonnieren. Ich erhalte als persönlicher Abonnent die CLB zunächst für ein Jahr (=12 Ausgaben) zum Preis von 98,35 Euro zzgl. Versandkosten (Inland: 13,60 Euro, Ausland: 24,40 Euro). Das Abonnement verlängert sich automatisch um ein weiteres Jahr, wenn es nicht bis acht Wochen vor Ende des Bezugsjahres gekündigt wird.

Datum / 1. Unterschrift

Name / Vorname

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

Straße / Postfach

Land / PLZ / Ort

Datum / 2. Unterschrift

Telefon oder e-Mail

## FAX-Hotline: 06223-9707-41

Für 98,35 Euro pro Jahr (incl. 7 % MWSt., zzgl. Versandkosten) erhalten Sie als persönlicher Abonnent monatlich die CLB mit dem MEMORY-Teil (Firmenabos nach Staffelpreis; siehe [www.clb.de](http://www.clb.de)).

**Dazu als Abogeschenk das CLB-Buch  
Alles Repetito – oder was???**

## Den angeschlagenen Ruf der Hilfsstoffe verbessern

Gäbe es keine Kunststoffe, man müsste sie erfinden. Denn ihre Eigenschaften lassen sich so vielseitig gestalten, dass sie Metalle, Keramik und natürliche Werkstoffe wie Holz, pflanzliche und tierische Fasern oder Kautschuk ersetzen und neue Technologien erst ermöglichen. Woraus sonst sollten Kabelummantelungen, Leiterplatten in der Elektronik, CDs oder Schutzhelme hergestellt werden.

Die große Anwendungsbreite verdanken die Kunststoffe Zusätzen aller Art. Mit ihnen lassen sich je nach Bedarf Hitzebeständigkeit, Entflammbarkeit, Lichtstabilität, Festigkeit, Elastizität oder Härte einstellen. Eine der wichtigsten Gruppen solcher Zusatzstoffe sind die Weichmacher (Tabelle 1). Und sie werden in riesigen Mengen eingesetzt. Nach Angaben des Industrieverbands „European Council for Plasticisers and Intermediates“ (ECPI) von 2006 werden in Westeuropa allein etwa eine Million Tonnen Phthalate, die größte Gruppe der Weichmacher, hergestellt. Davon wandern über 90 % in die Herstellung von Weich-PVC, das durchschnittlich 30-35 %, in manchen Produkten bis zu 60 % Phthalat enthält [1]. Der wirtschaftlich wichtige Massenkunststoff Polyvinylchlorid (PVC) ist in reinem Zustand hart und spröde; erst durch Einbau von Weichmachern wird er mehr oder weniger dehnbar, weich und elastisch. Fast immer ist eine Mischung mehrerer Weichmacher nötig, um die gewünschten Eigenschaften so unterschiedlicher Produkte wie Dachfolien, Beschichtungen, Kabel und Leitungen, oder Kühlschranksdichtungen zu erzielen. Auch wenn solche Dinge für unser Leben selbstverständlich geworden und ungemein nützlich sind, ist seit 30 Jahren bekannt, dass Weichmacher für Menschen und Umwelt schädlich sind.

### Gesundheitliche Wirkung

Im Polymer sind die öligen Weichmacher nicht chemisch fest gebunden, sondern liegen frei beweglich zwischen den Polymerketten. Sie gasen daher trotz ihres niedrigen Dampfdrucks relativ leicht aus oder gehen in ihre feste oder flüssige Umgebung über. In den menschlichen Körper gelangen sie, direkt oder an Staubteilchen gebunden, hauptsächlich über die

Luft und die Nahrung. Wegen ihrer vielseitigen Verwendung seit über 50 Jahren sind Weichmacher heute überall gegenwärtig. Phthalate beziehungsweise ihre Abbauprodukte lassen sich bei fast allen Menschen im Blut nachweisen.

Das ist kein Wunder, denn über unzählige Dinge unseres täglichen Lebens kommen wir mit Weichmachern in Berührung. Sie sind enthalten in Bodenbelägen, Vinyltapeten und Lacken, Klebstoffen, in Kunstleder und Duschvorhängen. Andere Quellen sind Regenbekleidung, Gummistiefel, Kinderspielzeug, Nagellacke, Parfüm. Jeder kennt weitere Beispiele.

Um das gesundheitliche Risiko durch Weichmacher abzuschätzen, wurden zahlreiche Studien erstellt. Interessenten verschiedener Lager, Industrieverbände wie der European Council for Plasticisers and Intermediates (ECPI) [2], Marktforscher [3], Aufsichtsbehörden der EU und ihrer Mitgliedsstaaten prüfen die Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt. Wie zu erwarten sind die toxischen Eigenschaften je nach Substanz unterschiedlich. Einige unter ihnen können bereits bei chronischer Aufnahme geringer Mengen Leberschäden verursachen, einige greifen wie Östrogen in den Hormonhaushalt ein, oder sind gar als krebserzeugend, erbgutverändernd oder fortpflanzungsgefährdend eingestuft.

### Gesetzliche Regelungen

Schon seit den 70er Jahren gibt es Bestrebungen, schädliche Weichmacher durch harmlosere zu ersetzen. Was wurde bis heute erreicht?

Die Gesetzgeber haben zum Schutz der Verbraucher zunächst die empfindlichsten Bereiche geregelt: die Lebensmittelsicherheit und die Sicherheit von Bedarfsgegenständen, also von Produkten wie Geschirr oder Verpackungen für Lebensmittel, Spielzeug und Kleidung. Als Richtlinie gilt vor allem die gesundheitliche Bewertung einzelner Substanzen durch die europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit EFSA und ihre daraus abgeleiteten TDI-Werte, die tolerablen täglichen Aufnahmemengen.

Auf sie beruft sich auch die in Deutschland zuständige Behörde, das Bundesinstitut für Risikobewertung BfR. Es hat in den letzten Jahren mehrfach Stellung genommen zum Weichmachergehalt von Lebensmitteln in Schraubdeckelgläsern: Untersuchungssämter hatten nachgewiesen, dass Weichmacher aus den Kunststoff-Dichtungen der Deckel in den Glasinhalt übergegangen waren. Besonders wenn er aus öhal-



#### Die Autorin:

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



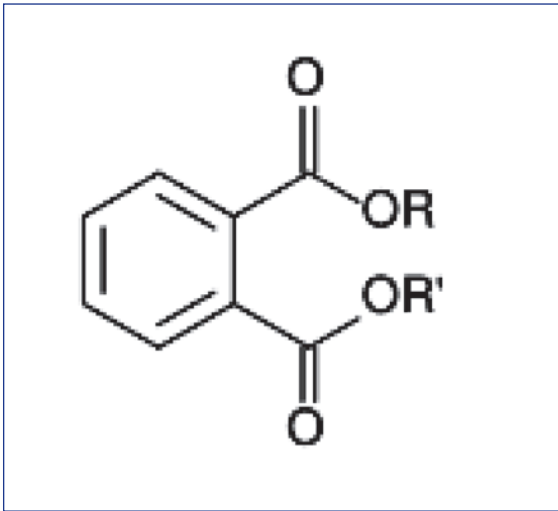


Abbildung 1: Phthalate sind die Di-ester der o-Phthalsäure (1,2-Benzoldicarbonsäure) mit verschiedenen Alkoholen R, R' = C<sub>n</sub>H<sub>2n+1</sub>; n = 4-15

tigen Lebensmitteln wie Nudelsonen, Pesto oder in Öl eingelegten Gemüsen bestehe, würden dabei die zulässigen Höchstwerte zum Teil erheblich überschreiten. [4] Grundsätzlich empfiehlt das BfR, die Weichmacher, die nicht für den Kontakt von fetthaltigen Lebensmitteln geeignet sind, in Bedarfsgegenständen nicht mehr zu verwenden und „durch andere Substanzen mit geringerem toxischen Potenzial zu ersetzen“. Die Bewertungen des BfR sind nicht zu unterschätzen. Auf sie beruft sich die Lebensmittelüberwachung bei der Beurteilung von Lebensmitteln nach den Bestimmungen des Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuchs LFGB. Dieses schreibt kurz gesagt fest, dass „von Bedarfsgegenständen bei bestimmungsgemäßem oder vorauszusehendem Gebrauch keine gesundheitliche Gefährdung ausgehen darf“. EU-weit regelt die Verordnung (EG) Nr. 372/2007 der Kommission vom 2. April 2007, welche maximale Konzentration die einzelnen Weichmacher aus Deckeldichtungen in den Lebensmitteln erreichen dürfen. [5]

Noch stärker als die Allgemeinheit werden Kleinkinder geschützt. Da sie zunächst nur mit dem Mund ihre Umgebung erkunden können, nuckeln und nagen sie an Beißringen, Gummi-Enten und Bauklötzen. Damit sie das ohne Schaden tun können, hat das europäische Parlament im Juli 2005 nach fünfjährigem Tauziehen mit den EU-Mitgliedstaaten endlich eine Richtlinie verabschiedet [6], die vorsieht, dass ab Herbst 2006 die drei als fortpflanzungsgefährdend eingestuft Weichmacher DEHP, DBP und BBP (Tabelle) in Spielwaren nicht mehr enthalten sein dürfen. Außerdem sind die Weichmacher DINP, DIDP und DNOP in Spielwaren verboten, die von Kleinkindern in den Mund genommen werden können. Schließlich dürfen DEHP, DBP und BBP auch nicht mehr in kosmetischen Erzeugnissen sowie Farben und Lacken für den Endverbraucher enthalten sein. Die Produktions-

mengen des früher wichtigsten Weichmachers DEHP sind seitdem deutlich zugunsten von DINP und DIDP gesunken, für die zurzeit „kein Bedarf an Maßnahmen zur Risikominimierung erforderlich ist“. [1]

Noch mitten in der Diskussion ist die Verwendung von weichmacherhaltigen Kunststoffen in der Medizin. Die unentbehrlichen Katheter, Beatmungsschläuche, Ernährungssonden oder Beutel mit Infusionslösung oder Blutkonserven bestehen vorwiegend aus Weich-PVC, das seine Geschmeidigkeit DEHP verdankt. Auch wenn sie unschlagbar praktisch und sicher in der Anwendung sind, stellen sie offenbar ein Risiko für Patienten dar. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft schätzt DEHP als Stoff mit kreberzeugender Wirkung (Kategorie 4) ein. [7] Die Deutsche Gesellschaft für Kinderheilkunde und Jugendmedizin warnte bereits 2002, dass bei der künstlichen Ernährung von Frühgeborenen die duldbare tägliche DEHP-Zufuhr um ein Vielfaches überschritten werden kann [8]. Da DEHP nachweislich ab einer bestimmten Menge und Verabreichungsdauer durchaus zu Störungen der Geschlechtsentwicklung vor allem bei Jungen führen kann, stuft das Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte BfArM Kinder im Alter bis zur Pubertät, Schwangere und Stillende als Risikogruppen ein und fordert grundsätzlich die Hersteller auf, „gleichwertige alternative Medizinprodukte zu entwickeln.“ [9]

Kaum bekannt ist, dass Weichmacher auch in einigen Arzneimitteln als Hilfsstoffe zugelassen sind. 2005 enthielten etwa 64 teilweise rezeptfreie Präparate Dibutylphthalat (DBP) in ihren magensaftre-

Phthalate:	Di-isononyl-phthalat DINP
	Di-isodecyl-phthalat DIDP
	Diethylhexylphthalat DEHP
	Dibutylphthalat DBP
	Benzylbutylphthalat BBP
	Di-n-octylphthalat DNOP
Chlorparafine	
andere Ester:	Trimellitate
	aliphatische Dicarbonsäureester
	Polyester
	Phosphorsäureester
	Fettsäureester
	Hydroxycarbonsäureester
	Alkylsulfonsäureester
Diisononylcyclohexan-1,2-dicarboxylat DINCH	
natürliche Weichmacher:	Lärchenharz
	Rizinusöl
	epoxidiertes Pflanzenöl

Tabelle 1: Gebräuchliche Weichmacher.



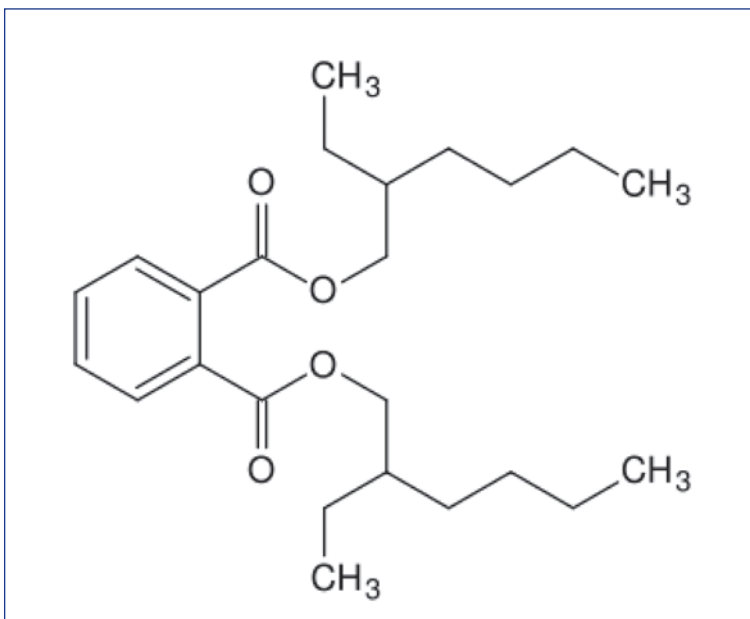
sistenten Überzügen [10]. Nach Einschätzung von Forschern der Universität Erlangen [11] besteht keine akute Gefährdung, jedoch kann durch solche Medikamente bei chronischer Einnahme die tolerierbare tägliche Aufnahmemenge erreicht oder auch überschritten werden. Da DBP bei Ratten, Mäusen und Hunden das Risiko von Fehlbildungen bei Embryonen und von Entwicklungsstörungen neugeborener Tiere erhöht, empfehlen die Forscher, die Behandlung von Schwangeren und Kindern mit solchen Medikamenten „kritisch zu überprüfen“.

### Moderne Weichmacher

Bei der von vielen Seiten angestoßenen Suche nach Ersatzstoffen für risikoreiche Weichmacher werden unterschiedliche Strategien verfolgt.

- Hersteller veränderten zunächst die bewährten Phthalate: Durch Verlängerung der Alkylketten von ursprünglich 8 Kohlenstoffatomen (C8) wie bei DEHP auf C9/C10 wie bei DINP/DIDP sinkt die Wasserlöslichkeit und die Migrationsrate, ebenso durch Einführung einer dritten Estergruppe am Benzolring (Trimellitate). Gleichzeitig steigen nicht nur Unbedenklichkeit, sondern auch Haltbarkeit und Lebensdauer der Produkte.
- Die Hydrierung des aromatischen Rings zu einem Cyclohexanring nimmt DINP die östrogenähnliche Eigenschaft. Der so erzeugte neue Weichmacher DINCH ist nicht fortpflanzungsschädlich, hat eine geringe Migrationsrate und wird im Körper abgebaut und schnell ausgeschieden. Es ist daher von der EFSA für den Kontakt mit Lebensmitteln und in Spielzeug zugelassen worden und sollte auch für die Medizintechnik eine Alternative zu DEHP sein.

Abbildung 2: Bis(2-ethylhexyl)phthalat DEHP



- Auch andere Ester haben weichmachende Wirkung. Für bestimmte Anwendungen eignen sich Ester der Zitronensäure (Lebensmittelverpackungen, medizinische Produkte, Kosmetika, Kinderspielzeug), Adipinsäureester und Alkylsulfonsäureester des Phenols ASPE (in Puppenköpfen).
- Eine andere Maßnahme ist die innere Weichmachung. Hier wird der Weichmacher fest in das Polymer eingebaut. Es entsteht ein Copolymer zum Beispiel aus PVC und Vinylacetat beziehungsweise Maleinsäure.
- Beschichtungen verhindern, dass Kunststoffe ihre Weichmacher verlieren. Solche Freisetzungssperren bestehen üblicherweise aus Acryllack oder Polyurethan.
- Man weicht wo möglich auf Kunststoffe aus, die auch ohne Weichmacher elastisch sind: Polypropylen, Polyethylen oder Ethylvinylacetat EVA sind grundsätzlich weichmacherfrei (Beißringe aus PE oder EVA, Fläschchen aus Glas oder dem Kunststoff Polypropylen PP).
- Nachwachsende Weichmacher auf Pflanzenölbasis wie epoxidiertes Sojabohnenöl ESBO verleihen PVC zusätzlich Licht- und Hitzestabilität, werden als unbedenklich beurteilt, eignen sich aber nur in Anteilen bis 5 %.
- Die radikalste Lösung ist es, Weichmacher mitsamt Kunststoff zu vermeiden, indem man sich auf Holz, Stein, Latex und andere natürliche Werkstoffe des Vorkunststoffzeitalters zurückbesinnt.

CLB

#### Literatur:

- [1] Phthalate – die nützlichen Weichmacher mit den unerwünschten Eigenschaften, Umweltbundesamt UBA 2007
- [2] <http://www.plasticisers.org/>
- [3] <http://www.ceresana.com/html/weichmacher.html>
- [4] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:092:0009:01:DE:HTML>
- [5] aktualisierte Stellungnahme Nr. 025/2007 vom 20.7.2007 <http://www.bfr.bund.de>
- [6] <http://www.bundestag.de/dasparlament/2005/28-29/Europa/002.html>
- [7] Deutsche Forschungsgemeinschaft. 2002. MAK- und BAT-Werte-Liste 2002, Mitteilung 38, Weinheim
- [8] Stellungnahme der Ernährungskommission der Deutschen Gesellschaft für Kinderheilkunde und Jugendmedizin, 2002
- [9] Empfehlungen des BfArM zur Minimierung des Risikos durch DEHP-haltige Medizinprodukte vom 22.05.2006 <http://www.bfarm.de>
- [10] [http://www.allum.de/noxe/diethylhexylphthalat-\(dehp\)-druckversion.html](http://www.allum.de/noxe/diethylhexylphthalat-(dehp)-druckversion.html)
- [11] Koch, H. M., J. Müller, H. Drexler und J. Angerer: Dibutylphthalat (DBP) in Arzneimitteln: ein bisher unterschätztes Risiko für Schwangere und Kleinkinder? *Umweltmed Forsch Prax* (2005) 10 (2); 144-146, siehe auch [http://www.arbeitsmedizin.uni-erlangen.de/ufp\\_10\\_2\\_2005\\_Koch\\_abstract.pdf](http://www.arbeitsmedizin.uni-erlangen.de/ufp_10_2_2005_Koch_abstract.pdf)





## Sonderausstellung „Historischer Streifzug durch das chemische Labor“ Probare – cogitare – laborare

„Papa, woher weiß man eigentlich, dass dieser Pilz giftig und der andere ungiftig ist?“ Diese oder ähnliche Fragen stellen wohl alle Kinder einmal. Und die Antwort ist einfach: Man hat es im Laufe der Jahrtausende alten Menschheitsgeschichte ausprobiert. Probiert hat man sogar im Mittelalter noch, da allerdings schon recht differenziert. Das zeigt jetzt anschaulich die Sonderausstellung „Historischer Streifzug durch das chemische Labor“. Noch bis zum 26. März präsentiert das Carl Bosch Museum in Heidelberg in seinem neuen Erweiterungsbau „Museum am Ginkgo“ acht Stationen, die die Entwicklung der Laborchemie vom Mittelalter bis hin zu unserer Zeit zeigen.

Anstoß für die vom Carl Bosch Museum aufgestellte Wanderausstellung war die Miniaturdarstellung eines Labortisches mit gläsernen Labor-Funktionsmodellen (Foto rechts). Die waren nicht etwa als Vitrinestücke gedacht, sondern wurden ab Ende des 19. Jahrhunderts von Handelsvertretern mitge-

nommen, um Laborbetreibern zu zeigen, was für ein Portfolio von Laborgeräten entsprechende Hersteller liefern konnten. Ausgestellt sind über 200 Original-Funktionsmodelle der Heidelberger Firma „Ludwig Hormuth“. Gerda Tschira, Gründerin und Geschäftsführerin des Museums, hatte dann die Idee, die Entstehung chemischer Laboratorien, beginnend im Mittelalter, aufzuzeigen.

Die heutige Laborarbeit hat sich entwickelt aus iterativen Prozessen zwischen probare – cogitare – labo-

rare: probieren – denken – arbeiten. Es entstand zunächst eine Probierkunst, die Dokimasie (siehe auch den Artikel „Dokimasie – gestern und heute“ in CLB 01/2004 oder als PDF-Datei auf unserer Webseite [www.clb.de](http://www.clb.de)). Eine Differenzierung der Labortätigkeiten erfolgte dann im späten Mittelalter: Die alchemistischen Theoretiker nahmen Abstand von den praktizierenden Alchemisten, den Adepten, die meist in schwer zugänglichen Kellerräumen mit offener Feuerstelle und verrußten Wänden arbeiteten.



Fotos oben: Das Carl Bosch Museum mit Hochdruckapparaten zur Ammoniaksynthese sowie – im Hintergrund und als Ausschnitt im rechten Bild – der neue Anbau „Museum am Ginkgo“.

Links: Labor-Funktionsmodelle (alle Fotos: Kickuth).



Station 1: Das Bild ist eine Illustration aus dem frühen Standardwerk der Berg- und Hüttenkunde „De Re Metallica“ (Basel 1556) von Georg Agricola. Es stellt die Arbeitsschritte des Goldscheidens dar.



Übrigens: Alchemie kommt vom arabischen al-kemet; das bedeutet soviel wie „das Schwarze“ – wie der Nilschlamm.

Die Laborkunst beginnt mit Probieren, wie es Station 1 darstellt. Sie ist der mittelalterlichen Probierkunst der Hüttenleute gewidmet und zeigt das typische Innenleben einer Saigerhütte. „Saigern“ heißt soviel wie „Aufreinigen“, und in solchen Hütten reinigte man Metalle, um aus ihnen dann Gegenstände des Alltags oder auch Waffen herzustellen. Die Scheidekunst, das Trennen von Mineralien und Metallen, war einer der zwei Hauptzweige früher chemischer Tätigkeiten.

Um die Eigenschaften der Metalle zu prüfen produzierte man erst kleine Probenmengen. Man wollte verstehen lernen, wie man Prozesse zu führen hatte, um etwa Rosten zu vermeiden. Das Probieren neuer Verfahren mit kleinen Stoffmengen war praktisch eine frühe Maßnahme, kostengünstiger zu produzieren.

Ein Saigerhütten-Museum gibt es übrigens in Olbernhau im Erzgebirge. Der Hüttenbetrieb wurde 1537 zur Gewinnung des Silbers aus silberhaltigem Schwarzkupfer gegründet. Das Saigerverfahren galt über Jahrhunderte als Spitzenleistung des Hüttenwesens. Die Saigerhütte war gleichzeitig Zentrum der Kupferverarbeitung in Sachsen. Vier Hammerwerke gehörten ebenfalls zum Komplex. Ein erstes Walzwerk arbeitete ab 1847. Eine Besonderheit der Fabrikation war das Grünthaler Dachkupfer, welches über 400 Bauwerke, so etwa die Dresdner Frauenkirche, das Ulmer Münster und der Stephansdom in Wien tragen bzw. trugen.

Der zweite Hauptzweig früher chemischer Praxis war die Kräuterkunst (Station 2). Dabei ging es um die Herstellung von Arzneimitteln. Dies geschah vorwiegend durch Destillation und Sublimation pflanzlicher, auch tierischer Substanzen. Mit der Probierkunst begann die Herausbildung der Laborarbeit als eigenständiges Arbeitsfeld und die Verselbstständigung

Station 2: Darstellung der Kräuterkunst. Ein wichtiger Prozess war das Destillieren. Das Bild zeigt rechts einen Galeerenofen für die Destillation unterschiedlich siedender Flüssigkeiten, etwa für ätherische Öle.





des Arbeitsortes Labor. Die beiden Hauptzweige der frühen chemischen Praxis führten schließlich zu Aufspaltung der Chemie in anorganische und organische Chemie.

Schon im ausgehenden Mittelalter fand auch eine Aufspaltung zwischen praktizierenden und theoretisierenden Alchemisten statt (Station 3). Letztere wollten insbesondere das „Opus Magnum“ erreichen, die Transmutation der Stoffe. Dazu sollte der Stein der Weisen dienen. Mit ihm wollte man sowohl neue chemische Stoffe erzeugen wie auch minderwertige in hochwertige verwandeln, Eisen in Gold umformen. Leider hielten solche Theorien den Fortschritt der Chemie eher auf.

Natürlich versuchten auch praktizierende Alchemisten (Adepten), Gold zu schaffen (Station 4). Fürsten und Könige ließen sich auf die Versprechen ein, die natürlich nicht gehalten werden konnten und oft mit der Todesstrafe für die Alchemisten endeten. Manchmal fanden sie auch chemische Prozesse, die ihre These der Transmutation überzeugend darstellte. So überzogen sie Kupfermünzen mit einer Zinkschicht. In heißer Flamme verwandelte sich dies in Goldbronze – eine Goldmünze war entstanden. Wenigen Adepten kam auch das Glück entgegen, so dem Apothekergehilfen aus Berlin, Johann Friedrich Böttger (1682-1719). Seit 1701 arbeitete er am Hof des sächsischen Kurfürsten. Er konnte zwar kein Gold machen, aber 1708 gelang ihm die erste Herstellung von Porzellan in Europa. Das Geheimnis um dieses weiße Gold war dem Fürsten jedoch so wichtig, dass Böttger nur die letzten drei oder fünf Jahre seines Lebens – das bei den Adepten wegen der Arbeit in Kellergewölben im Umfeld giftiger Stoffe sowieso oft nur kurz war – in Freiheit verbringen durfte.

Ein erfolgreicher Alchemist war auch Johann Rudolph Glauber (1604-1670) in Amsterdam. Seine Produktionsstätte für das Abführmittel Glaubersalz gilt als erste chemische Fabrik der Welt.



Station 3: Der theoretisierende Alchemist kehrt dem Labor den Rücken zu, umgibt sich mit Skurrilem wie Geheimnisvollen, etwa einem Kugelfisch.



Station 4: Im Mittelpunkt des Alchemisten-Labors stand ein offener Herd mit Kamin. Rußgeschwärmte Wände prägten den Raum. Um 1690 entwickelte Ehrenfried W. von Tschirnhaus ein Brennglas, mit dem es gelang, Temperaturen von über 1500 Grad Celsius zu erzeugen. Durch seine Schmelzversuche mit verschiedenen Erden half er Böttger, das Porzellan zu produzieren.



Station 5: Ein Labor zu Lavoisiers Zeit. Es war hell, geordnet und großzügig. Zwischen Physikern, Chemikern und Laboranten herrschte Arbeitsteilung. Reagiergläser als Vorläufer der Reagenzgläser erlaubten genaue Beobachtungen.



Bis zum 19. Jahrhundert gab es den Beruf des Laboranten noch nicht. Es waren Praktiker des chemischen Gewerbes und Hobbychemiker mit unterschiedlichsten meist akademischen Ausbildungen – Mediziner, Apotheker, Mathematiker, Juristen, die in karg ausgerüsteten Arbeitsräumen experimentierten. Sie entwickelten neue Arbeitsmittel und -metho-

den. Ihr Ziel war das Zergliedern und Aufspalten der Stoffe. Sie waren auf der Suche nach den chemischen Elementen. Im 18. Jahrhundert förderten vor allen Dingen französische Aristokraten mit Interesse an experimenteller Chemie diese Entwicklung. Es entstanden lichte, großzügige Laboratorien mit Messinstrumenten ungekannter Genauigkeit (Station

5). Der bekannteste Vertreter der neuen Wissenschaft Chemie war der französische Adelige Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794). Er entwickelte u.a. eine Waage, mit der Gewichte im Mikrogrammbereich bestimmt werden konnten. Durch Untersuchungen damit wies er nach, dass bei Verbrennungsprozessen Sauerstoff gebunden und bei der Reduktion wieder freigesetzt wird. Die alte Erklärung für Verbrennungsprozesse, die sich auf den hypothetischen Feuerstoff, das Phlogiston, stützte, wurde damit widerlegt.

Man fand auch immer mehr chemische Elemente. Waren im Altertum elf bekannt, erhöhte sich ihre Zahl im 13. Jahrhundert um zwei durch die Entdeckung von Arsen und Zink. Bis zum 17. Jahrhundert fand man dann noch lediglich Phosphor. Dieses Element wurde 1669 von Hennig Brand, einem deutschen Apotheker und Alchemisten, entdeckt, als er – auf der Suche nach dem Stein der Weisen – Urin bis zur Trocknung eindampfte. Als er den Rückstand unter Luftabschluss glühte, entstand durch Reduktion mit organischer Materie weißer Phosphor, der im Dunkeln aufgrund der Phosphoreszenz leuchtete. Obwohl Phosphor zu dieser Zeit noch keine Verwendung (außer als Nachtlampe) fand, wurde es mit Gold aufgewogen. Hennig Brand wurde durch diese Entdeckung allerdings nicht reich. Er verkaufte das Herstellungsrezept an einen Alchemisten, der hiermit ein Vermögen machte. Johann Daniel Kraft war das; er demonstrierte die Herstellung von Phosphor 1677 vor Robert Boyle. Hennig Brand zeigte seinen Phosphorus dem Wissenschaftler und Philosophen Wilhelm von Leibniz, der aus Begeisterung über den geheimnisvollen Lichtträger ein Gedicht verfasste.

Im 18. Jahrhundert erhöhte sich durch die systematische Forschung die Zahl der bekannten Elemente auf mehr als das Doppelte, auf 31 Elemente. Ende des 19. Jahrhunderts waren 81 Elemente bekannt. 1803 formulierte der Engländer John

Station 6: Justus von Liebig im Münchener Laboratorium. Das Labor wurde zum Vorzeigeeinstitut für die Experimentalforschung.





Dalton „Ein neues System der chemischen Theorie“ und begründete damit die chemische Atomistik.

Seit Mitte des 18. Jahrhunderts ersetzte das Laborexperiment die mittelalterliche Probierkunst. Die sich etablierende chemische Wissenschaft wurde Basis für eine chemische Industrie. Mitte des 19. Jahrhunderts – mit Wirken von Justus von Liebig (1803-1873) – entstand der akademische Beruf des Chemikers, der den Hobbychemiker ablöste. Es entstanden erste Chemielehrstühle an deutschen Hochschulen. Präzise Laboranlagen ersetzten einfache Gerätschaften (Station 6). Aus dieser Zeit stammen Bunsenbrenner, Erlenmeyerkolben, Messzylinder und Pipetten. Die Rückkopplung zwischen Laborarbeit und industrieller Nutzung führte auch dazu, dass Universitätschemiker chemische Werke gründeten oder in den Dienst chemischer Unternehmen traten (siehe auch die Artikel von Georg Schwedt in CLB 12/2002: Liebig und seine neue Schule der Chemie; CLB 03/2003: Liebig's Fehlleistung (ihm entging die Entdeckung des Broms); CLB 06/2003: Liebig's Fleischextrakt; CLB 09/2003: Liebig's Backpulver).

Die Erkenntnisse der Chemiker zur Struktur von Substanzen führten Anfang des 20. Jahrhunderts auch zur Entwicklung neuer Synthesen, zunächst im Labormaßstab. Die Industrie setzte dies dann in großtechnische Anlagen um. Das bekannteste Verfahren dafür ist die Haber-Bosch-Hochdrucksynthese des Ammoniaks. Einen Teil ihrer Gewinne investierte die chemische Industrie dann wieder in eigene sowie in Universitäts-Laboratorien. An den Hochschulen spezialisierten sich die Labors, die Betriebe differenzierten sich, ebenso die Arbeitsaufgaben. Den produzierenden „Blaukittlern“ standen die experimentierenden „Weißkittler“ gegenüber (Station 7). Mittlerweile wurde aus dem Laboranten, der auch Glasgeräte herstellen konnte, eine mit Hochtechnologie und Computerprogrammen arbeitende Chemiefachkraft.



Station 7: Ein Labor um 1930. Der mit Zylinder im Labor schaffende Chemiker wurde abgelöst vom Chemiker und Laboranten im Weißkittel. Die Chefs trugen freilich Anzug... In den Laborsälen arbeitete man vorwiegend an großen Serien von Versuchsreihen. Ebenso entstand eine neue Analytik, aufbauend auf physikalischen Methoden.

Laienhafte Vorstellungen mögen noch brodelnde Flüssigkeiten in verwirrenden Glasgeräten als Chemielabor sehen. Tatsächlich bestehen heutige Laboratorien zu einer großen Zahl aus Analyse- und Syntheseautomaten. Laborroboter hantieren mit kleinsten Mengen und tausenden von Proben (Station 8). Andererseits hat sich der experimentellen Chemie die Chemoinformatik zugesellt. Reaktionen werden in Supercomputern berechnet. So sind beispielsweise Erkenntnisse möglich, die aufgrund der herrschenden Bedingungen nur schwer oder gar nicht im Labor nachzubilden sind (siehe dazu auch den Kasten auf Seite 60: „Proteinentstehung: Eisen-Schwe-

fel-Welt-Szenario simuliert“ sowie auf den Seiten 73 und 74 die Artikel „Erste Computersimulation der Struktur von RNA-Molekülen“ und „Simulation eines Brennstoffzellen-Reformers“).

Die Ausstellung wird ab Mitte April in Jena an der chemisch-geowissenschaftlichen Fakultät der Universität zu sehen sein.

Im „Museum am Ginkgo“ – ein solcher Baum steht im Garten des Museums – gibt es dann „Museumspädagogik in Naturwissenschaft und Technik unabhängig von Lehrplänen“. Mit kleinen Experimenten will man Kinder von der Vorschule bis etwa zur siebten Klasse für diese Themen interessieren. RK



Station 8: Automaten, Roboter und Computer prägen das Bild eines heutigen Chemielabors.

## Magnetfeldperiode für Supraleiter berechnet Doppelt so hoch wie angenommen

**D**ie Elektronen in einem Atom bewegen sich nach den Gesetzen der Quantenmechanik in Orbitalen, die 100 Millionen mal kleiner sind als eine Münze. Ganz ähnlich bewegen sich auch in Metallringen die Elektronen in Orbitalen, die sich allerdings über den gesamten Ring erstrecken können. Hier hat man jetzt Abweichungen von der Lehrmeinung errechnet.

Gemeinsam mit einem Gastwissenschaftler aus Moskau haben Augsburger Physiker am Zentrum für Elektronische Korrelationen und Magnetismus (EKM) solche Ringorbitale untersucht.

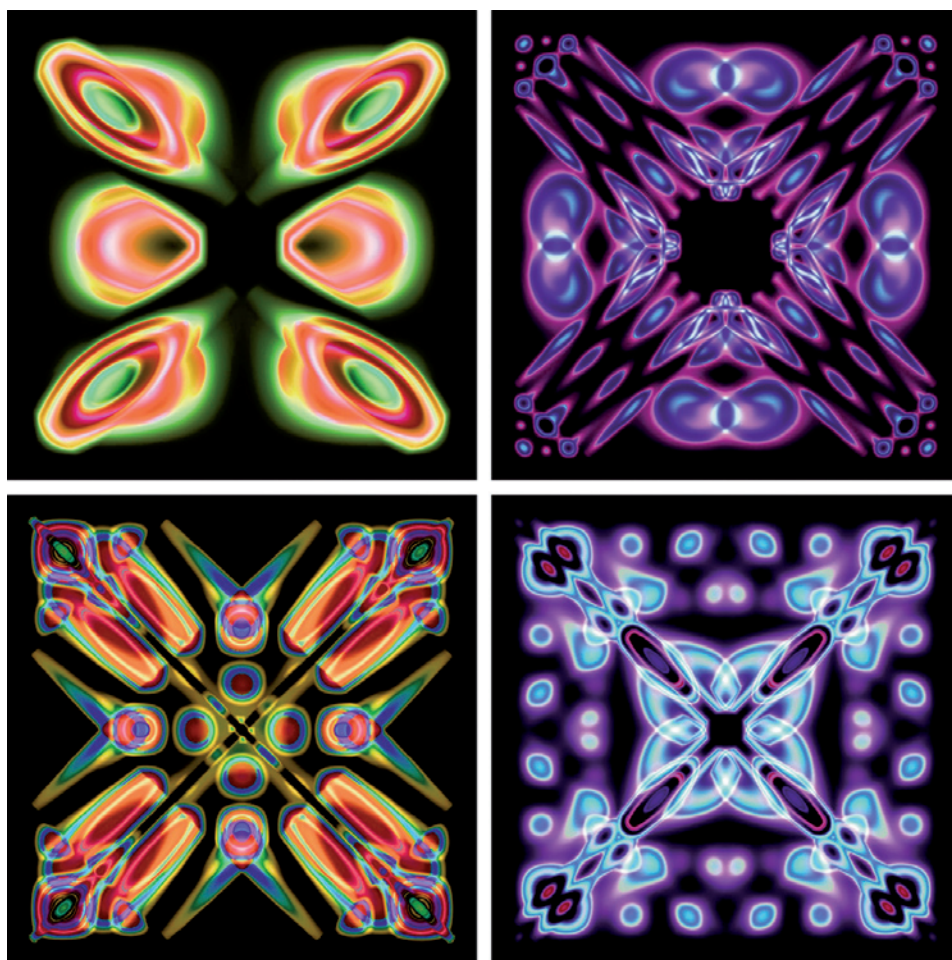
Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind überraschend: Sie widersprechen der etablierten Lehrmeinung, wonach die Magnetfeldperiode in Supraleitern  $h/2e$  sei, nachdem die Ladung der stromtragenden Elektronenpaare  $2e$  beträgt. Wie die Augsburger Forschergruppe entdeckte, ist die Magnetfeldperiode mit  $h/e$  doppelt so groß wie bislang angenommen. Die Berechnung der genannten Orbitale gelang den Augsburger Physikern mit einem eigens entwickelten Computerprogramm, durch das zudem die faszinierende Schönheit dieser elektronischen Strukturen offenbart wurde (siehe Abbildungen).

In supraleitenden Metallen kann der Strom in Ringen verlustfrei kreisen. Der Stromfluss, der durch die Elektronen in den Ringorbitalen getragen wird, kann durch ein Magnetfeld gesteuert werden, das den leeren Innenraum des Rings durchdringt. Das Magnetfeld verändert dabei die Orbitale in so raffinierter Weise, dass sich mit wachsendem Magnetfeld die Stromrichtung immer wieder umdreht. Die Periodizität dieser Oszillation wird durch zwei fundamentale Naturkonstanten bestimmt: Durch das Planck'sche Wirkungsquantum  $h$  und durch die Elementarladung  $e$ . Mit der vor fünfzig Jahren entwickelten Theorie der Supraleitung hatte sich die Überzeugung etabliert, dass für Supraleiter die Magnetfeldperiode  $h/2e$  sei, da der Strom von Elektronenpaaren getragen wird und die Ladung dieser Paare  $2e$  beträgt.

Die Physiker in Augsburg entdeckten jedoch, dass die Magnetfeldperiode in der Regel  $h/e$  ist, obwohl die Elektronen im Supraleiter gepaart sind. Da kleine supraleitende Ringe häufig in supraleitender Elektronik integriert sind, ist diese Entdeckung für elektronische Anwendungen relevant, zum Beispiel für schnelle Schalter in der Datenverarbeitung oder für supraleitende Qubits, die als elementare Bausteine einmal für Quanten-Computer eingesetzt werden sollen.

Die von den Physikern Florian Loder, Arno Kampf, Thilo Kopp, Jochen Mannhart, Christof Schneider und Yuri Barash in Nature Physics 4, 112 (2008) publizierte Forschungsergebnisse entstanden im Augsburger Sonderforschungsbereich „Kooperative Phänomene im Festkörper: Metall-Isolator-Übergänge und Ordnung mikroskopischer Freiheitsgrade“ (SFB 484) der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Die Abbildungen zeigen Elektronenorbitale in quadratisch geformten Ringen. Diese Ringorbitale entsprechen den aus der Atomphysik bekannten Orbitalen, sind allerdings 1000 mal größer und wesentlich komplexer (Abb.: Florian Loder, Uni Augsburg, EKM).





## Simulation für Wasserstoff aus Kerosin Reformer hält über 2000 Stunden

**A**ls Treibstoff benötigen Brennstoffzellen Wasserstoff, der wegen der fehlenden Infrastruktur noch nicht flächendeckend zur Verfügung steht. Entwickler des Forschungszentrums Jülich wollen deshalb die nahezu überall verfügbaren Treibstoffe Diesel oder Kerosin nutzen. Mit einem neuen Reformer, der fast keine Alterungserscheinungen mehr aufweist, kommen sie diesem Ziel nun einen großen Schritt näher. Jülicher Supercomputer halfen entscheidend auf dem Weg zur Anwendungsreife.

„Über 2000 Betriebsstunden lang gewinnt der neue Reformer effizient wasserstoffhaltiges Gas aus Diesel oder Kerosin“, sagt Ralf Peters vom Jülicher Institut für Energieforschung. Dieses Gas kann sowohl von Hochtemperatur- als auch von Niedertemperatur-Brennstoffzellen für die Stromgewinnung im Kilowattbereich genutzt werden.

Sehr vorteilhaft wären solche Systeme aus Reformer und Brennstoffzelle in Transportmitteln, die sowieso schon mit Diesel oder Kerosin betankt werden. Kühlaggregate in LKW oder die Bordelektronik auf Segelyachten könnten so ohne laufenden Motor und ohne Belastung der Batterien betrieben werden. Für die Stromversorgung in Flugzeugen kommt noch ein weiterer Vorteil hinzu. Denn die Brennstoffzellen setzen beim Betrieb reinstes Wasser frei. Damit ließe sich der Großteil des zu transportierenden Wassers einsparen. Das Startgewicht eines Flugzeugs und der Kerosinverbrauch würden deutlich reduziert.

Der Schlüssel zu einem marktfähigen System liegt in dem geschickten Design des Reformers. In seinem Innern befindet sich ein Wabenkörper, der mit fein verteil-

ten Edelmetallpartikeln beschichtet ist. Er dient als Katalysator und zersetzt die Kohlenwasserstoffe im Diesel oder Kerosin zusammen mit Luft und Wasserdampf in die Gase Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Wasserstoff. Wichtigste Bedingung für hohe Effizienz und Langlebigkeit des Reformers: Es darf keine flüssigen Reste geben. Genau das hat nun geklappt. Denn selbst nach 2000 Stunden liegt der Umsatz dieser Katalysereaktion noch bei über 99 Prozent.

Für den Sprung in der Betriebsdauer von vorher 200 Stunden auf den zehnfachen Wert ist die perfekte Vermischung vom verdampften Diesel mit heißem Wasserdampf und Luft verantwortlich. Erreicht wird dies durch möglichst intensive Strömungsturbulenzen in einer vorgeschalteten Mischkammer. Mit der enormen Rechenleistung der Jülicher Supercomputer simulierten Peters und Kollegen das Mischungsverhalten der Gase. Dabei variierten sie zahlreiche Parameter von der Geometrie der Mischkammer bis hin zu Temperatur und Druck der eingespeisten Gase. Der Bauaufwand für den Reformer konnte durch diese Simulationen sehr stark reduziert werden.

Insgesamt wurden ab 2004 für die strömungstechnischen Analysen der Reformierungsapparate über 8000 Stunden Rechenzeit benötigt. In weiteren Arbeitsschritten will man erste Brennstoffzellen mit dem langlebigen Reformer verknüpfen. Auf dem Weg zur Anwendungsreife hat sich das Forschungszentrum bereits ein Patent auf den Reformer gesichert. Unterstützt durch Förderprogramme des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie und über eine enge Zusammenarbeit mit dem Flugzeugbauer Airbus soll in etwa drei Jahren ein marktfähiges Produkt entstehen.

### Krebs:

#### Mechanismen und Möglichkeiten

- Das Protein **Survivin** hilft Tumorzellen, dem programmierten Zelltod zu entkommen, und trägt so zur Resistenzbildung bei. Eine Arbeitsgruppe aus Mainzer Biologen konnte zeigen, wie Survivin mit Hilfe des Exportin-1-Rezeptors aus dem Zellkern in das Cytoplasma wandert, um dort seine Wirkung zu entfalten.
- Tierexperimentelle Studien und Untersuchungen an Zellkulturen zeigten, dass **Cannabinoide aus Hanf** über die Hemmung der Tumorzellteilung sowie die Auslösung der Apoptose eine Antitumorwirkung haben. Sie können sogar mit Hilfe eines Hemmstoffs die Metastasierung blockieren.
- Wissenschaftlern des Universitätsklinikums Erlangen gelang es, alle Proteine des **Humanen Herpesvirus-8** zu identifizieren. Die Aufenthaltsorte der verschiedenen Proteine bieten wichtige Ansatzpunkte für Behandlungsansätze. Das humane Herpesvirus-8 wird mit der Entstehung eines Lymphdrüsen-Krebses und des Kaposi-Sarkoms in Verbindung gebracht.
- **Lungenkrebs** wird meist erst im fortgeschrittenen Stadium entdeckt. Leider sprechen die „nicht-kleinzelligen“ Lungentumore, etwa 80 Prozent der Fälle, nur eingeschränkt auf Chemo- und Strahlentherapie an. Forscher an der Inneren Klinik des UK Essen fanden ein Eiweiß namens pp32, welches einen Einfluss darauf hat, wie empfindlich die Tumore auf Medikamente reagieren, die Apoptose auslösen. Patienten, deren Lungenkrebszellen einen hohen pp32-Eiweißgehalt aufwiesen, reagierten besonders positiv auf die Chemotherapie und überlebten deutlich länger.
- Wissenschaftler an der Universität Hamburg entdeckten einen neuen Mechanismus, der bei der **Krebsentstehung durch Adenoviren** beteiligt ist. Sie zeigten, dass Proteinkomplexe, die normalerweise Brüche im Erbgut reparieren, während der Tumorbildung durch Adenoviren verändert und dadurch inaktiviert werden. DNA-Reparaturarbeiten sowie Prozesse der natürlichen Zellalterung funktionieren dann nicht mehr.
- **Neuroblastome**, Tumoren des Nervensystems bei Kindern, lassen sich bisher nur unbefriedigend behandeln. Wissenschaftler im Deutschen Krebsforschungszentrum in Heidelberg haben aus dem Pilz *Helminthosporium carbonum*, einem Mais-Schädling, das HC-Toxin isoliert, welches Neuroblastomzellen umprogrammiert. HC-Toxin wirkt unter anderem aktivierend auf den RB-Signalweg, eine wichtige zelluläre Krebsbremse.
- Apoptose funktioniert in den meisten Tumorzellen nicht mehr, da zahlreiche Steuermoleküle dieses Vorgangs defekt sind. Wissenschaftler aus dem Deutschen Krebsforschungszentrum haben im Tierversuch gezeigt, dass **Wogonin**, ein Flavonoid aus dem Baikalmelkha, bei Leukämiezellen Apoptose auslöst, jedoch auf gesunde Blutzellen fast keine schädigende Wirkung hat.

## Simulation an weltgrößtem Uni-Computercluster Faltung eines RNA-Moleküls beobachtet

**D**urch Simulation am weltgrößten universitären Computercluster ist es jetzt möglich, den nur eine Mikrosekunde dauernden komplexen Prozess der Faltung eines RNA-Moleküls in detaillierten Einzelschritten mit atomarer Auflösung zu betrachten.

Lange Zeit galten Ribonukleinsäuren (RNA) lediglich als Boten, die im Zellkern genetischen Informationen übertragen. Erst in den letzten Jahren ist die vielfältige biologische Bedeutung der kleinen RNA-Fragmente erkannt worden: Sie leisten wichtige regulatorische und katalytische Funktionen in der Zelle. Was die Wissenschaft bislang nur im Experiment untersuchen konnten haben jetzt Dietmar Paschek, Chemiker der TU Dortmund, und Angel Garcia, Rensselaer Polytechnic Institute in Troy im Staat New York (USA), erstmals im Computer simuliert. Ein handels-

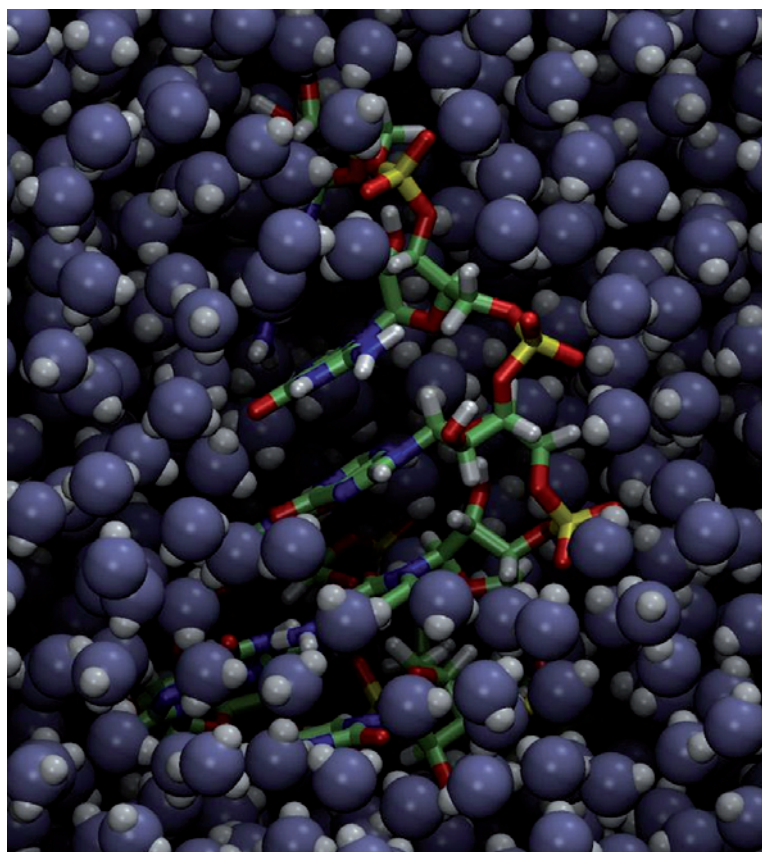
üblicher Computer müsste 35 Jahre rechnen, um diesen aufwändige Prozess zu simulieren. Schneller ging es am Institut in Troy: Dort befindet sich zur Zeit der weltweit größte Uni-Computercluster. Die Dortmunder Wissenschaftler steuerten die von ihnen entwickelten Parallel-Programme bei. Damit ließ sich zusätzlich auch die Molekülumgebung, also das Lösungsmittel Wasser, vollständig realistisch wiedergeben.

Insgesamt bietet dieses Verfahren somit die Möglichkeit, ein RNA Molekül in allen Dimensionen in seiner natürlichen Umgebung zu betrachten; hierdurch werden wichtige Erkenntnisse über die Funktionen und Reaktionsweisen der verschiedenen RNA-Typen in der Zelle möglich. Mit Hilfe der RNA lassen sich beispielsweise auch gezielt einzelne Gene in Laborversuchen ausschalten. Für diese Entdeckung, von der sich

Wissenschaft neue Therapiemöglichkeiten bei der Bekämpfung von Krankheiten erhofft, erhielten die beiden US-Wissenschaftler Andrew Z. Fire und Craig C. Mello bereits 2006 den Nobelpreis für Medizin.

Ist die Simulation von Paschek und Garcia, die eine Basis für die Erforschung und Weiterentwicklung dieser und weiterer Möglichkeiten der RNA-Nutzung bilden könnte, zur Zeit noch eine singuläre Pionierarbeit, so könnte sie angesichts weiter exponentiell steigender Computerleistungen in wenigen Jahren Routine sein (siehe dazu auch den Artikel „Prognosen“ ab Seite 54). Diese Annahme ist gar nicht so utopisch, steht der o.g. Cluster des Rensselaer Polytechnic Institutes mit seinen 1848 Rechenkernen und einer Maximalleistung von 9,6 Teraflops doch „nur“ auf Platz 334 der aktuellen Top500-Liste der schnellsten Computersysteme der Welt. *RK*

Simulation von RNA in H<sub>2</sub>O-Umgebung (Abb.: TU Dortmund).



### Insulin inhalieren statt spritzen

Ein verbessertes Verfahren für die Herstellung von inhalativem Insulin könnte tägliches Spritzen für Diabetiker bald überflüssig machen. Wissenschaftler der University of New South Wales (Australien) konnten durch eine prozesstechnische Neuentwicklung ein Insulinpulver herstellen, das das einzige bisher auf dem Markt erhältliche Insulinpulver in seiner Wirkung übertrifft. Das nach seiner Herstellungsmethode ARISE (Atomised Rapid Injection for Solvent Extraction) benannte Präparat weist eine sehr geringe Dichte auf und bietet durch die daraus resultierende größere Angriffsfläche einen höheren Widerstand innerhalb eines Luftzugs. Es kann somit tief in die Lunge gelangen und eine schnelle Wirkung erzielen. Das von Neil Foster entwickelte ARISE Insulin verspricht neben einer leichteren Anwendung auch mehr Flexibilität in der Lebensführung. Diabetiker müssten nur noch zehn Minuten vor jeder Mahlzeit inhalieren und nicht wie bisher dreißig Minuten vorher das Insulin spritzen. Die schnelle Wirkung des pulverförmigen Insulins ermöglicht außerdem eine präzisere Kontrolle des Blutzuckerspiegels. Vielversprechend scheint die neue Technologie auch für die Behandlung von Asthma und anderen chronischen Bronchialerkrankungen zu sein.



## Analytik mit Terahertz-Spektroskopie

# Wie Proteine das Wasser beeinflussen

**E**in teils entfaltetes Protein beeinflusst die Wassermoleküle der Umgebung weit weniger als ein gefaltetes. Je flexibler das Protein, desto weniger ausgeprägt ist die Beeinflussung des Wassers.

Vor wenigen Wochen gelang Arbeitsgruppen aus Bochum, Illinois und Nevada mittels Terahertz (THz)-Spektroskopie zunächst der Nachweis, dass ein Protein die Wassermoleküle in seiner Umgebung langreichweitig beeinflusst: Die normalerweise in chaotischer Bewegung befindlichen Wassermoleküle gingen durch das Protein zu einer Art geordnetem Menuett über.

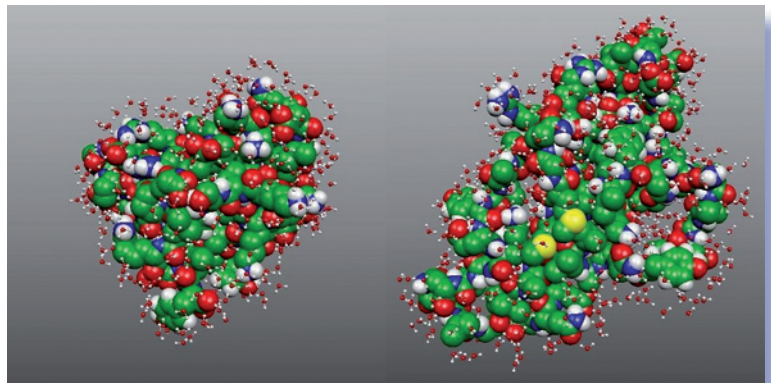
Jetzt gelang es den Forschern um Prof. Dr. Martina Havenith-Newen (Physikalische Chemie II der RUB), den Regeln dieses Tanzes weiter auf den Grund zu gehen. Sie konnten zeigen, dass die Proteinfaltung die Tanzschritte des Wassers verändert. Ihre Ergebnisse präsentieren die Forscher als „communication“ im Journal of the American Chemical Society.

Im Wasser werden die schwachen Bindungen zwischen zwei benachbarten Wassermolekülen, die Wasserstoffbrückenbindungen, ständig blitzschnell geöffnet und geschlossen: Im Durchschnitt passiert das alle 1,3 Picosekunden. „Schon eine kleine Konzentration von Proteinen im Wasser führen dabei zu messbaren Änderungen in den kollektiven Bewegungen“, erklärt die Leiterin der Gruppe, die jetzt Detailerkenntnisse vorlegte, Martina Havenith-Newen. Das waren die Ergebnisse bisheriger Untersuchungen mittels THz-Spektroskopie (siehe dazu den Artikel „Science und Fiktion mit Terahertz-Licht“ von Hawenith-Mitarbeiter Erik Bründermann in CLB 02-2004).

Während das gefaltete Protein jedoch bis zu 1000 Wassermoleküle in

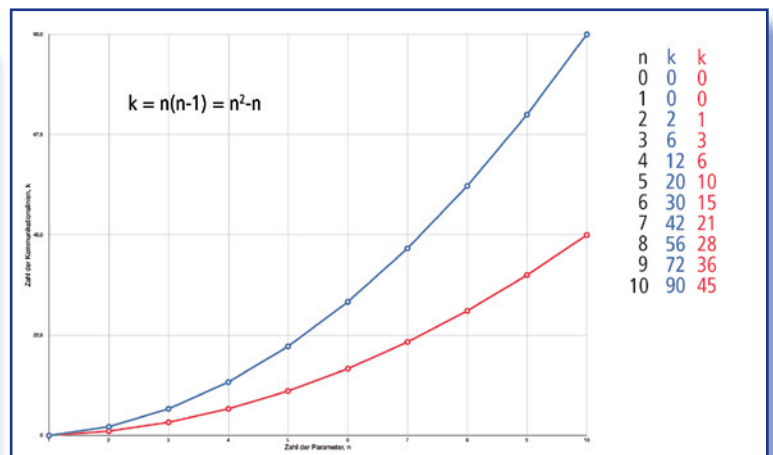
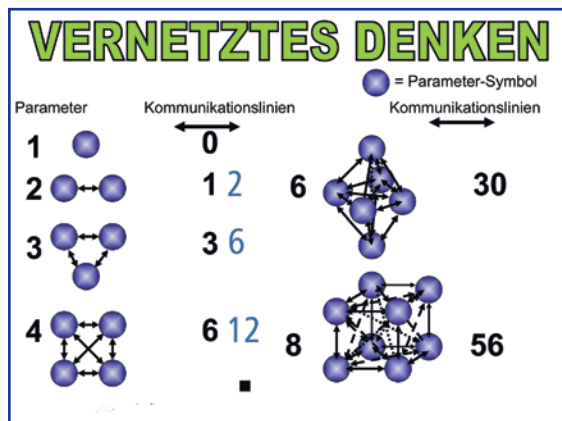
seiner Umgebung beeinflusst, gilt das für ein teilweise entfaltetes Protein nur in weit geringerem Ausmaß. Verändert man durch gezielte Mutation das Protein an einzelnen Stellen, so ist der Effekt ebenfalls weniger ausgeprägt. Damit wird die Hypothese weiter gestützt, dass Protein und Wasser nicht voneinander unabhängig sind, sondern sich gegenseitig beeinflussen – ein Effekt, von dem man seit längerem annimmt, dass er für die Proteinfaltung entscheidend sein könnte, die wiederum für die Proteinfunktion von großer Bedeutung ist.

Gefaltetes und ungefaltetes Protein: Im ungefalteten Zustand ist der THz-Tanz des Wassers verändert (Abb.: Uni Bochum).



**Korrigenda:** In dem Artikel „Herausforderungen für die Chemie“ von Prof. Dr. Wolfgang Hasenpusch in der vorausgegangenen CLB 01-2008 ab Seite 8 gab es Unstimmigkeiten bei den Abbildungen 2 und 3 (korrigierte Versionen hier unten). Darauf machte uns zuerst der langjährige CLB-Leser Norbert Iffland aufmerksam. Die Gleichung  $k = n(n-1) = n^2 - n$  (Abb. 3, unten rechts) ergibt nämlich

nicht die in der ursprünglichen Abbildung (und hier rot wiedergegebene) Zahlenreihe, sondern die Werte sind jeweils doppelt so hoch. Die Erklärung: Die Kommunikationslinien in Abbildung 2 (unten links) stehen ja jeweils für eine Zwei-Wege-Kommunikation (und sollten daher doppelt gezählt werden). Leider ist auch Abbildung 2 inkonsistent in den Zahlen. Bei den Parametern 1 bis 4 zählt jede Kommunikationslinie einfach, bei den Parametern 6 und 8 doppelt. In blau sind jetzt die Zahlen eingetragen, die sich aus der Formel ergeben.







## FUTUREPHASELAB

### DAS UNIVERSUM ALS QUANTENCOMPUTER

MIT-Forscher Seth Lloyd postuliert: Das ganze Universum lässt sich als Quantencomputer deuten (siehe den Artikel ab Seite 54). Dies gibt insbesondere dafür eine Erklärung, warum die Welt so komplex ist. Dazu ein kleines Gedankenexperiment des französischen Mathematikers Emile Borel von 1909: Man benötigte eine Trillion Affen, die seit dem Urknall auf Schreibmaschinen einhämmern, wollte man per Zufall die ersten 20 Buchstaben von Shakespeares Hamlet erzeugen. Das ganze

Werk bzw. die Welt durch Zufall zu erklären ist also abwegig. Hat man jedoch einen Computer, der die Tasteneingaben interpretiert, entsteht Sinnvolles – neben nach wie vor viel Sinnlosem – viel schneller. Dieser Ansatz bedeutet, dass letztlich aus Quantenfluktuationen die Komplexität entstand, die wir beobachten. Lloyd sagt: Das Universum berechnet sich selbst... Einen zusammenfassenden Artikel über die Thesen von Seth Lloyd hat Rüdiger Vaas in „Bild der Wissenschaft“, Ausgabe 08-2007, geschrieben („Das Universum – der erste Quantencomputer“). RK

## Stoffwechselwege – gut überschaubar

John McMurry, Tadhg Begley: *Organische Chemie der biologischen Stoffwechselwege*. 452 Seiten; Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2006, ISBN-978-3-8274-1657-5; 59,50 Euro.

Als Übersetzung des amerikanischen Werks „The Organic Chemistry of Biological Pathways“ vermittelt das vorliegende Lehrbuch umfangreiche Kenntnisse über den Verlauf der chemischen Umsetzungen, die dem Stoffwechselgeschehen in lebenden Organismen zugrunde liegen.

In Kapitel 1 sind die funktionellen Gruppen der für die Stoffwechselvorgänge bedeutsamen organischen Verbindungsklassen zusammengestellt und die wichtigsten Reaktionstypen beschrieben. In Kapitel 2 schließen sich der Darstellung der Stereochemie grundlegende Ausführungen über die nachstehend genannten Biomoleküle an (mit einem Abschnitt über Enzyme und Coenzyme). Die Kapitel 3 bis 6 beschreiben den Stoffwechsel der Lipide, der Kohlenhydrate, der Aminosäuren und der Nucleotide, mit umfassender Darstellung der Abbau-Reaktionen und der Biosynthese der jeweiligen Verbindungen. Mit der Zielsetzung des Erkennens von Zusammenhängen wird den Reaktionsmechanismen besondere Bedeutung zugemessen. Kapitel 7 beinhaltet die „Biosynthese ausgewählter Naturstoffe“ (wie Prostaglandine, Tetrapyrrole, wie Häm, und einiger Antibiotika). Zur Vertiefung des vermittelten Wissens und zur Verdeutlichung von Gemeinsamkeiten im Stoffwechselgeschehen gibt

Kapitel 8 eine „Übersicht über biologische Transformationen“.

Das Lehrbuch zeichnet sich durch einige für die Studierenden sehr nützliche Merkmale aus:

- die durchgehend mehrfarbige Wiedergabe von Formeln, Reaktionsverläufen, Tabellen und Abbildungen
- Aufgaben nach den Kapiteln 1 bis 7 sowie nach Anhang A; mit den Lösungen in Anhang C
- die Hinweise auf Original-Literatur nach den Kapiteln 3 bis 7
- als „Exkurs“ bezeichnete Zusammenstellungen, wie die Zuordnung von Oxidationsstufen in Eisen-Komplexen, die an vielen biochemischen Redox-Reaktionen beteiligt sind
- Anhang A mit Anleitungen zur Nutzung der Protein-Datenbank PDB, einschließlich der Sichtbarmachung der Strukturen mit dem Swiss PDB-Viewer und Auffinden des aktiven Zentrums von Enzymen
- Anhang B mit Anleitungen zur Nutzung der Datenbank KEGG (Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes), um Informationen über Biosynthese-Wege zu erhalten; unter Einbeziehung der Datenbank BRENDA für nähere Angaben zu den beteiligten Enzymen.

Aufgrund dessen und der hervorzuhebenden Übersichtlichkeit ist diesem Lehrbuch weite Verbreitung zu wünschen. *Dr. Dieter Holzner*



## Diffusion: Querverbindungen zwischen Physik, Ökologie, Soziologie...

Gero Vogl: *Wandern ohne Ziel. Von der Atomdiffusion zur Ausbreitung von Lebewesen und Ideen*. 208 Seiten; Springer Verlag, Heidelberg 2007, ISBN-978-3-540-71063-9; 34,95 Euro.

In dieser CLB zeigt der Aufsatz „Probleme mit Prognosen“ ab Seite 54 unter anderem, dass sich mit Vorgängen und Gesetzen, die man aus der Physik kennt, auch Erscheinungen in der Biologie, Soziologie, Ökonomie und Kommunikation beschreiben lassen. Einen speziellen Bereich, der dafür ein Beispiel gibt, hat der Wiener Physiker Gero Vogl ausgesucht: die Diffusion. Seine Absicht: „Ich versuche mit diesem Buch, Querverbindungen zwischen so verschiedenen Wissenschaften wie der Physik und der Archäologie herzustellen, der Chemie und der Ökologie, der Metallurgie und der Seuchenausbreitung, der Sprach-Diffusion und dem Technologie-Transfer. Ich will damit einen kleinen Beitrag zur Überwindung der Kluft zwischen Natur- und Kulturwissenschaften leisten.“

Ein Mittel dazu ist die Verwendung mathematischer Formeln – in maßvoller Weise. Das Interessante dabei: Vogl zitiert nicht einfach eine Formel, sondern porträtiert den Wissenschaftler, der sie entdeckt hat, beschreibt die Zeit und die Umstände, die zu der Entdeckung geführt haben, zeigt, dass manches mehrfach entdeckt wurde – weil Leistungen einzelner Wissenschaftler wieder in Vergessenheit geraten waren. So geschehen mit einer Formel der Genetik, die den Namen des Genetikers Ronald Aylmer Fisher erhielt, obwohl sie zuvor schon vom Leipziger Robert Luther verwendet wurde, allerdings zur Beschreibung einer chemischen Reaktionswelle durch ein Glasrohr hindurch. An vielen Beispielen wird



nahezu spielerisch klar: Aha, die Vorgänge lassen sich auf ein und dasselbe Prinzip zurückführen.

Genau diesen Effekt zusammenfassender Erkenntnisse aus einer übergeordneten Sehensweise beabsichtigt der Autor mit dem Buch. Bewusst unterstreicht er diese Absicht mit einem einleitenden Zitat von Erwin Schrödinger: „Das isolierte Wissen, das eine Spezialistengruppe auf engem Gebiet gesammelt hat, hat in sich allein keinerlei Wert. Es hat nur Wert in einem theoretischen System, das es mit dem übrigen Wissen verknüpft, und auch nur insoweit, als es wirklich zur Beantwortung der Frage beiträgt: Wer sind wir?“

Gero Vogl sagt, nach Möglichkeit in seinem Leben zielgerichtet gehandelt zu haben. Dem stellt er gegenüber, dass in der Natur Vorgänge „über ziellose Wanderungen ablaufen“, Beispiel: Brownsche Molekularbewegung. Bei allen Beispielen, die der Autor dann gibt – Einwanderungen von Menschen

in Kontinente, Ausbreitung der Miniermotte, Diffusion von Sprachen – wird jedoch ein Ziel deutlich: Immer geht es um das Ausfüllen von Raum, sei er zunächst leer, oder seien Verdrängungsmechanismen am Werk.

Gerade bei Berechnungen zur Diffusion von Meinungen gibt Vogl dafür ein bemerkenswertes Beispiel: „Schon ein Wahlkampfbudget, das um 50 Prozent höher ist als das des politischen Gegners, müsste demnach ausreichen, um den eigenen Kandidaten zum Sieg zu führen!“ (siehe auch Seiten 57 und 58 in dieser CLB).

Das Buch ist lehrreich, teilweise amüsant, und es hilft, die Fähigkeit zu erwerben, über den eigenen Tellerrand zu sehen. Nur sollte der Verlag auch erwägen, eine „Student Edition“ etwa zum halben Preis herauszugeben, um dieses interessante Werk einer breiteren Leserschaft zugänglich zu machen. *RK*

## Bioanalytik – ein weites Feld

Friedrich Lottspeich, Joachim W. Engels (Hrsg.): *Bioanalytik*. 2. Auflage, 1136 Seiten; Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2006; ISBN 978-3-8274-1520-2; 89,50 Euro.

Die aktualisierte und erweiterte Neuauflage von „Bioanalytik“ ist Lehrbuch und Handbuch in einem, an dem 65 Autorinnen und Autoren beteiligt sind. Sein Inhalt umfasst die in den Biowissenschaften angewendeten Methoden zur Analyse (einschließlich der vorbereitenden Arbeitstechniken) von Proteinen, Kohlenhydraten, Lipiden, DNA und RNA sowie der hieraus durch modifizierende biochemische Umsetzungen gebildeten Reaktionsprodukte.

Teil I beschreibt die vielfältigen Methoden der „Protein-Analytik“, unter denen Immunologische Techniken, Spektroskopische Methoden, Elektrophoretische Verfahren sowie Massenspektrometrie den größten Raum einnehmen.

Teil II behandelt die zur Aufklärung der 3-dimensionalen Struktur angewendeten Methoden, hier besonders umfangreich die Magnetische Resonanzspektroskopie von Biomolekülen.

In Teil III (Spezielle Stoffgruppen) liegt der Schwerpunkt auf der Analytik von höhermolekularen Kohlenhydraten und von Lipiden.

Teil IV umfasst die gesamte Nucleinsäure-Analytik, wobei insbesondere die Aufarbeitung von Nucleinsäuren sowie Protein-Nucleinsäure-Wechselwirkungen umfassend beschrieben sind.

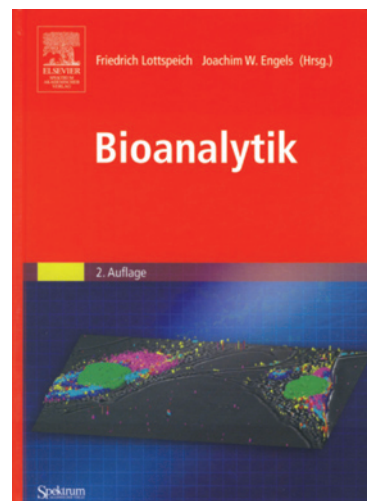
Teil V mit der Bezeichnung „Systematische Funktionsanalytik“ stellt Methoden vor, welche der aktuellsten Forschung zugrunde liegen, wie Sequenzanalysen und die damit einhergehende Bioinformatik; DNA-Microarray-Technologie; Proteom- und Toponom-Analyse bis hin zu Erkenntnissen der Systembiologie,

jeweils mit zahlreichen Angaben zu weiterführender Literatur (hier fehlt das Werk „Systems Biology in Practice“ aus der Arbeitsgruppe Lehrach am MPI für Molekulare Genetik).

Der umfangreiche Anhang 1 „Strahlenschutz

im Labor“ beschreibt zudem den radioaktiven Zerfall, die Dosimetrie und die biologischen Wirkungen ionisierender Strahlung. Im gesamten Buch stellen Querverweise dort den Zusammenhang her, wo gleiche oder ähnliche Methoden oder Verfahren auf unterschiedlichen Gebieten zur Anwendung kommen. Eine Übersicht gewinnt man aus dem doppelseitigen Diagramm im Inneneinband. Hinzuweisen ist auch auf die im Mittelteil des Buches angeordneten Farbtafeln.

In dem vorliegenden Werk sind sowohl theoretische und gerätetechnische Grundlagen der Bioanalytik als auch die Anwendungsbreite der Methoden (mit Anmerkungen über Vor- und Nachteile) eingehend beschrieben, während Arbeitsvorschriften zur Durchführung der jeweiligen Verfahren dann in speziellen, für die Laborpraxis bestimmten Büchern enthalten sind. Dieses deutschsprachige Standardwerk sollte in allen Studienbereichen und Instituten vorhanden sein, für welche die Methoden der „Bioanalytik“ von grundlegender Bedeutung sind. *Dr. Dieter Holzner*





## Nie mehr umfallende Probengefäße beim Wägen

Wer kennt das nicht, kleine Kolben oder ungewöhnlich geformte Tarabehälter fallen beim Wägen um oder lassen sich schlecht befestigen. Mettler Toledo hat mit den Ergo Clips ein System entwickelt, mit dem unterschiedliche Gefäße schnell und sicher auf der Waage positioniert werden können.

Die Ergo Clips vereinfachen den Wägevorgang, indem der Anwender die Probe nicht erst in ein zum Wägen geeignetes Taragefäß füllen muss. Der Anwender kann die Probe gleich in ein beliebiges Gefäß füllen, damit wägen und anschließend die Probe weiterverarbeiten. Eine direkte Dosie-



rung kleinster Probenmengen in ein beliebiges und zum Wägen geeignetes Gefäß ist besonders bei sehr wertvollen sowie toxischen oder hochaktiven Probenstoffen wichtig

Es gibt verschiedene Clips für Reagenzgläser, Rund- und Messkolben sowie Einmal-Wägeschalen. Die Excellence Analysenwaagen von Mettler Toledo können problemlos mit allen Ergo Clips kombiniert werden. Zudem können die Waagen mit der Waage-

schale SmartGrid ausgestattet werden. Diese bietet mit ihrer Gitterstruktur Turbulenzen im Wägeraum nur minimale Angriffsfläche. Das Ergebnis ist eine verkürzte Stabilisierungszeit und eine beschleunigte Messwertfreigabe.

Mettler-Toledo GmbH

35396 Gießen

Tel +49 (0)641 507 111

Fax +49 (0)641 507 128

[www.mt.com](http://www.mt.com)

## Schnelles Spektrometer

Die Firma Ocean Optics hat für Anwendungen, die schnelle chemische und biochemische Reaktionen überwachen, ihr bislang schnellstes Spektrometer auf den Markt gebracht. Mit dem Minifaser-Optik-Spektrometer USB2000+ lassen sich 1000 Scans pro Sekunde in den Speicher übertragen, wenn das Spektrometer über die USB 2.0-Hochgeschwindigkeitsschnittstelle an einem Computer angeschlossen ist.

Das Spektrometer kann optische Eigenschaften innerhalb eines Wellenlängenbereichs von 200 – 1100 nm messen. Es kann mit einem benutzerseitig auswählbaren festen Gitter ausgerüstet werden, welches das Licht auf den CCD-Array-Detektor mit seinen 2048 Elementen dispergiert und so Ergebnisse mit einer Auflösung bis 0,35 nm (FWHM: Full Width at Half Maximum (Halbwertsbreite) = Bildschärfe) produziert.

Das USB2000+-Spektrometer ist

komfortabel in der Bedienung. Der Benutzer installiert die SpectraSuite-Software und schließt das Spektrometer über das USB-Kabel am Computer an. Es ist keine andere Stromversorgung notwendig. SpectraSuite ist eine modulare, auf Java basierende Spektroskopiesoftware, die unter Windows, Mac und Linux läuft.

Das System ist mit einem programmierbaren Mikrocontroller ausgestattet, durch den sich das Spektrometer flexibel über seine digitalen und analogen GPIO-Eingänge und -Ausgänge steuern lässt. Es ist in verschiedenen Triggermodi einsetzbar. Die automatisch von der Betriebssoftware verwendete Wellenlängenkalibrierung wird im internen EEPROM (ein nicht-flüchtiger Speicherchip) gespeichert.

Die Benutzer arbeiten eng mit den Ocean Optics-Anwendungsforschern zusammen, um ein optimales System für ihre Anwendung zu bauen. Hierzu

stehen 14 Gitter, 6 Eingangsspalte und Hunderte faseroptischer Zubehörteile zur Auswahl.

Ocean Optics B.V.

6921 EW Duiven, The Netherlands

Tel +31 (0)26 319 05 00

Fax +31 (0)26 319 05 05

[www.oceanoptics.eu](http://www.oceanoptics.eu)



## Alles auf einer Plattform: Flüssig/Flüssig- und Festphasenextraktion

Die Extraktion von biologischen oder chemischen Substanzen ist ein Schritt in vielen analytischen Anwendungen. Während die Festphasenextraktion (SPE) als Extraktionsmethode über die

letzten Jahre stetig zugenommen hat, ist die Flüssig-Flüssig-Extraktion (LLE) noch immer eine sehr bewährte, preiswerte und effiziente Methode.

Um günstigere Kosten pro Analyseverhältnis zu erzielen, ohne die Qualität aufs Spiel zu setzen, kann unser Speedy beide Extraktionsmethoden auf einer Plattform durchführen:

SPE erfolgt mit Vakuum oder kontrolliertem positiven Druck und Filterplatten, Säulen oder Kartuschen.

LLE kann mit jeder Art von Lösungsmittel durchgeführt werden. Diese können über Mehrwegeventile zudosiert werden. Gemäß dem Probenvolumen werden die Proben entweder auf unserem Einzelproben-Vortexer Tube-Mix oder auf unserem Desyre Mix für komplette Racks aufgeschüttelt. Für

jede Probe können individuelle Extraktionsbedingungen definiert werden, um beispielsweise die Viskosität oder das Volumen der Proben oder des Lösungsmittels zu berücksichtigen; nicht zu vergessen, um die Phasentrennung zu detektieren.

Anschließend können die Proben für die Analytik aufbereitet werden, das heißt eventuelle Verdünnung, Transfer in Autosamplervials, Verschließen der Vials und Übergabe an den Autosampler; oder aber die Proben werden direkt injiziert.

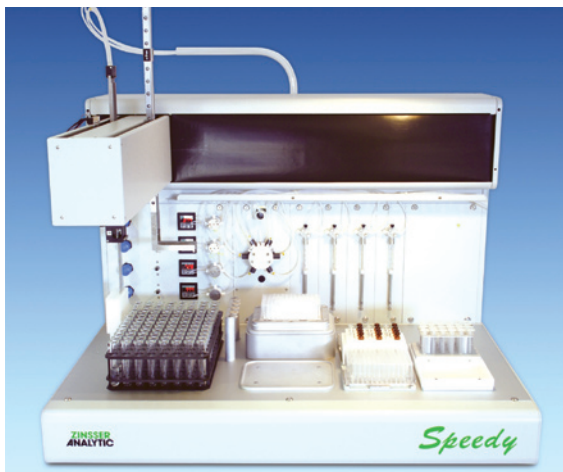
Zinsser Analytic GmbH

60489 Frankfurt

Tel +49 (0)69 789 106 0

Fax +49 (0)69 789 106 80

[www.zinsser-analytic.com](http://www.zinsser-analytic.com)



## Aufspüren und Messen von Sauerstoff

Ocean Optics, der Spezialist für Miniatur-Photonik, hat eine Sauerstoffoptode auf den Markt gebracht, mit der sich die Sauerstoffmenge in Verpackungen und anderen geschlossenen Behältern exakt messen lässt. Beim nichtinvasiven RedEye Patch kommt eine Kombination aus proprietären Sensoren und optischen Sensortechniken zum Einsatz, dank der die An- oder Abwesenheit von Sauerstoff quantitativ messbar ist.

Im medizinischen und pharmazeutischen Bereich (Patientenpflege, Respiration, sterile Verpackung chirurgischer Instrumente und Arzneimittelverpackungen) kann der genauen Messung der Sauerstoffkonzentration eine hohe Bedeutung zukommen.

Der selbstklebende RedEye Patch ist in die Oberfläche von Probenbehältern wie Blutbeutel, Blisterpackungen für Tabletten und in klinische Analysegeräte wie Einmalzubehör für Respiratoren integrierbar, um Messungen der Sauerstoffkonzentration durch die Verpackung zu ermöglichen. Die nanoporöse Sol-Gel-Beschichtung ist nicht reaktiv und sorgt dafür, dass der Sensor unbeweglich bleibt und so vor dem Inhalt der Verpackung geschützt ist. Die Anwesenheit von Sauerstoff kann visuell durch Farbänderung mittels

einer tragbaren LED festgestellt werden oder es kann zur direkten Messung der genauen Sauerstoffmenge ein Fluorometer verwendet werden.

RedEye Beschichtungen sind in der Lage, geringe Sauerstoffmengen in Gasen (bis 0,005 %) und in Flüssigkeiten gelösten Sauerstoff (bis 20 ppb) sowie die höheren Sauerstoffmengen in Zellkulturen und Respiratoren zu überwachen. Auch für Lebensmittel-, Getränke-, Kraftstoff- und andere kohlenwasserstoffbasierte Produktanwendungen sind die Beschichtungen erhältlich.

Die Patches werden nach den vom

Kunden spezifizierten Größenvorgaben mit einer von drei Beschichtungsformeln hergestellt. Der RedEye kann zur laufenden Überwachung in Verpackungen integriert oder extern für den Einsatz im Anschluss an die Produktion und für Forschungs- und Entwicklungszwecke genutzt werden.

Ocean Optics B.V.

6921 EW Duiven, The Netherlands

Tel +31 (0)26 319 05 00

Fax +31 (0)26 319 05 05

[www.oceanoptics.eu](http://www.oceanoptics.eu)





# Bezugsquellenverzeichnis

## ANALYSEN

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

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

## ARBEITSSCHUTZARTIKEL



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

## CHEMIKALIEN



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

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

## DEUTERIUMLAMPEN



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

## DICHTUNGSSCHEIBEN AUS GUMMI MIT AUFVULKANISierter PTFE-FOLIE

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

## FTIR-SPEKTROMETER-ZUBEHÖR



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

## GEFRIERTROCKNER

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

## GEFRIERTROCKNUNGSANLAGEN



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

## HOHLKATHODENLAMPEN



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

## KÜHL- UND TIEFKÜHLGERÄTE



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

## KÜVETTEN

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

## LABORCHEMIKALIEN



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

## LABOREINRICHTUNGEN



Köttermann  
Systemlabor

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

## LABOREINRICHTUNGEN

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

## LABORHILFSMITTEL



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

## LABOR-SCHLÄUCHE UND -STOPFEN AUS GUMMI

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

## LABORZENTRIFUGEN, KÜHLZENTRIFUGEN



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



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

## LEITFÄHIGKEITS-MESSGERÄTE



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

## MIKROSKOPE



Labor- und Routine-  
Mikroskope  
Stereolupen und  
Stereomikroskope

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

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

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

## OPTISCHE TAUCHSONDEN

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

## PARTIKELANALYSE



☎ 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>

## CLB-Geschichte

Was im Jahre 1958 doch wirtschaftlich wichtig war: Atomforschung, Uran in Deutschland, Kohle zu teuer... Nach wie vor wichtig die Chemie: Nach Angaben des VCI betrug der Weltchemieumsatz im Jahre 2006 2,179 Billionen Euro. Deutschland hatte daran mit 162,2 Milliarden Euro einen Anteil von 7,4 Prozent. Vor 50 Jahren betrug der Weltchemieumsatz 265 Milliarden Mark.

437

### Chemiewirtschaft

**Die Ausgaben der Bundesrepublik für die Atomforschung** sind 1958 mit 189,6 Mill. DM beträchtlich höher als 1957. Der Etat des Atomministeriums allein ist mit 141,531 Mill. DM um 58 Mill. DM größer. Erhöht haben sich besonders die Beträge, die als Zuschüsse für den Ausbau wissenschaftlicher Institute vorgesehen sind, für den wissenschaftlichen Nachwuchs und für den Bau von Versuchsreaktoren. 6 Mill. DM sollen Arbeitsgemeinschaften an höheren Schulen erhalten, die sich mit Kernphysik, Kernchemie und Kerntechnik beschäftigen. Fast 44 Mill. DM entfallen auf die Beiträge an die europäischen Atom-Organisationen: Euratom, Eurochemie und Europäische Kernagentur der OEEC.

Vom gesamten Etat der Bundesrepublik in Höhe von 39,2 Mrd. DM entfallen 0,5% auf die Mittel für die Atomforschung. (Die Atomwirtschaft 3, 141 [1958].)

**Die Weltproduktion an chemischen Waren** berechnet die *Badische Anilin- & Soda-Fabrik AG*, Ludwigshafen/Rh., für 1957 mit 265,44 Mrd. DM um 6,4% höher als für 1956. Seit 1952 hat sie um über 35% zugenommen.

Von der gesamten Produktion 1957 entfielen 44% auf die USA, 13% auf die Sowjet-Union, 7,3% auf Großbritannien und 6,5% auf die Bundesrepublik. Der Anteil der USA an der Welt-Chemieproduktion ist seit 1952 um 5,5% zurückgegangen; derjenige Japans (1,5%), Großbritanniens (1,3%), der Bundesrepublik (1,2%) und der Sowjet-Union (0,1%) leicht gestiegen.

Immer noch übertrifft die jährliche Zuwachsrate der chemischen Industrie in den wichtigen Industrieländern beträchtlich diejenige der verarbeitenden Industrie. Die Bundesrepublik stand hier 1957

an zweiter Stelle mit einer Zuwachsrate von 11,3% hinter Japan (18%) und vor Frankreich (6,3%), Kanada (3,5%) und Italien (3,4%). Die chemische Industrie der USA erzielte 1957 nur eine Produktionszunahme von 2,5%. (Geschäftsber. BASF 1957.)

**Die Forschungsarbeit auf dem Gebiet der Aminosäuren intensiviert** hat 1957 die *Degussa*. Es gelang ihr, mehrere technische Syntheseverfahren zu entwickeln, so vor allem für DL-Homocystein-thiolacton-chlorhydrat, Acetyl-homocystein-thiolacton und Methylmethionin-sulfoniumchlorid. Die erste Substanz (HCT) hat sich bereits in der Therapie gewisser Leberaffektionen bewährt; sie könnte außerdem, neben anderen schwefelhaltigen Aminosäuren, für die Strahlenschutztherapie interessant werden.

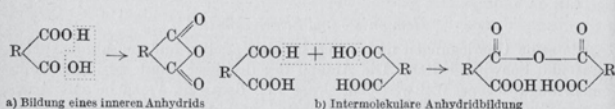
Die Mikrobiologie verwendet in wachsendem Maße DL-Serin und L-Glutamin als Komponenten von Nährböden. — Da vor allem die L-Form gewisser Aminosäuren interessant ist, widmet sich die *Degussa*-Forschung jetzt besonders der Racemat-Trennung. (Mitt. *Degussa*.)

**Kohle als Chemierohstoff in der Bundesrepublik zu teuer.** Sowohl die *Badische Anilin- & Soda-Fabrik AG*, Ludwigshafen am Rhein, als auch die *Knapsack-Griesheim AG*, kündigten an, daß sie wegen des starken Preisanstiegs für Steinkohle auf petrochemische Ausgangsstoffe übergehen wollen. Die BASF hat bereits damit begonnen, erhebliche Teile ihrer Synthesegaszerzeugung für Ammoniak umzustellen. Der hohe Kohlepreis beeinträchtigte das Düngemittelgeschäft. (Geschäftsber. 1957.)

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



woman sich 1928 entschlossen hatte, umfangreichere Grundlagenforschung zu betreiben. Er, der damals schon als glänzender organischer Chemiker bekannt war, war mit diesen Forschungen betraut worden. Mit lebhaftem Interesse hatte er die Arbeiten des Begründers der makromolekularen Chemie, des späteren Nobelpreisträgers Prof. Hermann Staudinger, verfolgt. Ihn fesselte besonders jene Art der Bildung von Makromolekülen, die *Baekeland* gefunden hatte: die Verknüpfung kleiner Ausgangsbausteine durch regelrechte Umsetzung unter Abspaltung von Wasser u. dgl. zu Großmolekülen, die Polykondensation. In der von *Baekeland* entwickelten Technik führte diese Umsetzung zu unschmelzbaren und unlöslichen Produkten, die ihrem Bau nach unübersichtliche, dreidimensional „vernetzte“ Strukturen waren. Wollte man hinter die Kulissen dieser schwierigen Kondensationsreaktion blicken, so mußte man, das war *Carothers'* Ansicht, von klar überschaubaren Substanzen ausgehen.



Solche Substanzen waren beispielsweise Dicarbonsäuren, die am Anfang und am Ende ihrer Kette Carboxylgruppen tragen, daher nur unter Anhydridbildung miteinander reagieren können. Die Frage, die sich *Carothers* stellte, war: Bildet eine solche Molekel lieber ein inneres Anhydrid oder reagieren mehrere Molekel miteinander unter Bildung eines langkettigen „Polyanhydrids“? *Carothers* und seine Mitarbeiter bauten eine große Anzahl von Dicarbonsäuren auf, und sie fanden, daß sich „innere“ Anhydride besonders dann bilden, wenn dabei Ringe mit fünf bis sieben Gliedern entstehen, d. h. wenn die Ausgangsdicarbonsäure fünf oder sechs Kohlenstoffatome hat. Bei kleineren Ketten sind offenbar die Spannungen für die Bildung von Ringen zu groß; längere wiederum, etwa mit 10 oder mehr C-Atomen, bilden nur schwierig Ringe, weil offenbar mit der Länge der Dicarbonsäure die Wahrscheinlichkeit einer für den Ringeschluß günstigen Position der „Kopf-Schwanz-Teile“ schwindet.

*Carothers* stellte schon an diesen Polyanhydriden fest, daß sich aus ihren Schmelzen Fäden ziehen lassen. Daß diese Fäden praktisch bedeutungslos sein würden, stand von vornherein fest; denn die „Superpolyanhydride“, wie man sie nannte, wurden schon durch geringfügige chemische Einwirkungen zersetzt. *Carothers* baute dann nach dem gleichen Schema Polyester aus Dicarbonsäuren und Glykolen auf. Auch diese „Superpolyester“ waren fadenziehend, die Fäden ließen sich kalt verstrecken und wurden dabei recht fest. Aber auch sie kamen für praktische Zwecke nicht in Betracht: sie schmelzen relativ niedrig und sind gegen Einwirkungen, die die Esterbindung spalten, sehr empfindlich. Erst der

Die „gute“ Theorie wäre also in diesem Falle um ein Haar der weiteren Entwicklung schädlich geworden.

#### Der Weg zum Erfolg

*Schlack* ging zunächst daran, reines Ausgangsmaterial zu gewinnen, denn er wußte: dies war die Voraussetzung für jeden möglichen Erfolg. Er verwandelte die leicht wasserlösliche Aminosäure in eine ätherlösliche Verbindung, das Urethan. Dieses gab beim Erhitzen ein Polyamid, das aus der Schmelze zu guten Fäden verspinnbar war. Das war ein Erfolg, aber es war nicht die technische Lösung des Problems; denn immer entstand als Nebenprodukt eine mehr oder minder große Menge an Caprolactam. Bis zu 40 Prozent des Urethans wurden in den Ausgangsstoff zurückverwandelt.

Eine scheinbar nebensächliche Beobachtung gab schließlich den Ausschlag. *Schlack* hatte um die Jahreswende 1937/38 beobachtet, daß die Menge des rückgebildeten Lactams je nach den Versuchsbedingungen verschieden war. Sollte es, so fragte er sich, eine wechselseitige Umwandlung von Lactam in Polyamid geben? Sollte es vielleicht doch möglich sein, den Lactamingang zu veranlassen, sich zu öffnen und sich mit Nachbarmolekülen zu langkettigen Polyamiden aneinanderzuschließen? Wie könnte man eine solche Ring-Ketten-Umwandlung auslösen? Die Versuche, die angestellt wurden, um eine Antwort auf diese Frage zu finden, brachten den Erfolg. Sie brachten den eingangs erwähnten Versuch im Bombenrohr, bei dem *Schlack* das salzsaure Salz der Aminoacaprinsäure mit ganz geringen Mengen eines Katalysators über Nacht erhitzt und dann am folgenden Tag jenes zäh-elastische Produkt erhalten hatte, das den Weg für die weitere Entwicklung vorzeichnete.

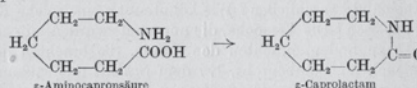
#### „Wir hatten viel Glück“

„Wir hatten viel Glück bei allen diesen Arbeiten“, hat Dr. *Schlack* einmal gesagt. „Wir hatten das Glück, im Caprolactam einen in der Technik zwar noch unbekannt, jedoch leicht zugänglichen Rohstoff für die Faser zu finden, der sich besonders einfach, nämlich durch Destillation, reinigen läßt. Wir hatten insofern Glück, als das Polymerisat, das Polycaprolactam, im Gegensatz zum Nylon, auch bei längerem Erhitzen keine Zersetzung erfährt, so daß man es sogar in kontinuierlicher Arbeitsweise in einfachen Apparaturen zum Polyamid polymerisieren kann. Und wir hatten das Glück, damals in der IG weitsehende Männer an der Spitze zu haben, die schon den ersten Versuchsproben ansahen, daß hier etwas ungewöhnlich Erfolgversprechendes gefunden war, und die daher die Arbeiten so nachdrücklich förderten, daß wir bereits ein halbes Jahr nach jenem denkwürdigen 29. Januar die ersten Perlon-Strümpfe in Händen hatten und schon ein Jahr später die erste kleine Produktion von Perlon-Draht im Werk Berlin-Lichtenberg in Gang kam. Das war eine sehr kurze Zeitspanne, wenn man bedenkt, daß die gesamte Technik, nicht nur das

Übergang von der Esterbindung zur Amidbindung führte zu einem durchgreifenden Erfolg: die „Superpolyamide“ zeigten eine ungleich höhere Festigkeit, und sie waren auch praktisch beständig gegen chemische Einwirkungen. Mit diesen Produkten, die sich später in Amerika als Nylon den Textilmarkt eroberten, war der Durchbruch zu neuen Faserstoffen gelungen.

#### Der Schaden einer guten Theorie

Als die *Carothers'* Arbeiten und Patente in Europa bekannt wurden, wirkten sie keineswegs alarmierend. Weder in England noch in Frankreich oder Italien lösten sie bei der chemischen Industrie eine Wirkung aus, und ebenso passiv verhielt sich die Textilindustrie. In Deutschland war der Boden durch die früheren Forschungen besser vorbereitet. Man horchte auf. Offenbar war es durch eine relativ einfache Synthese also doch möglich, Polyamide zu erhalten, die im Aufbau den Eiweiß-Stoffen ähnlich waren und solche Molekelgrößen hatten, daß man sie zu Fäden mit proteinfaserähnlichen Eigenschaften verformen konnte. Und es schien auch Aussicht zu bestehen, die sehr hohen Kosten dieser Fasern durch neue, bis dahin unbekannt Qualitäten einigermaßen kompensieren zu können.



Diese Erkenntnisse gaben den Ausschlag, an verschiedenen Stellen bei der damaligen IG die Versuche wiederaufzunehmen, durch Polykondensation zu einem synthetischen Faserrohstoff zu gelangen, der nun nicht nur Cellulose-Spinnlösungen zugesetzt werden, sondern auch eine selbständige synthetische Faser abgeben sollte. *Schlack* wandte sich wieder der  $\epsilon$ -Aminoacaprinsäure zu, für deren Bevorzugung die Rohstoffbasis Phenol ausschlaggebend war. In Amerika hatte man versucht, aus dieser Verbindung ein spinnbares Superpolyamid zu erhalten, aber die Experimente waren erfolglos geblieben: es gelang nicht, das Lactam (Caprolactam) in ein langkettiges Polyamid umzuwandeln, und das stand durchaus im Einklang mit einer von *Carothers* entwickelten Theorie, wonach die Entstehung längerer Polyamidketten nicht zu erwarten sei, wenn eine grundsätzlich zu einer solchen Kettenbildung durch Kondensationsreaktion geeignete Verbindung einen sechs- oder siebengliedrigen Ring bilden könne.

„Für uns war es besonders vorteilhaft“, sagte Dr. *Schlack* einmal, „daß wir von der *Carothers'* Theorie und den amerikanischen Mißerfolgen bei dem Versuch, Caprolactam zu polymerisieren, nichts wußten. Sonst hätte ich mich vielleicht durch die Autorität des amerikanischen Forschers davon abhalten lassen, die Versuche mit Caprolactam wieder aufzunehmen.“

Verfahren zur Gewinnung von Caprolactam, sondern auch die Spinnmethode, erst noch ausgearbeitet werden mußte.“

Im zweiten Weltkrieg wurden an mehreren Stellen endlose Fäden, Stapelfaser für die Woll- und Baumwollspinnerei, ferner Drähte und Borsten aus dem neuen Material hergestellt. Aber die Erzeugnisse gingen so gut wie restlos in die Rüstungsindustrie. In den 5 Kriegsjahren wurde dann rastlos weiterentwickelt, jedoch blieb den Mühen der Lohn versagt: die entstandenen und noch im Aufbau begriffenen Produktionsstätten gingen verloren oder wurden demontiert, die Mitarbeiter zerstreuten sich, manche fanden den Tod oder blieben verschollen. *Schlack* fand sich in dem früher der IG gehörenden Kunstseidenwerk Bobingen bei Augsburg ein und stellte dort bereits 1946 wieder Drähte aus Perlon her. Aber erst 1949 entstand eine erste neue Versuchsanlage für endlose Fäden und Stapelfasern, und 1950 lief, etwa gleichzeitig mit einer Anlage der *Vereinigten Glanzstoff-Fabriken* in Oberbruch, die erste Nachkriegsanlage für Polycaprolactam-Fasern in Bobingen an.

#### Woher der Name Perlon?

Der Name  $\text{®}$ Perlon, der heute geschütztes Warenzeichen des *Perlon-Warenzeichenverbandes e.V.* ist, hat eine merkwürdige Herkunft. In der Zeit vor dem 2. Weltkrieg gab man vielen chemischen Produkten Decknamen. Beispielsweise wurde das Cyclohexanon, der Rohstoff für Caprolactam, den man aus Ludwigs-hafen bezog, nach seinem Herkunftsort und der Zahl seiner Kohlenstoffatome als „Lu 600“ bezeichnet, wobei die beiden Nullen sozusagen zur Verzierung angehängt waren. Das Hydroxylamin, das von der Firma *Raschig* in Ludwigs-hafen geliefert wurde, hieß „Raschig-Salz“ oder abgekürzt RA-Salz. Aus beiden Bezeichnungen ergab sich für das Lactam die Bezeichnung Luran. Zur Andeutung der Polymerisation wurde die Silbe „per“ vorgesetzt. So ergab sich für den fertigen Faserrohstoff der Name Perluran. Das war für einen Handelsnamen zu lang. Man dachte daran, es zu Perlan zu verkürzen. Das wiederum erinnerte zu sehr an „lana“ (Wolle). Darum formte man die Endsilbe zu „lon“ um.

**Erläuterung zum Titelbild:** Arbeiten mit Glasgeräten im halbtchnischen Maßstab. – Zu den eindrucksvollsten Entwicklungen, die auf der Achema zu beobachten waren, gehört das Vordringen des Werkstoffes Glas in Bereiche, die man vor nicht allzu langer Zeit für fast ungeeignet gehalten hätte. Wegen des sehr geringen Ausdehnungskoeffizienten moderner Gläser kann man Wanddicken verwenden, die gestatten, auch große Glasgefäße fast unzerbrechlich und trotzdem noch heißbar herzustellen. Da das Glas als Werkstoff vor den Metallen viele Vorzüge besitzt, nicht zuletzt seine hohe Beständigkeit gegen korrodierende Agentien, geht man immer mehr dazu über, auch Umsetzungen in größerem Stil in großdimensionierten Glasgefäßen vorzunehmen.

Natürlich muß man auf die Eigenart des Glases Rücksicht nehmen. So sehen wir in dem Bilde, daß die Kolben mit Drahtnetz umwickelt worden sind. Sie werden evakuiert, und man muß bei einem immerhin möglichen Zusammenrücken des Kolbens (Implosion!) unter der Last des Luftdruckes eine Gefährdung der Arbeitenden durch Glassplitter vermeiden. Der junge Laborant trägt daher auch eine Schutzbrille, eine Maßnahme, die sich im Labor nicht nur bei gefährlichen Arbeiten, sondern grundsätzlich immer empfiehlt. (Foto: Farbwerke Hoechst A.G.)



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

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

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