

# CLB

*Chemie in Labor und Biotechnik*

Analytik

Biotechnik

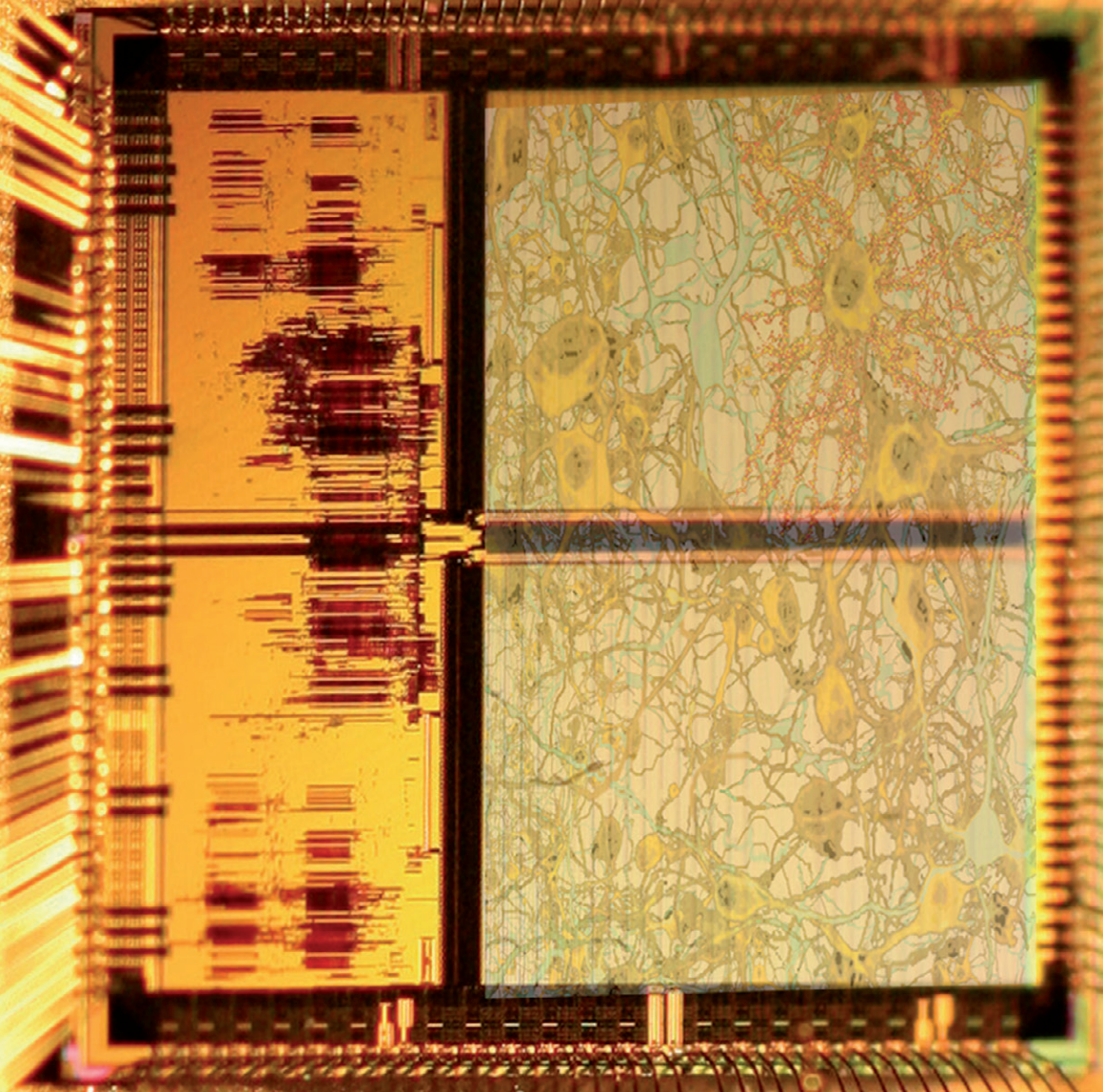
Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung



- Neuromorphic engineering
- Natürliche und künstliche Rauschmittel
- Wassermuseum Aquarius
- Molekularstrahlepitaxie

# Gesicherte Analyseergebnisse durch kontrollierte Bedingungen



## Bestell-Coupon

Bestellungen bitte an den Buchhandel  
oder per E-Mail: [ESV@ESVmedien.de](mailto:ESV@ESVmedien.de)

Fax-Nr. 030/25 00 85-275

Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG  
Genthiner Straße 30 G · 10785 Berlin

Herausgegeben von der  
Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)

### AQS-Merkblätter

für die Wasser-, Abwasser-  
und Schlammuntersuchung

*Ergänzbare Sammlung von Merkblättern  
zu den AQS-Rahmenempfehlungen der Bund/  
Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)*

Loseblattwerk, 514 Seiten, EUR (D) 76,- (inkl. 7% USt.  
und zzgl. Versandkosten), ca. 1 Ergänzungslieferung  
pro Jahr (Ergänzungen sind bis auf Widerruf zuzu-  
senden). ISBN 978 3 503 03197 9

Firma/Institution

Vorname/Name/Kd.-Nr.

Funktion

Straße/Postfach

PLZ/Ort

Fax

Der Erich Schmidt Verlag darf mich zu Werbezwecken  
per Fax über Angebote informieren: Ja  Nein

E-Mail

Der Erich Schmidt Verlag darf mich zu Werbezwecken  
per E-Mail über Angebote informieren: Ja  Nein

Datum/Unterschrift

1101

**Widerrufsrecht:** Bestellungen zu Loseblattwerken können innerhalb von zwei Wochen nach Erhalt der Ware bei Ihrer Buchhandlung oder beim Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG, Genthiner Str. 30 G, 10785 Berlin, Fax 030/25 00 85-275, E-Mail: [Vertrieb@ESVmedien.de](mailto:Vertrieb@ESVmedien.de) schriftlich widerrufen werden (rechtzeitige Absendung genügt).

Wir erheben und verarbeiten Ihre Daten lediglich zur Durchführung des Vertrages, zur Pflege der laufenden Kundenbeziehung und um Sie über unsere Angebote und Preise zu informieren. Sie können der Verwendung Ihrer Daten für Werbezwecke jederzeit widersprechen. Bitte senden Sie uns in diesem Fall Ihren Widerspruch schriftlich per Post, per Fax oder per E-Mail an [Service@ESVmedien.de](mailto:Service@ESVmedien.de).

Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG · Sitz: Berlin · Persönlich haftende  
Gesellschafterin: ESV Verlagsführung GmbH · Amtsgericht: Berlin-  
Charlottenburg · 93 HRB 27 197 · Geschäftsführer: Dr. Joachim Schmidt



Die Wasseranalytik erfordert eine qualifizierte ANALYTISCHE QUALITÄTSSICHERUNG (AQS), die auf einer einheitlichen Grundlage durchzuführen ist.

Die hierfür erforderlichen Informationen und Arbeitshilfen finden Sie in dieser bewährten Sammlung von Merkblättern zu den AQS-Rahmenempfehlungen.

### AQS-Merkblätter bedeuten konkrete Arbeitshilfen:

- Sachkundige Informationen für die im Labor tätigen Praktiker und für alle, die sich auf dem Gebiet des Gewässerschutzes mit Fragen der Analysenqualität befassen
- Antworten auf wichtige Fragen zur analytischen Qualitätssicherung und zur statistischen Qualitätskontrolle
- umfangreiche analytentechnische Informationen zu Normen zur Verbesserung der Ergebnisqualität
- Empfehlungen und Leitlinien aus der Hand der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).

Weitere Informationen unter [www.ESV.info](http://www.ESV.info) / 978 3 503 03197 9

ESV

ERICH SCHMIDT VERLAG

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

warum stand in CLB 02-1951 ein großer Artikel über „Probleme der Quantenphysik“, in CLB 01-1952 über „Das Atom als Energiequelle“, in CLB 02-1964 über „Elektronenrechner konstruiert Wärmeaustauscher“, und in CLB 09-1986 über „Grundlagen der Elektronenmikroskopie“? Nun, aus demselben Grund, warum ich in dieser CLB den Artikel über „Neuromorphic engineering“ geschrieben habe: Ein Hauptkonzept dieser Zeitschrift besteht darin, Übersichtsbeiträge über alle mit Chemie und den Lebenswissenschaften assoziierten Themen zu bieten, von denen die Redaktion annimmt, dass sie grundlegend sind oder aktuell bzw. in Zukunft von besonderer Bedeutung sein werden.



Auf den Artikel über Neuromorphic engineering und den darin beschriebenen Memristoren trifft beides zu. Oder wussten Sie bereits, dass Memristoren das vierte elektrische Basis-Bauelement ist, neben Widerstand, Kondensator und Spule? Und das ist ja wohl sehr grundlegend. Zudem ruhen auf diesen Elementen Hoffnungen energiearmer, extrem packungsdichter, fehlertoleranter Computerhardware, die dazu dienen soll, das Gehirn zu simulieren. Wenn das nicht von Bedeutung ist, für die Wissenschaft, den Alltag, die Ethik...

Die gesamte Forschung an Hirnsimulationen ist derzeit so spannend, interdisziplinär (1991 Nobelpreis für Bert Sakmann und die Patch Clamp-Technik) und andererseits teilweise mit unnötig Angst machenden bzw. übertriebenen Aussagen versetzt, dass ich aus meiner langjährigen journalistischen Erfahrung über dieses und angrenzende Themen heraus diesen Artikel verfasst habe. Ich wünsche mir, Sie sind nach dem Lesen gleichermaßen fasziniert, finden aber auch eine distanzierte, abgewogene Einstellung zu den angesprochenen Themen.

In den nächsten Tagen werden ja wieder die Nobelpreise dieses Jahres bekannt gegeben. Ich könnte mir sogar vorstellen, dass Leon Chua mit dem Physik-Nobelpreis bedacht wird. Er ist zwar Ingenieur, aber die theo-

retische Beschreibung des Memristors hat eben etwas physikalisch Grundlegendes, dessen Machbarkeit nun erst möglich ist. Seine möglichen künftigen Anwendungen und Auswirkungen werfen aber schon helle Strahlen in die Gegenwart. Ich habe den Verdacht, dass damit eine Erfolgsgeschichte wie einst die des Lasers eingeläutet wird. Mit einer anderen Arbeit hat mich Chua übrigens schon 1993 fasziniert (siehe den Artikel der „Chemischen Rundschau“ vom 7. Januar 1994 auf Seite 450).

Um das Nobelpreisraten zu vervollständigen: In der Physik ist ein anderer Kandidat sicherlich Anton Zeilinger mit seinen grundlegenden Arbeiten zur Verschränkung von Quantenteilchen. Bei Chemikern und Medizinern ist es aufgrund des weniger fundamentalen Charakters der meisten Arbeiten schwieriger, ein Thema oder einen Kandidaten zu finden. In der Medizin denke ich am ehesten an Arbeiten zu springenden Genen, RNA-Editing und Epigenetik, wie es die CLB in diesem Jahr in den Ausgaben vom April und Mai beschrieben hat. In der Chemie tippe ich auf Arbeiten zu katalytischen Vorgängen, deren Bedeutung sowohl für die Energieeffizienz wie auch die Stoffnutzung und Abfallvermeidung kaum genug betont werden kann. Nun, wenn die nächste CLB erscheint wissen wir mehr ;-)

Zumindest hoffe ich, dass alle Beteiligten an bestimmten Arbeiten gleichermaßen geehrt werden. Wie jetzt aufgefundene Briefe zementieren: Ohne die Forschung der Engländerin Rosalind Franklin wäre die Struktur der DNS wohl kaum entschlüsselt worden...

Ihr

# INHALT

## Aufsätze

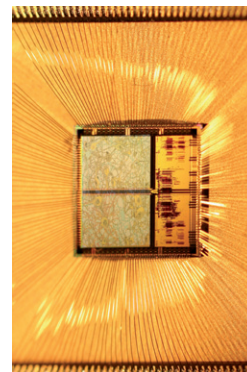
Im Rausch der Drogen Natürliche und künstliche Rauschmittel _____	432
Neuromorphic engineering: Bottom up- statt top down-Forschung Ansätze zur Simulation eines Gehirns – Memristoren als Hoffnungsträger _____	440
Wasser, Schloss, Multimedia Das Wassermuseum Aquarius in Mülheim-Styrum _____	452

## Rubriken

Editorial _____	425
Impressum _____	427
F & E im Bild _____	427
Unternehmen _____	428
Personalia _____	430
Förderungen / Preise _____	431
Umschau _____	456
Molekularstrahlepitaxie: Säulen statt Schichten abscheiden	
Forschung und Technik _____	458
Der neueste Stand _____	459
Literatur _____	460
Bezugsquellenverzeichnis _____	471

## Erreichen & Erhalten

Von der „Höhensonne“ zur Wasserentkeimung Vor 150 Jahren wurde Erfindergenie Richard Küch geboren _____	462
Defizite in Normung, Bewertung und Regelsetzung BAuA-Tagung zu Arbeitsschutz vor optischer Strahlung _____	463
Ziel: Pilotanlage für industrielle Wiederverwertung Weltweit erstes Recyclingverfahren für Fluorpolymere im Visier _____	464
Strukturformeln werden für Suchmaschinen sichtbar FIZ Chemie übernimmt die Betreuung der Webseite <a href="http://www.InChI-Trust.org">www.InChI-Trust.org</a> _____	465
Bildungsangebot auf höchstem technischen Niveau Bei der Sächsischen Bildungsgesellschaft für Umweltschutz und Chemieberufe Dresden mbH _____	466
Reinheitstauglichkeit von Werkstoffen Ergebnisse von Prüfverfahren in einer Datenbank abrufbar _____	467
Sicherung der Zukunft durch Innovationsfähigkeit Dresden Johannstadt: Traditionsreicher Standort für naturwissenschaftliche berufliche Bildung _____	468
Trotz Bachelor und Master: Die meisten promovieren Statistische Daten zu Chemiestudiengängen in Deutschland 2009 _____	469
Probenahme und Qualität Mehrere richtige Antworten pro Frage sind möglich. _____	470



### Zum Titelbild:

Das Bild steht symbolisch für Neuromorphic engineering. Es ist eine Montage eines biologischen Neuronetzes in die Synapsen-Chipfläche eines Neurochips (siehe dazu den Artikel ab Seite 440 (Abb.: KIP-Meier/TU Graz-IGI).

# Heiße Räder: Plastik statt Alu



Würden Sie dieser Felge aus Leichtbaumaterial Ihr Leben anvertrauen? Wahrscheinlich nicht – zu Unrecht. Tests und Berechnungen zeigen: Faserverstärkte Kunststoffe (FVK) sind sehr schadenstolerant und bei Fahrzeugrädern Aluminium deutlich überlegen. Einen Prototypen einer Leichtbaufelge haben Forscher bereits gefertigt. Die Felge besteht aus SMC-Material (Sheet Moulding Compound). SMC ist ein faserverstärkter Verbundwerkstoff, der hauptsächlich aus anorganischen Bestandteilen besteht. Er wurde bisher nur für Sekundärbauteile im Bereich der Verkleidung von Autos etwa für Motorhauben und Heckklappen oder Türen verwendet. Auf den Prüfständen des Fraunhofer-Instituts für Betriebsfestigkeit (LBF) hat man jetzt aber zum Beispiel simuliert, wie sich die Räder und Achsen eines Autos mit SMC-Felgen auf einer Rüttelstrecke, beim Geradeaus- oder Rückwärtsfahren verhalten, und wie lange die Bauteile das aushalten – mit oben genanntem Ergebnis. Bei mittleren bis hohen Stückzahlen sind die Kunststoffteile zudem kostengünstig zu produzieren (Abb.: Fraunhofer LBF).

## 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, Ratingen  
Prof. Dr. K. Kleinermanns, Düsseldorf,  
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. Christiane Soiné-Stark  
(CS, E-Mail: stark@clb.de).

**Ständige Mitarbeiter:**  
Raymond Blavatt (Grafik) San Diego (USA);  
Dr. Maren Bulmahn, Bensheim;  
Knut Burgdorf, Ried-Brig (CH);  
Prof. Dr. Wolfgang Hasenpusch, Hanau;  
Dr. Mechthild Kässer, Diekholzen;  
Dr. Annette von Kieckebusch-Gück, Liestal (CH);  
Prof. Dr. Röbbbe 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

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

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

CLB erscheint monatlich.  
© 2010 Agentur und Verlag Rubikon  
Rolf Kickuth

**Bezugspreise:**  
CLB Chemie in Labor und Biotechnik  
mit der Beilage „CLB-MEMORY“. Einzelheft – außerhalb des Abonnements – 13,00 Euro, im persönlichen Abonnement jährlich 104,00 Euro zuzüglich Versandkosten; ermäßigter Preis für Schüler, Studenten und Auszubildende (nur gegen Vorlage der Bescheinigung) jährlich 79,45 Euro zuzüglich Versandkosten, inkl. 7% MWSt. Ausland sowie Firmen- bzw. Bibliothekenabonnements auf Anfrage. Bezug durch den Buchhandel und den Verlag. Das Abonnement verlängert sich jeweils um ein weiteres Jahr, falls nicht 8 Wochen vor Ende des Bezugsjahres Kündigung erfolgt.

Erfüllungsort ist Heidelberg. Mitglieder des VBTA, des VCÖ sowie des VDC erhalten 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 Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar.

Für die Rückgabe unverlangt eingesandter Buchbesprechungs-exemplare kann keinerlei Gewähr übernommen werden.

ISSN 0943-6677



## NACHRICHTEN & NOTIZEN

**Bayer Technology Services GmbH** (BTS) übernimmt die Abteilung „Verfahrens- und Anlagensicherheit“ der Currenta (Verfahrens- und Anlagensicherheit) in Leverkusen. Die 53 Experten wurden ab dem 1. Oktober 2010 komplett in die BTS übernommen.

**BASF** baut mit einem neuem Systemhaus in Tianjin das Polyurethan-Netzwerk in China weiter aus. Im ebenfalls chinesischen Nanjing baut der Konzern eine World-scale-Produktion für Wasserbehandlungs- und Papierchemikalien.

**Evonik Industries** hat den Verkauf seines Carbon Black Geschäfts beschlossen. Die Aktivitäten mit insgesamt 1700 Mitarbeitern in zwölf Ländern umfassen einen Umsatz von rund einer Milliarde Euro.

**Purac** investiert in eine neue Produktionsanlage für biomedizinische Polymere (z.B. Polymilchsäure). Die Anlage wird in den USA gebaut; die Investitionskosten betragen 15 Millionen Euro. Zusammen mit Arkema entwickelt Purac Block-Copolymere auf Milchsäurebasis.

**Dionex Corporation** und Merck Millipore schließen einen Vertriebsvertrag für ein Ionenchromatographie-Wasseraufbereitungssystem. Das Wasseraufbereitungssystem Merck Millipore ICW-3000 ist dabei voll integrierbar mit den Dionex Ionenchromatographie-Systemen mit RFIC-EG-Technik.

**Protagen AG**, Dortmund, hat in einer zweiten Finanzierungsrunde 10 Millionen Euro erworben. Damit sollen diagnostische Marker-Proteine entwickelt werden.

**Dow Chemical Company** (Dow) und die Fraunhofer-Gesellschaft wollen künftig noch enger zusammenarbeiten. Die Partner wollen zukünftig schwerpunktmäßig gemeinsame Forschungsprojekte in den Feldern Transport und Logistik, Infrastruktur und Energie, Wohnungsbau und industrielle Hilfsprodukte bearbeiten (Verbund-, Kleb-, Schmier- und Schaumstoffe, Brandschutz- und Isolationsmaterialien).

**CEM** teilt mit, dass seine Patentansprüche für den Mikrowellen-Peptidsyntheseprozess durch das europäische Patentamt zugelassen wurden. Der zugelassene Antrag enthält weitgehende Ansprüche in Bezug auf das Verfahren der Nutzung von Mikrowellenenergie, um zwei entscheidende Schritte bei der Durchführung nahezu aller Peptidsynthesen, Entschützung und Kopplung, in der festen Phase zu beschleunigen. Zudem deckt das Verfahren die Durchführung von Fmoc- und Boc-Chemie ab, den gebräuchlichsten Strategien in der Peptidsynthese.

**Roche** weihte jetzt am Biotechnologie Zentrum Penzberg den „Diagnostics Operations Complex“ (DOC) ein. In dem neuen Gebäude, in das Roche 136 Millionen Euro investierte, werden zukünftig vor allem Produkte für die Immundiagnostik hergestellt. Diese spielen im Zusammenhang mit dem Ansatz der personalisierten Medizin eine wichtige Rolle.

## Zeichen stehen auf Wachstum

### 9 % mehr bei Labor- und Biotechnik

**Nach einem kurzzeitigen, krisenbedingtem Umsatzrückgang von rund acht Prozent in 2009 stehen die Zeichen bei den deutschen Herstellern von Analysen-, Bio- und Labortechnik im laufenden Jahr wieder auf Wachstum. Laut einer aktuellen Umfrage des Fachverbandes „Speltaris“ konnten die Firmen sowohl beim Inlands- als auch beim Auslandsgeschäft im ersten Halbjahr deutliche, zum Teil zweistellige Zuwächse verbuchen.**

Ausgehend von dieser Entwicklung sind die Erwartungen an das Gesamtjahr 2010 entsprechend positiv. Für den Inlandsumsatz wird eine Steigerung um sieben Prozent auf 2,9 Milliarden Euro erwartet. Beim Auslandsumsatz rechnen die Unternehmen sogar mit einem Plus von elf Prozent, was einem Wert von rund

3,3 Milliarden Euro entsprechen würde. Der Gesamtumsatz läge dann zum Jahresende mit 6,2 Milliarden Euro um knapp neun Prozent über dem Vorjahresniveau. Aufgrund der positiven Umsatzentwicklung rechnen die Firmen für das Gesamtjahr 2010 mit einem Beschäftigungsplus von 2,5 Prozent, so dass dann mehr als 35200 Mitarbeiter bei den rund 330 Betrieben beschäftigt wären.

Bei einer Exportquote von knapp 53 Prozent ist Bedeutung des Auslandsgeschäfts für die Firmen unverändert hoch. Positive Impulse mit zweistelligen Wachstumsraten kommen derzeit insbesondere aus Osteuropa, Asien und dem Nahen Osten. Auch das Nordamerika-Geschäft zeigt sich im laufenden Jahr wieder wachstumsstark. Unverändert, aber zumindest stabil zeigen sich dagegen die Exporte nach Westeuropa.

## 18 % Ackerfläche für NaWaRo

### Zuwachs bei Pflanzen für Biogasanlagen

**Nachwachsende Rohstoffe wurden zur Ernte 2010 auf rund 2,15 Millionen Hektar angebaut. Nach Schätzungen der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe dienen rund 18 Prozent der heimischen Ackerfläche oder rund 2,15 Millionen Hektar der Erzeugung von pflanzlichen Rohstoffen für Energieerzeugung und Industrie.**

Den größten Zuwachs gegenüber dem Vorjahr verzeichnete die Produktion von Energiepflanzen für Biogasanlagen, die von 530 000 auf ca. 650 000 Hektar zulegte. Damit sind nachwachsende Rohstoffe auch ein bedeutendes Standbein der deutschen Landwirtschaft.

Die wichtigsten Energiepflanzen sind nach wie vor Raps für Biokraft-

stoffe und Mais, Getreide und Gräser für Biogasanlagen. Auch die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe entwickelt sich erfreulich. Über die letzten fünf Jahre betrug die Steigerungsrate 17 Prozent, von 270 000 Hektar in 2006 auf 317 000 Hektar in diesem Jahr. Anders als bei der energetischen Nutzung, die in starkem Maße auf heimische Rohstoffe setzt, werden bei der stofflichen Nutzung nur rund 40 Prozent der eingesetzten Agrarrohstoffe durch die heimische Landwirtschaft bereit gestellt.

Nach Schätzungen könnten im Jahr 2020 in Deutschland insgesamt zwischen 2,5 und 4 Millionen Hektar für den Anbau nachwachsender Rohstoffe nutzbar sein.

## Merkel bei Merck: Zwei neue Laborgebäude

### 50 Millionen Euro investiert – für OLEDs, LEDs und Flüssigkristalle

**M**erck weihte jetzt ein neues Forschungs- und Entwicklungszentrum in Darmstadt ein. Das Zentrum umfasst zwei sechsgeschossige Gebäude sowie ein Reinraum-Technikum und bietet 340 Mitarbeitern einen Arbeitsplatz. Merck hat in den Gebäudekomplex rund 50 Millionen Euro investiert, die größte Einzelinvestition der Forschung und Entwicklung im Unternehmensbereich Chemie.

Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel und Dr. Karl-Ludwig Kley, Vorsitzender der Geschäftsleitung der Merck KGaA, übergaben das Material Research Center am 23. September seiner Bestimmung.

Auf rund 11 000 Quadratmeter Nutzfläche arbeiten die Mitarbeiter unter anderem an der Forschung und Entwicklung von Flüssigkristallen für Flachbildschirme in Fernsehern und Computermonitoren, von Materialien für organische Leuchtdioden (OLED) sowie von Materialien für Leuchtdioden (LED). Weitere Forschungsgebiete sind Materialien für mobile Energiespeicher sowie mikrobiologische Testverfahren.

Ein Großteil der Mitarbeiter war bislang auf die drei Standorte Darm-

stadt, Frankfurt und Mainz verteilt. In beiden neuen Laborbauten ist ein Geschoss zum späteren Ausbau vorgesehen. Großen Wert wurde auch auf besonders energieeffiziente Gebäudetechnik gelegt: Ein sehr guter Wärme- und Sonnenschutz, Ventilatoren und Pumpen mit einem hohem Wirkungsgrad, reduzierte Luftmengen und Energien in der arbeitsfreien Zeit sowie eine hocheffiziente Wärmerückgewinnung aus der Abluft sorgen dafür, dass der CO<sub>2</sub>-Ausstoß gegenüber Vergleichslaboren um 80 Prozent niedriger liegt.

Im vergangenen Jahr hat Merck laut Kley insgesamt mehr als 1,3 Milliarden Euro für Forschung und Entwicklung ausgegeben (Umsatz 2009 rund 8,9 Milliarden Euro).

Relativiert – und damit noch beeindruckender darstehend – hat die F&E-Ausgaben Dr. Bernd Reckmann, als Mitglied der Geschäftsleitung für



Das neue Material Research Center besteht aus zwei Laborgebäuden mit jeweils sechs Stockwerken sowie einem Reinraum-Technikum (schwarze Fassade; Foto: Merck).

den Unternehmensbereich Chemie zuständig. Gemessen an den Gesamterlösen von 1,9 Milliarden Euro im Unternehmensbereich Chemie im Jahr 2009 läge die Forschungsquote mit 7,3 Prozent über dem Durchschnitt anderer Chemieunternehmen.

## Allweiler sucht seine älteste Pumpe

Die Allweiler AG, Radolfzell, ist der älteste deutsche Hersteller von Pumpen, wird in diesem Jahr 150 Jahre alt. Bis Ende Dezember sucht die Firma seine ältesten drei Pumpen, die noch im Einsatz sind. Die Besitzer erhalten kostenlos eine moderne Pumpe im Austausch. Bitte Foto und kurze Einsatzbeschreibung bis **31. 12. 2010** an [innovation@allweiler.de](mailto:innovation@allweiler.de). Die alten Pumpen kommen in eine Ausstellung. Allweiler gehört zur Colfax Corp., Richmond (USA), deren Umsatz mit rund 2100 Mitarbeitern 2009 525 Millionen Dollar betrug.

Am 1. Oktober 2010 jährte sich das Gründungsdatum der CS-Chromatographie Service GmbH in Langerwehe bei Köln zum **25.** Mal. In diesen 25 Jahren haben die Gesellschafter und Geschäftsführer (Foto v.l.) Günter Dräger, Gerhard Deuster, Alice Büttner, Helmut Römer, zusammen mit derzeit 25 Mitarbeitern die CS zu einem der führenden Chromatographie-Unternehmen entwickelt. In dieser Zeit entwickelte die CS zahlreiche innovative Produkte, wie die Supreme- und INNOPEG-Phasen in der GC oder die Multo-Phasen in der HPLC, welche die Analysen in vielen Labors verbessert und vereinfacht haben. Neueste Produkte aus der eigenen Forschungs- und Entwicklungsabteilung sind die MultoHigh-UHPLC-Säulen für die moderne, schnelle HPLC. Leistungen wie „Liner-Regenerierung“, Silanisierung und Silikonisierung von Vials und anderen Glasprodukten,

sowie die Reinigung von PU-Schaumfiltern für die Gas-Probennahme ermöglichen es den Kunden, sich auf ihr Kerngebiet, die Analytik, zu konzentrieren. Nun freut sich das CS-Team auf die kommenden Herausforderungen.



**CT ATLANTIC AG** Das Schweizer Biotech-Unternehmen CT Atlantic AG entwickelt menschliche, therapeutische Antikörper für die Krebsbehandlung. Jetzt wurde der Mediziner und Pharmazeut **Dr. Thomas Lander** (58) in den Vorstand berufen.

**DSTDG** Die Bekämpfung sexuell übertragbarer Krankheiten (sexual transmitted diseases) ist das Ziel der Deutschen STD-Gesellschaft (DSTDG). Die Gesellschaft hat jetzt den RUB-Dermatologen **Prof. Dr. Norbert H. Brockmeyer**, stellvertretender Direktor der Universitätsklinik Essen für Dermatologie, Venerologie und Allergologie, für vier Jahre zum Vorsitzenden gewählt.

**IPB** Der Chemiker **Prof. Ludger Wessjohann** (49) ist neuer Geschäftsführender Direktor des Leibniz-Institutes für Pflanzenbiochemie (IPB). Der Leiter der Abteilung Natur- und Wirkstoffchemie und Lehrstuhlinhaber für Naturstoffchemie an der Martin-Luther-Universität tritt das Amt in Nachfolge von Prof. Dieter Strack an, der in den Ruhestand geht.

**KIC INNOENERGY** Die europäische Knowledge and Innovation Community (KIC) InnoEnergy hat **Diego Pavia Bardají** (47) zum neuen Chief Executive Officer gewählt. Der Elektrotechnik-Ingenieur Pavia bekleidete jahrelang führende Positionen in der Industrie. Die vom European Institute of Innovation and Technology (EIT) geförderte KIC InnoEnergy verbindet Forschung, Lehre und Innovation, um den Technologietransfer zu beschleunigen und ein nachhaltiges Energiesystem für Europa zu schaffen.

**LANXESS** **Dr. Hubert Fink** (48), derzeit Leiter des Geschäftsbereichs Semi-Crystalline Products (SCP) des Spezialchemie-Konzerns Lanxess in Leverkusen, wird zum Jahreswechsel die Leitung für das Geschäft mit Basischemikalien übernehmen.



Wessjohann



Neumann



Brockmeyer



Fink



Ernst



Friml



Drieß

**LEIBNIZ-GEMEINSCHAFT** Die Juristin **Christiane Neumann**, zuvor Geschäftsführerin der Hertie School of Governance in Berlin und des Helmholtzzentrums für Schwerionenforschung (GSI) in Darmstadt, ist neue Generalsekretärin der Leibniz-Gemeinschaft mit Sitz in Berlin. Sie übernimmt die Nachfolge von Dr. Michael Klein, der Anfang des Jahres als Generalsekretär zu Acatech, der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften wechselte.

## EHRUNGEN

**Prof. Robert Schlögl** (56), Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin und **Prof. Jürgen Lehmann** (70), Universität Bielefeld, erhalten die **Dechema-Plakette in Titan**. Mit dieser Auszeichnung werden besondere Verdienste bei der Verwirklichung der gemeinnützigen Ziele der Dechema gewürdigt. Prof. Dr. Robert Schlögl wird für seine Verdienste um die Katalyse und deren Ansehen in Deutschland und Europa geehrt. Prof. Dr.-Ing. Jürgen Lehmann erhält die Plakette für seine Verdienste um die Zellkulturtechnologie, zu deren Etablierung er entscheidend beigetragen hat. Der Physikochemiker **Prof. Joachim Heitbaum** (70), Bonn, erhält die **Dechema-Medaille** für seine großen Verdienste um die technische Elektrochemie, die er sowohl durch seine Forschungsarbeiten als auch durch seine ehrenamtliche Tätigkeit entscheidend gefördert hat.

Die Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte (GDNÄ) hat **Prof. Joachim Treusch**, Präsident der Jacobs University, die **Lorenz-Oken-Medaille** verliehen. Damit würdigte die älteste deutsche Wissenschaftsvereinigung ihrer Art Treusch als einen „Kommunikator zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit“, der durch vielfältige Aktivitäten maßgeblich zur Verankerung wissenschaftlicher Themen im öffentlichen Bewusstsein beigetragen hat.

Der Physikochemiker **Prof. Dr. Jürgen Wolfrum** (71), Seniorprofessor am Institut für Physikalische Chemie der Universität Heidelberg, ist mit der „**Bernard Lewis Gold Medal**“, der weltweit höchsten Auszeichnung auf dem Gebiet der Verbrennungsforschung, geehrt worden. Gewürdigt werden damit seine wegweisenden Arbeiten der vergangenen 40 Jahre. Neben der Entschlüsselung grundlegender chemischer Phänomene hat Prof. Wolfrum in der anwendungsorientierten Forschung neue Laser-Techniken entwickelt, um Verbrennungsprozesse zu optimieren. Die Medaille wird alle zwei Jahre vom Combustion Institute in Pittsburgh (USA) vergeben.

Die Pflanzengenetikerin **Dr. Isabel Bäurle** vom John-Innes-Centre in Norwich, Großbritannien, ist eine der diesjährigen Preisträgerinnen des „**Sofja Kovalevskaja Preises**“, der von der Alexander-von-Humboldt-Stiftung vergeben wird. Die mit jeweils 1,65 Millionen Euro dotierte Auszeichnung soll jungen Wissenschaftstalenten den Aufbau eigener Forschungsgruppen an deutschen Gasteinrichtungen ermöglichen. Frau Bäurle wird fünf Jahre lang an der Universität Potsdam das Stress-Gedächtnis der Pflanzen erforschen, und der Frage nachgehen, wie Pflanzen ohne Nervensystem ein zelluläres Gedächtnis entwickeln können.

Der Berliner Chemiker **Prof. Dr. Joachim Sauer** (61) erhält die **Liebig-Denk Münze** für seine theoretischen Arbeiten zum Verständnis der Struktur und chemischen Reaktionen an Zeolithen und Übergangsmetalloxidaggregaten. Sowohl Zeolithe als auch Übergangsmetalloxide sind bedeutende industriell eingesetzte Katalysatoren. Seit 1993 ist Sauer C4-Professor für Physikalische und Theoretische Chemie an der Humboldt-Universität. Trotz seiner Partnerschaft mit Bundeskanzlerin Angela Merkel steht für Sauer sein Beruf als Chemiker und Hochschullehrer an erster Stelle.



Anlässlich der Wöhlertagung 2010 in Freiburg, der 15. Vortragstagung für Anorganische Chemie, wurde der **Alfred-Stock-Gedächtnispreis** der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) an **Prof. Dr. Matthias Driß** von der TU Berlin verliehen. Der Preis wird seit 1950 für Experimentalarbeiten auf dem Gebiet der anorganischen Chemie vergeben. Driß wird für seine „Beiträge zur Synthesechemie der molekularen Hauptgruppenchemie, insbesondere der hochreaktiven, aber isolierbaren Silylenverbindungen und zur Koordinationschemie der Übergangsmetallionen und neuartiger nanoskaliger Materialien“ geehrt.

Der Bremer Physiker **Udo Ernst** vom Institut für Theoretische Physik an die Universität Bremen wurde für sein Forschungskonzept und seine wissenschaftliche Leistung mit dem **Bernstein Preis 2010** ausgezeichnet. Ernst befasst sich mit der Frage, wie das Gehirn visuelle Informationen verarbeitet. Zum fünften Mal vergibt das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) den Bernstein Preis für Computational Neuroscience. Dieser ist mit 1,25 Millionen Euro einer der höchstdotierten Forschungspreise für Nachwuchswissenschaftler in Deutschland.

Die Körber-Stiftung überreichte den mit 750 000 Euro dotierten **Körber-Preis** für die Europäische Wissenschaft 2010 an **Prof. Jirí Friml** (37) von der belgischen Universität Gent. Im Mittelpunkt der Forschungen des tschechischen Molekularbiologen und Biochemikers steht das Wachstumshormon Auxin. Dessen Verteilung reguliert, wo bei einer Pflanze oben und unten ist, wie stark sie in welche Richtung wächst und wo welche „Organe“ angelegt werden. Diese Erkenntnisse gelten als Meilenstein zum Verständnis zahlreicher physiologischer Prozesse in der Pflanze. Aber auch für die agrar-wissenschaftliche und medizinische Forschung sind diese Ergebnisse von großer Bedeutung.

## Stipendien und Lehrerfortbildung

Mit einem Gesamtvolumen von rund 200 000 Euro fördert die Bayer Science & Education Foundation 39 engagierte junge Menschen im Bereich der Natur- und Ingenieurwissenschaften, der Medizin, dem Lehramt für naturwissenschaftliche Fächer sowie der nicht-akademischen Lehrberufe. Das „Bayer Fellowship Program“ unterstützt Aufbau- oder Ergänzungsstudiengänge im In- oder Ausland, Praktika, Abschlussarbeiten, Promotionsvorhaben sowie Auslandsprojekte in Ausbildungsberufen. Es umfasst neben den Bayer- und Carl-Duisberg-Stipendien auch die Kurt-Hansen-, die Hermann-Strenger- und die

Schülerstipendien. Als Ergänzung zu den Stipendien im akademischen Bereich werden erstmals Hermann-Strenger-Stipendien zur Unterstützung junger Menschen vergeben, die im Rahmen einer nicht-akademischen Ausbildung erste Berufserfahrung im Ausland sammeln möchten. Weiterhin fördert die Bayer-Stiftung das Kölner Modell, ein Informations- und Fortbildungsprojekt von Lehrkräften für Lehrkräfte an den Chemischen Instituten der Universität zu Köln. Die nächste Bewerbungsrunde startet im **Juni 2011**. Weitere Informationen unter [www.bayer-stiftungen.de](http://www.bayer-stiftungen.de).

## Überbetriebliche Weiterbildung

Auch dieses Jahr wird sich Bodo Hombach, Geschäftsführer der WAZ-Mediengruppe, als Schirmherr für den Deutschen Weiterbildungspreis engagieren und diesen in der Öffentlichkeit repräsentieren. Der vom Haus der Technik in Essen ausgeschriebene Wettbewerb hat sich zum Ziel gesetzt, Menschen mit zukunftsweisenden Ideen für die überbetriebliche Weiterbildung zu fördern und damit dem gesamten Bereich der Weiterbildung zusätzliche Aufmerksamkeit zu verschaffen. Ob Konzepte, Projekte oder wissenschaftliche

Arbeiten, ob Untersuchungen oder Analysen: Im Zentrum des Deutschen Weiterbildungspreis steht alles was geeignet ist, die überbetriebliche Weiterbildung qualitativ weiter zu optimieren. Der Deutsche Weiterbildungspreis ist mit 10 000 Euro dotiert, die prämierte Arbeit wird im Rahmen einer Dokumentation einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt. Bewerbungen können bis zum **20. Oktober 2010** eingereicht werden. Weitere Informationen sowie das Anmeldeformular unter [www.deutscher-weiterbildungspreis.de](http://www.deutscher-weiterbildungspreis.de).

## Hirnforschung

Bereits zum vierten Mal vergibt die Schram-Stiftung Mittel für Forschungsprojekte auf dem Gebiet der Hirnforschung. Die entsprechende Ausschreibung mit Bewerbungsende **15. November 2010** erschien in den jüngsten Ausgaben der Fachzeitschriften Neuroforum und Biospektrum und ist auf der Internetseite der Stiftung [www.schram-stiftung.de](http://www.schram-stiftung.de) hinterlegt. Das Förderprogramm richtet sich bevorzugt an selbständige junge Wissenschaftler, die neue Forschungsthemen aufgreifen und weiterentwickeln wollen. Innovative, teilweise risi-

koreiche Projekte mit neuartigen methodischen Ansätzen werden bevorzugt gefördert. Es sollen bis zu drei Vorhaben auf dem Gebiet der Zellulären und Molekularen Neurobiologie unterstützt werden. Von Interesse sind z.B. Projekte, die sich mit der Regulation intrazellulärer Transportvorgänge in Nervenzellen oder mit neuronalen Genexpressionsmechanismen befassen. Ein Schram-Grant umfasst dabei bis zu 120 000 Euro pro Jahr für nahezu sämtliche Kostenarten eines Forschungsvorhabens und wird üblicherweise für drei Jahre gewährt.

# Im Rausch der Drogen

## Natürliche und künstliche Rauschmittel

Wolfgang Hasenpusch, Universität Siegen

Die Natur hält eine ganze Palette von Rauschmitteln bereit, derer sich die Menschheit im Verlaufe ihrer Geschichte zu bedienen versuchte. Zunächst nicht immer mit Erfolg. Ja, selbst heute ist zweifelhaft, ob Rauschmittel eine Bereicherung oder eher ein teuflisches, zerstörerisches Laster darstellen. Chemisch gesehen stecken hinter den Drogen allerdings interessante chemische Verbindungen, angefangen bei den „Volksdrogen“ Alkohol, Koffein, Theobromin, und Nikotin bis zu den gar nicht mal so kompliziert aufgebauten Alkaloiden des Heroins und der Lysergsäure.

### Im Schatten der Drogen

Die gesellschaftlichen, sozialen und gesundheitlichen Schäden, die von übermäßigem Alkohol- und Tabakkonsum ausgehen, sind bereits enorm.

Mancherorts hat aber auch der Bohnenkaffee-Verbrauch erheblich zugenommen: zum einen durch die verbesserte und automatisierte Art der Zubereitung, zum anderen auch aufgrund der Belastungen und Anspannungen im Berufsleben.

Obwohl das Theobromin im Kakao auch zu den Genussgiften gerechnet wird, reicht es doch bei weitem nicht an die krank machenden Folgen einer Grenzüberschreitung heran, wie sie bei den anderen drei Giften zu befürchten ist.

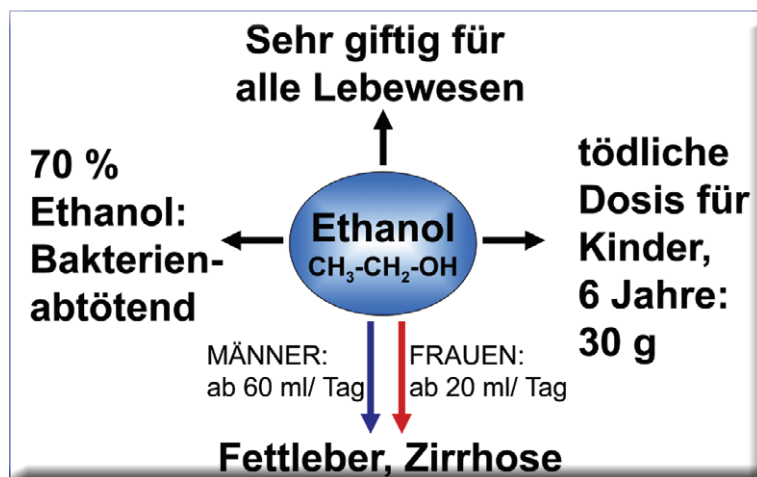
Die sozialen Drogen –  
Alkohol, Nikotin, Coffein und Theobromin

Obwohl der Alkohol bis in unsere täglichen Nahrungsmittel vordringt, was beispielsweise beim Pils zum Abendessen nach schwerer Arbeit, einem Gläschen Wein vor dem Zubettgehen oder einer Champagner-Dublette bei einer Jubiläumsfeier soziale Akzeptanz findet, erlebt der übertriebene oder situativ unangebrachte Genuss, etwa beim Autofahren, seine rechtliche und gesellschaftliche Ächtung.

Nicht jedem Menschen gelingt der maßvolle Alkoholkonsum, dem manche Autoren sogar in geringen Dosen positive, gesundheitsfördernde Eigenschaften zuschreiben:

Das endet aber in den 2,5 Millionen Alkoholabhängigen, von denen etwa zwei Drittel männlich sind, und jährlich 40 000 Toten allein in Deutschland. Im statistischen Mittel sind etwa 5 % der Bundesbürger zu den Alkoholikern zu rechnen. Die Wirkungen des Alkohols sind zwar von vielen Faktoren abhängig, aber neben der Leberschädi-

Abbildung 1: Physiologische Wirkungen des „Alkohols“ (Ethanol).



### 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.



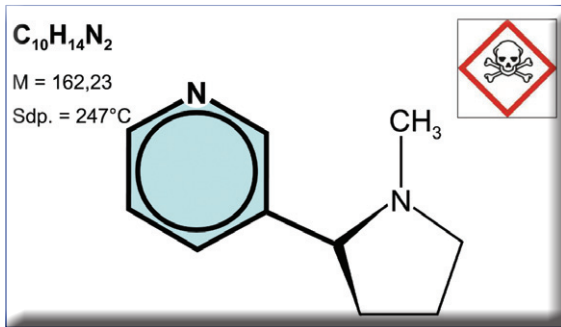


Abbildung 2: Molekülstruktur des Nikotins, 3-(1-Methyl-2-pyrrolidinyl)pyridin.

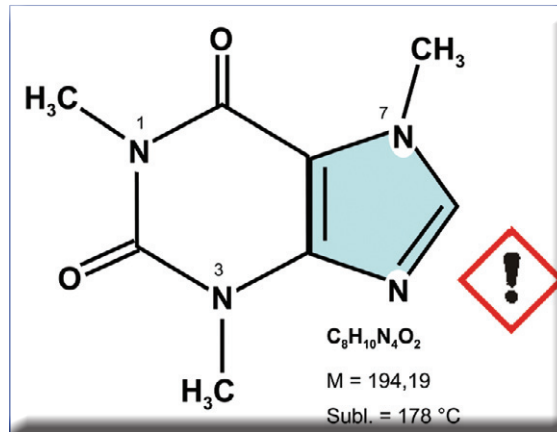


Abbildung 4: Molekülstruktur des Coffeins (Thein, Methyltheobromin 1,3,7-Trimethyl-xanthin).

gung führt sie durch den Gewöhnungseffekt oder Überdosierung auch sehr schnell zum Tod (Abbildung 1).

Aufgrund des leichten Eindringens von Ethanol in den Blutkreislauf von Embryos, hat Alkohol auch fruchtschädigende Wirkungen. Alkoholkonsum von schwangeren Frauen ist eine der häufigsten Ursachen für angeborene Idiotie ihrer Kinder [1].

Nikotin ist als reine Substanz als sehr giftig eingestuft. Die tödliche Dosis für den erwachsenen Menschen wird auf 40 bis 60 mg festgesetzt. Im Tabak kommt das Nikotin in sehr unterschiedlichen Konzentrationen vor: so enthält beispielsweise der

- Virginia-Tabak: 0,05 % Nikotin
- Burley-Tabak: 3-4 % Nikotin
- Machorka-Tabak: bis 7,5 % Nikotin.

Die physiologischen Wirkungen des Nikotins auf den Menschen zielen vor allem auf das Zentralnervensystem: einer anfänglichen Erregung und zugleich beruhigenden Wirkung, die viele zur Zigarette und zur Tabakpfeife greifen lässt, können sich sehr schnell bei ausgedehntem Konsum die Herzfähigkeit abschwächen, Blutdruck anheben, Blutgefäße verengen, Lähmungserscheinungen und Delirium einstellen.

Reines Nikotin riecht pyridinartig und hat einen brennenden kratzigen Geschmack (Abbildung 2).

Nicht vergessen werden darf jedoch, dass in den Verbrennungs-Abgasen des Tabaks noch zahlreiche andere giftige und krebserzeugende Stoffe enthalten sind, wie Phenol- und Benzol-Derivate, Kohlenmonoxid und Formaldehyd.

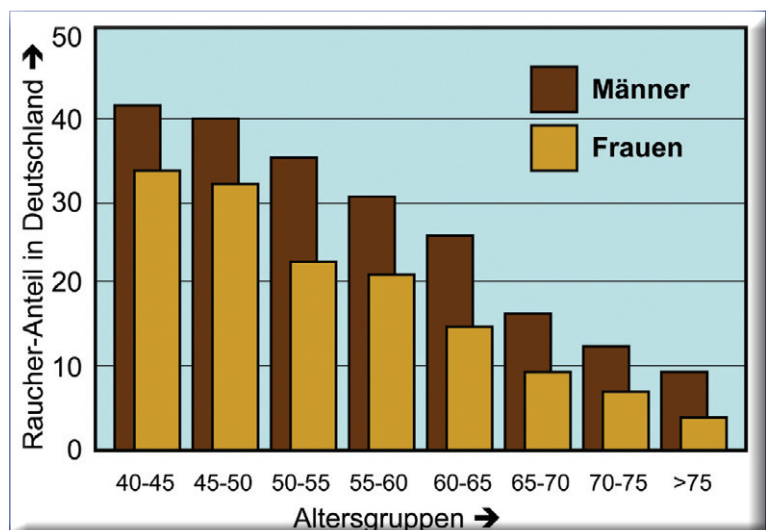
In Deutschland greifen 27 % der über 15-jährigen zur Zigarette, 32% der Männer und 22 % der Frauen. Zu 77 % liegt der Tageskonsum zwischen 5 und 20 Zigaretten. Darüber hinaus – bis zu 40 Zigaretten am Tag – genehmigen sich nur 20 % der Männer und 11 % der Frauen in Deutschland. Nur 3 % der erwachsenen Bundesbürger bevorzugen

Zigarren, Zigarillos oder Pfeife. Besonders häufig rauchen junge Erwerbslose.

Den höchsten Rückgang von Rauchern mit über 25 % zwischen den Jahren 1985 und 2003 verzeichneten die skandinavischen Länder Norwegen und Schweden gemeinsam mit Slowenien. In Deutschland sind es besonders die älteren Menschen, die das Rauchen einstellen (Abbildung 3) Dennoch sterben hierzulande Jahr für Jahr 110 000 bis 140 000 Menschen an den Folgen des Rauchens [2].

Anregend auf das Zentralnervensystem wirkt auch das Coffein. Es ist identisch mit dem Thein des schwarzen Tees und wird auch Methyltheobromin genannt (Abbildung 4). Mäßige Coffeinemengen regen Herzfähigkeit, Stoffwechsel und Atmung an. Die Blutgefäße im Hirn erweitern sich geringfügig, während sie sich in den Eingeweiden verengen. Vorübergehend vertreibt dieser Zustand Müdigkeit, verbessert die Arbeitsleistung und hebt die Stimmung. Menschen mit hohem

Abbildung 3: Raucher-Anteil nach Altersgruppen (Stat. Bundesamt, 2005).



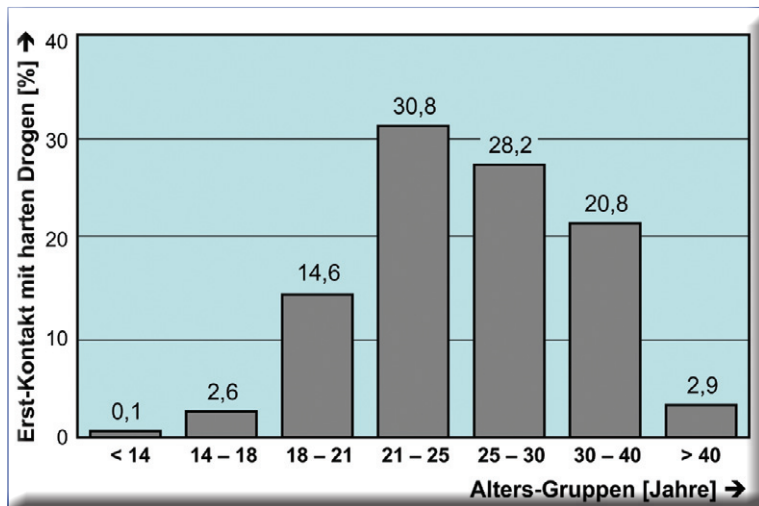


Abbildung 5: Alter des ersten Drogenkonsums.

Blutdruck sollten entcoffeinierten Getränken den Vorzug geben.

Der permanente Genuss größerer Coffein-Mengen durch Kaffee- oder Tee-Trinken kann eine leichte Form der Abhängigkeit erzeugen. Bei Abstinenz stellen sich dann Kopfschmerzen ein.

Ab einem Konsum von etwa 300 mg Coffein verspürt man Hände zittern und Druck in der Herzgend ein. Die tödliche Dosis liegt bei einem erwachsenen Menschen bei etwa 10 g Coffein.

Bekannt ist auch die harntreibende Wirkung nach einigen Tassen Kaffee.

Eine Tasse Kaffee enthält etwa 50 bis 100 mg Coffein, eine Tasse schwarzen Tee um die 20 mg, und in 100 ml Cola-Getränk befinden sich etwa 10 bis 30 mg. Mutagene Wirkung des Coffeins konnte bisher nicht festgestellt werden.

Wie das Coffein zählt auch das strukturell sehr ähnlich aufgebaute Theobromin (3,7-Dimethylxanthin) zu den ältesten Genussgiften der Menschheit. Es handelt sich um einen farblosen, nadeligen, bitter schmeckenden Stoff, der bei 290

°C zu sublimieren beginnt. Als Hauptalkaloid des Kakaos ist es dort mit 1,5 bis 3 Gew.-% vertreten.

Theobromin wirkt harntreibend, gefäßerweiternd und anregend auf den Herzmuskel. Im Vergleich zum strukturähnlichen Coffein sind die Auswirkungen jedoch schwächer. Vor allem fehlt dem Theobromin die entsprechend anregende Wirkung auf das Zentralnervensystem.

#### Die harten tödlichen Drogen und der verbotene Reiz

Harte Drogen sollten es bei aufgeklärten Menschen schwer haben, denn die negativen Folgeerscheinungen, wie Abhängigkeit, psychische und körperliche Angriffe auf Wohlbefinden und Gesundheit und sozialer Abstieg bis hin zur kriminellen Zwanghaftigkeit zur Geld- und Drogenbeschaffung wirken hinreichend abschreckend.

Aber die Realität beschreibt ein anderes Bild des Drogenkonsums: über zwei Millionen Menschen schrecken in unserem Lande nicht vor der Cannabis-Droge zurück, 270 000 lassen sich gar zu den Dauerkonsumenten rechnen. Immerhin sind es mehr als eine viertel Million Menschen, die sich mit harten Drogen volldröhen und in einer permanenten Abhängigkeit von ihnen vegetieren.

Oft sind es gerade die jungen Menschen unter 30 Jahren, die ihre erste Erfahrung mit den harten Drogen machen (Abbildung 5)

Wir kennen in Deutschland 6000 registrierte, zumeist vom Heroin abhängige Drogen-Patienten. Allein hierzulande versorgen sich acht- bis zehntausend Menschen mit harten Rauschmitteln.

Dahinter verbirgt sich eine enorme brutale Schattenwirtschaft, deren Risiko-Verluste, durch Polizei- und Zoll-Kontrollen einen Teil des Schwarzen Marktes zu verlieren, weitaus geringer sind, als vergleichsweise die Steuern ehrlicher Kaufleute.

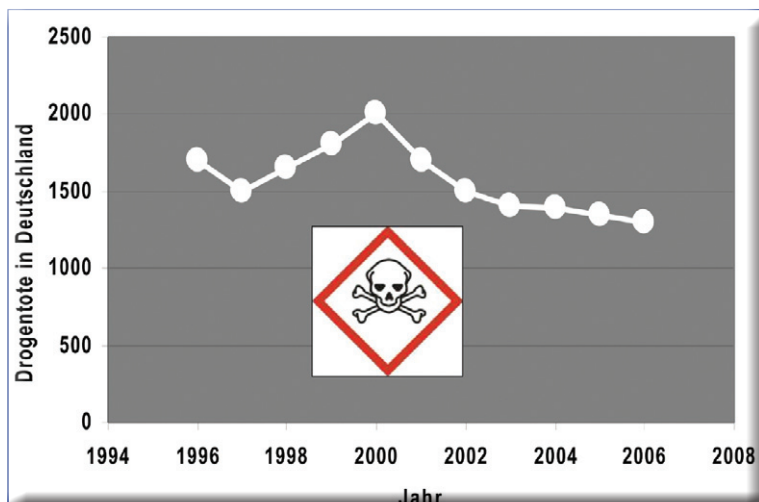
Allein die 8000 Konsumenten harter Drogen in Deutschland, die ihren Suchtbedarf mit einem Gramm Heroin pro Tag decken müssen, fordern einen Jahresbedarf von nahezu drei Tonnen ( $364 \times 8000 \times 1 \text{ g} = 2912 \text{ kg}$ ), entsprechend einem Schwarzmarkt-Wert von 120 Mio. Euro.

Weltweit schätzen Kenner den Drogenmarkt auf ein Volumen zwischen 500 und 1000 Milliarden US-Dollar. Dahinter kann sich selbst der globale Erdöl-Handel verstecken.

Geradezu erschreckend wirkt die Information (Kauert), dass bis zu 20 % aller in Deutschland auffällig gewordenen Kraftfahrer neben Alkohol auch Rausch- und Betäubungsmittel in ihren Blutproben aufweisen.

Die Anzahl der Drogen-Toten bewegte sich lange Jahre um 1500. Erst in letzter Zeit lassen Aufklärungs-Kampagnen und Therapien die Zahl allmählich sinken (Abbildung 6).

Abbildung 6: Drogentote in Deutschland.



### Der Rausch aus der Natur

Schon vor 6000 Jahren sollen die Menschen den euphorisierenden Effekt von Mohnblumen gekannt haben. Die alten Ägypter erforschten systematisch die Wirkung natürlich vorkommender Rauschmittel, und der gezielte Einsatz bewusstseinsverändernder Rezepturen 1500 Jahre v. Chr. kann in Europa bereits aus den „Mysterien von Eleusis“ entnommen werden. Das bayrische Reinheitsgebot untersagte 1516 Zusätze zum Bier, wie beispielsweise das Atropinhaltige, halluzinogene Bilsenkraut. Die Natur hält unzählige Substanzen mit hoher Sinnhaftigkeit bereit, die sie nicht für das Wohl des Menschen schafft.

Von den bekannten Drogen seien die Inhaltsstoffe der Hanfpflanze, die Cannabinoide, das Kokain der Coca-Sträucher, die Klatschmohn-Opiate mit dem gefährlichsten Rauschmittel, dem Opium-Derivat „Heroin“ sowie das aus dem Mutterkorn isolierte Lysergsäure-Derivat „LSD“ besonders abschreckend hervorgehoben.

#### Cannabis

Aus der Hanfpflanze der verschiedenen Cannabis-Gattungen lassen sich mehrere verbotene Rauschmittel gewinnen: Die getrockneten harzhaltigen Blüten und kleinen Blätter werden als „Marihuana“ direkt verzehrt oder zu „Haschisch“ verpresst. Cannabis-Drogen sind die in Deutschland am häufigsten gedachten Rauschmittel. Sie enthalten u.a. Tetrahydrocannabinol, THC, ein Cannabinoid, das hauptsächlich die psychoaktiven Effekte auslöst (Abbildung 7), ferner Cannabinol, das krampflösend wirkt und Cannabidiol, das die Wirkungsdauer verlängert (Abbildung 8). Die toxische Wirkung des Cannabis wird erst bei einer Tetrahydrocannabinol-Menge von vier Gramm erreicht. Der THC-Gehalt schwankt im „Marihuana“ zwischen 0,6 und 12,7 %, kann aber im Cannabis-Öl Gehalte bis zu 80 % erreichen. Die Preise sind global sehr unterschiedlich (Abbildung 9).

Der Konsum von Cannabis ist in den letzten Jahren in Deutschland zurückgegangen: Cannabis hat als Symbol einer rebellierenden Jugend der Hippie- und 68-iger-Generation ausgedient.

#### Kokain

Die ersten kokainhaltigen Sträucher (Erythroxylon coca) fanden 1750 ihren Weg aus Südamerika in das Göttinger Wöhler-Institut, wo Albert Niemann an der Isolierung der Inhaltsstoffe arbeiten konnte. Er gab dem Haupt-Alkaloid den Namen Kokain. Richard Willstätter (1872-1942; Nobelpreis 1915 für Pflanzenfarbstoff-Forschung)

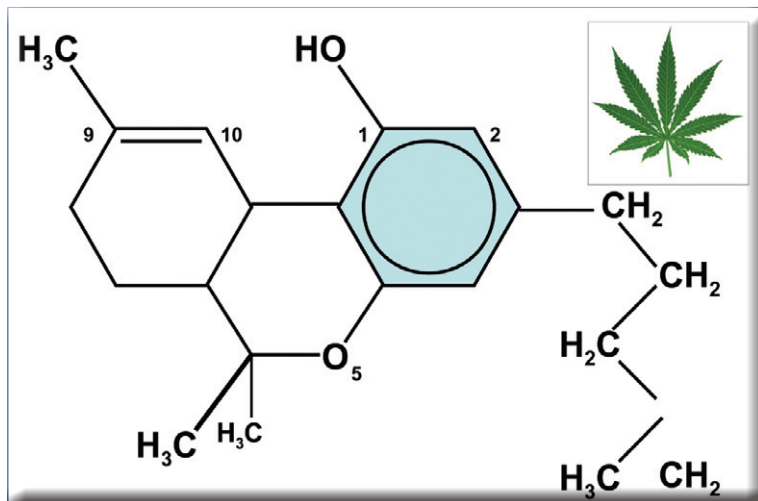


Abbildung 7: Strukturformel des Δ<sup>9</sup>-Tetrahydrocannabinol, Δ<sup>9</sup>-TCH (Δ<sup>9</sup> = Doppelbindung nach Position C-9).

Abbildung 8: Strukturformeln der Cannabinoide „Cannabidiol“ (A.) und „Cannabinol“ (B.).

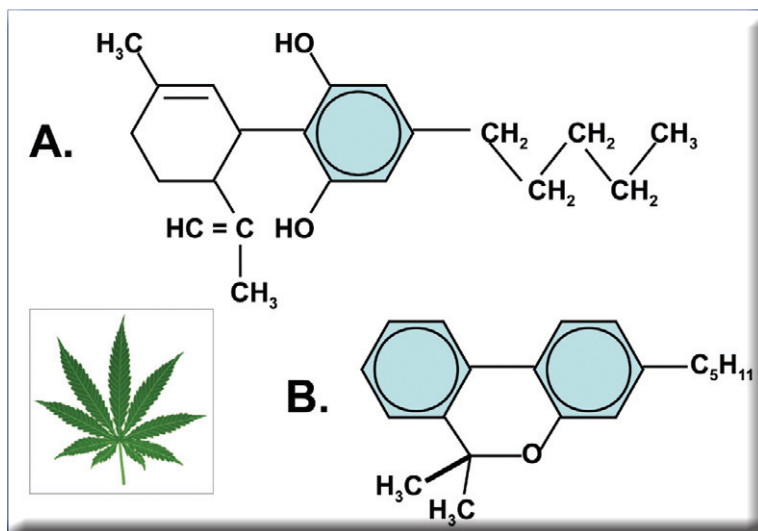
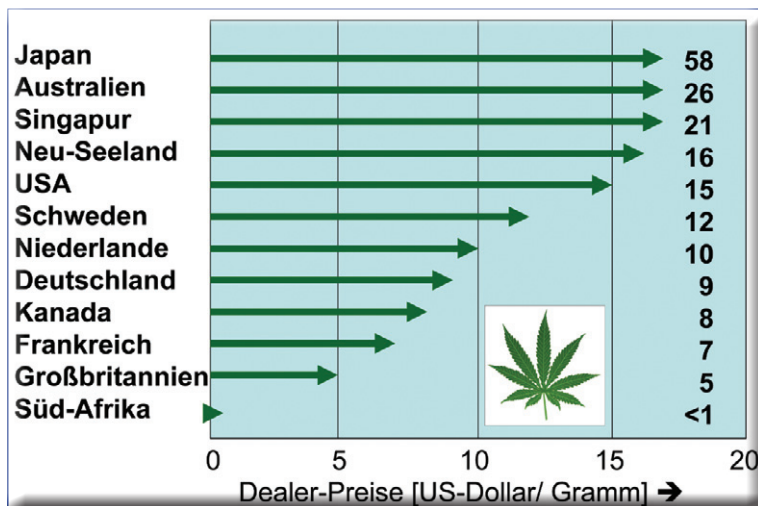


Abbildung 9: Typische Dealer-Preise für Cannabis (2005).



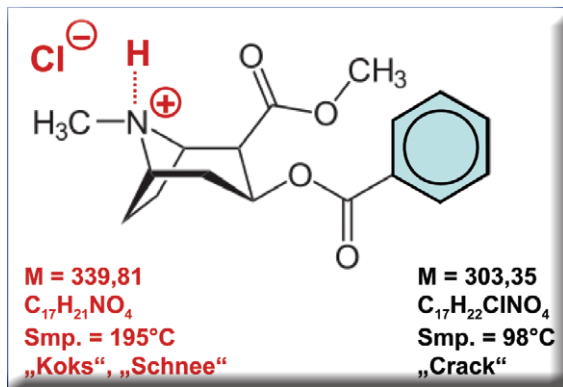


Abbildung 10: Molekülstruktur des Kokains und des Hydrochlorids (rot).

Abbildung 11: Strukturformeln der Opiate Morphin, Codein und Heroin.

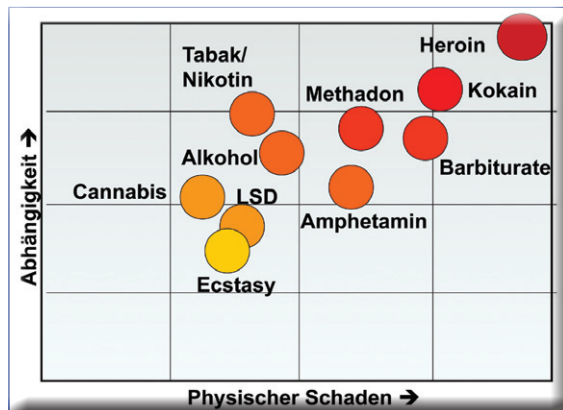
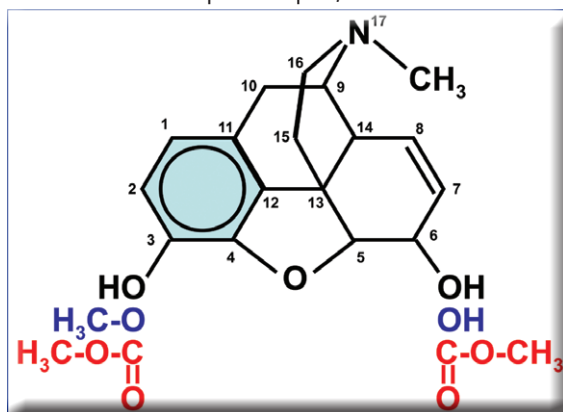
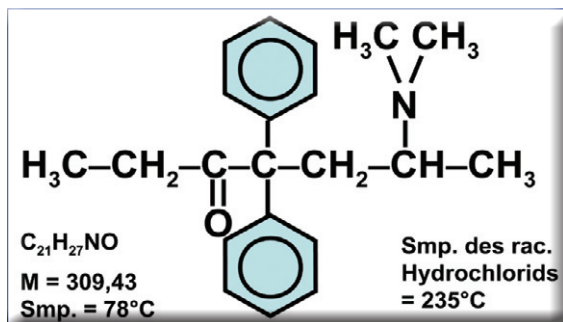


Abbildung 12: Relative Schadenspotentiale von Drogen.

Abbildung 13: Strukturformel des „Metadons“, 6-dimethylamino-4,4-diphenyl-3-heptanon.



gelang 50 Jahre später die Aufklärung der Molekül-Struktur des Kokains. 1923 folgte die Synthese des Kokains.

Danach ist Kokain ein „3-Benzoyloxy-8-methyl-8-azabicyclo[3.2.1]octan-2-carbonsäuremethylester“ (Abbildung 10). Die bitter schmeckenden farblosen Kristalle schmelzen bei 98°C. Während das reine Kokain sich nur mäßig in Wasser löst, ist das Hydrochlorid, C<sub>17</sub>H<sub>21</sub>O<sub>4</sub>N x HCl, ein gut wasserlösliches Salz mit einem Schmelzpunkt von 195°C.

Hinter Heroin ist Kokain das zweitgefährlichste und am zweitstärksten abhängig machende Rauschmittel, das wir kennen. Eine psychische Abhängigkeit tritt bereits nach einmaligem Gebrauch ein. Aus Tierversuchen mit Ratten resultiert eine letale Dosis von LD<sub>50</sub> = 17,5 mg/ kg.

Da die Droge das Schmerzgefühl ohne Bewusstseins-Ausschaltung ersterben lässt, wurde sie ab 1884 als lokales Betäubungsmittel in den deutschen Kliniken eingesetzt.

Kokain, das von 1885 bis 1906 auch in den ersten Coca-Cola-Getränken mit 250 mg/ Liter enthalten war, stellt heute die in den USA am häufigsten konsumierte illegale Droge dar. Sie verursacht Euphorie, Machtgefühl und eine besondere Lebhaftigkeit. Im Anschluss stellen sich jedoch häufig depressive Zustände sowie diverse Nebenwirkungen ein [3].

### Opiate

Der getrocknete Milchsaft der ausgewachsenen Samenkapsel des Schlafmohns (Papaver somniferum) verfärbt sich durch Oxidation an der Luft zu einer schwarzbraunen Masse. Sie enthält die Alkaloide Morphin (10 %), Codein (1 %) und Thebain (Dimethylmorphin; 0,5 %). Thebain enthält im Molekül statt der beiden Hydroxy-Gruppen des Morphins zwei Methoxy-Gruppen. Das bekannteste Opiat ist das synthetische Diacetylmorphin, das als „Heroin“ eine weit verbreitete illegale Droge darstellt (Abbildung 11).

Die größten Opium-Anbauländer liegen im „Goldenen Dreieck“ zwischen Afghanistan, Myanmar, Laos und Thailand.

Die Wirkungen sind zunächst hypnotisch, krampflösend und beruhigend. Später wird der Körper von Kreislauf-Störungen und Muskelschmerzen, Apathie und Depression beherrscht.

Codein befindet sich in Säften gegen Reizhusten und wirkt schmerzlindernd.

Urlauber, die in die asiatischen Länder Thailand, Philippinen und Singapur reisen, sollten mit ihrem Gepäck äußerst vorsichtig umgehen und auf keinen Fall aus Gefälligkeit etwas mit über die Grenze nehmen, denn in diesen Ländern steht die Todesstrafe aus Gründen der Abschreckung schon auf den Besitz von Drogen [4].

Da Herion-Süchtige sowohl körperlich (physisch) als auch vom Abhängigkeits-Potential im Vergleich zu allen anderen Drogen am stärksten betroffen sind (Abbildung 12), wird in den USA schon seit längerer Zeit Methadon (6-Dimethylamino-4,4-diphenyl-3-Heptanon) als Ersatzdroge klinisch verabreicht (Abbildung 13). Es unterdrückt einige Abstinenzsymptome beim Heroin-Entzug. Obwohl deutsche Drogenbekämpfungs-Programme diese Behandlungsmethode übernommen haben, gilt sie als recht umstritten. In Deutschland muss das verabreichte Methadon allerdings als „Levomethadon“ in der „linksdrehenden“ Modifikation vorliegen.

#### Lysergsäure-Derivat: „LSD“

Der Synthese-Hintergrund, als der Chemiker Albert Hofmann 1938 das Lysergsäurediethylamid (Abbildung 14) herstellte, war die Entwicklung einer Kreislauf anregenden Arznei, die jedoch nicht die erwünschte Wirkung zeigte. Bei einer späteren Einnahme geringster Mengen, um die Wirkung im Selbstversuch zu testen, entdeckte Hofmann am 19. April 1943 die psychoaktiven Eigenschaften seiner Droge.

Zunächst fand das sehr giftige LSD mit einer biologischen Halbwertszeit von drei Stunden in der Psychotherapie in homöopathischen Dosen von 50 Mikrogramm eine Anwendung (Verkaufspreise, 2008: 5 - 11 €/ Einheit). Geheimdienste wie auch Militärlabors experimentierten mit Lysergsäure-Derivaten, um über Menschen eine Kontrolle ihres Bewusstseins zu erlangen. Diese Versuche verliefen jedoch ebenso fraglich, wie die Behand-

Abbildung 15: Foto eines illegalen Methamphetaminlabors (DEA-Webseite Public Domain, Drug Enforcement Agency).

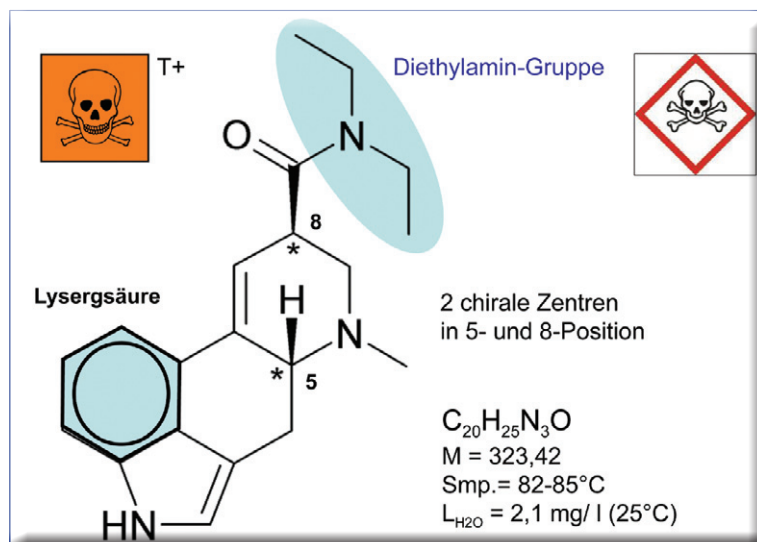


Abbildung 14: Strukturformel des Lysergsäure-diethylamids, LSD.

lung von Alkoholismus mit LSD. Heute ist LSD als „nicht verkehrsfähiger Stoff“ eingestuft und verboten. Auch in der Party- und Techno-Szene versank die Droge in der Bedeutungslosigkeit [5].

Mutterkorn-Alkaloide sind allerdings auch heute noch bei nachgeburtlichen Blutungen im Einsatz.

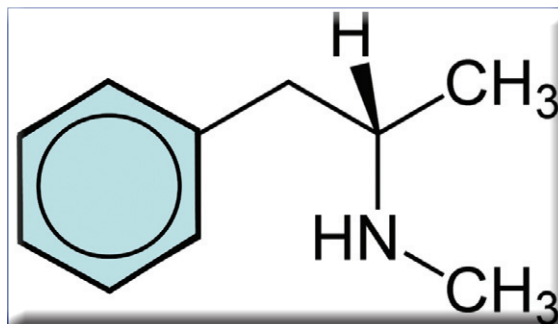
#### Der Rausch aus der Retorte

Neben den aus Pflanzen extrahierten Drogen, haben sich vor allem die Amphetamine, zunächst als Pharmazeutika vorgesehen und entwickelt, auf den Schwarzmärkten dieser Welt etabliert.

Die Gruppe der „Weckamine“ basieren auf der stimulierenden synthetischen Droge „Amphetamin“ (Phenylisopropylamin; offiziell: 1-Phenylpropan-2-amin). Den Begriff „Amphetamin“ leitete der amerikanische Chemiker Gordon Alles aus der veralteten Bezeichnung „Alpha-Methylphenethylamin“ ab. Angepasst an die amtliche WHO-Nomenklatur wurde das „ph“ 1998 durch „f“ ersetzt.

Die Synthese gelang dem rumänischen Chemiker Lazar Edeleanu bereits 1887. Amphetamin diente ursprünglich als Bronchial-Arznei und Appetitzügler zur Gewichtskontrolle.

Abbildung 16: N-Methylamphetamin oder Methamphetamin, kurz: „Meth“ oder „Crystal“.



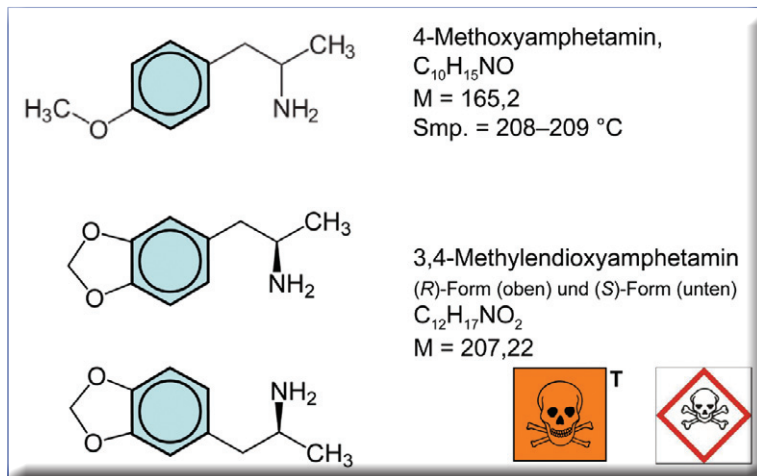


Abbildung 17: Strukturformeln der Amphetamine „4-Methoxyamphetamin“ und „3,4-Methylenedioxyamphetamin“.

In der illegalen Produktions-Szene (Abbildung 15) laufen die Synthesen beispielsweise über die Reduktion von Norephedrin mit Jod oder rotem Phosphor sowie über die Reaktion von Phenylacetan mit Ammoniak und Reduktion mit Wasserstoff.

Heute ist die Droge hauptsächlich als Rauschmittel in der Partyszene als „Speed“, „Ampe“ oder „Pep“ verbreitet, da es Müdigkeit unterdrückt und das Selbstbewusstsein steigert. Aber auch bei gestressten Managern und als Doping-Mittel bei Spitzensportlern finden Drogenfänger mitunter dieses Aufputzmittel. Die tödliche Dosis für den Menschen liegt bei 100 mg.

Seit 1981 stellt das Betäubungsmittelgesetz die Herstellung, den Besitz und den Handel von Amphetamin unter Strafe.

Vor allem in den USA, Asien und Osteuropa hat das Derivat Methamphetamin (kurz: „Metham-

Abbildung 18: „Ecstasy“ (Phenylethylamine), üblicherweise in Tablettenform.



phetamin“) heute eine größere Bedeutung erlangt [6].

N-Methylamphetamin wurde bereits 1893 von dem japanischen Chemiker Nagayoshi Nagai hergestellt (Abbildung 16). Ab 1938 stellten die Berliner Temmler-Werke die Droge nach einem eigenen patentierten Verfahren her. Im 2. Weltkrieg fand Methamphetamin große Anwendung bei den Kampffliegern und Soldaten, um Angstgefühle zu dämpfen sowie Leistungs- und Konzentrationsfähigkeit zu steigern. Allein im zweiten Quartal 1940 verfügte das deutsche Militär über mehr als 35 Millionen Methamphetamin-Tabletten des Warenzeichens „Pervitin“, auch „Stuka-Tabletten“ und „Hermann-Göring-Pillen“ genannt.

In Verdacht des Dopings mit „Pervitin“ kam neben einer Reihe von Leichtathleten auch die Deutsche Fussballelf, als sie 1954 in Bern das Wunder des Sieges zur Wirklichkeit werden ließ.

Die verehrte Tennisgröße Andre Agassi gestand in seiner kürzlich erschienenen Biographie während seiner aktiven Zeit bis 1997 mehrfach Methamphetamin-Präparate eingenommen zu haben.

Die Nebenwirkungen dieser heute verbotenen Droge, auch „Crystal“ oder im Osten „Yaba“ genannt, sind neben Aggressivität, Schlafstörungen, paranoide Wahnvorstellungen auch ein übersteigerter Egozentrismus.

Als weiteres Amphetamin-Derivat hat sich das 4-Methoxyamphetamin (para-Methoxyamphetamin = PMA) in der Drogenszene etabliert. Die Synthese über die Reaktion von 4-Methoxybenzaldehyd mit Nitroethan und anschließender Reduktion mit Lithiumaluminiumhydrid gestaltet sich recht einfach und in hoher Ausbeute. Das späte Einsetzen der relativ schwachen Wirkung verführt den Anwender zur Überdosierung der üblichen 10 bis 30 mg. Muskelkrämpfe, Atemerschwernis und Koma bis hin zum Tod sind die Folgen der PMA-Überdosierung, die bereits in den 70-iger Jahren zu zahlreichen Todesfällen führte (Abbildung 17, oben) [7].

Nach den vielfachen Drogen-Verboten erschien ein weiteres Amphetamin auf dem Schwarzmarkt: das 3,4-Methylenedioxy-N-ethylamphetamin. Es existiert in zwei spiegelbildlich zueinander stehenden Molekül-Strukturen, der R- und der S-Form (Abbildung 17, unten).

Mit einigen anderen Stoffen wurde die Droge erst mit der Änderung des Betäubungsmittelgesetzes vom 28.02.1991 für die Allgemeinheit verboten und unter Strafe gestellt [8].

In den 80-iger Jahren tauchte die Club-Droge „Ecstasy“ erstmals in den USA auf. Ecstasy steht als Sammelbezeichnung für eine Vielzahl von Phenylethylaminen, die in Kapsel- oder Tablettenform in einem Trägermittel auf den Schwarzmarkt gelangen (Abbildung 18). Idealerweise besteht sie



aus 3,4-Methylenedioxy-N-methylamphetamin, MDMA.

Bereits 1912 stellte der Chemiker Anton Köllisch beim Pharma- und Chemie-Konzern E. Merck in Darmstadt diesen Wirkstoff her. Man fand jedoch keine pharmazeutische Vermarktung für dieses Präparat.

Als die amerikanische Drogen-Behörde 1985 auf MDMA aufmerksam wurde, folgte ein weltweites Verbot. Die Droge verbreitete sich dennoch auch in Europa sehr schnell. Gewerbliche Vermarkter lassen die bekannten, unter Strafe gestellten Rauschdrogen so häufig chemisch abwandeln und derivatisieren, dass die Revisionen des Betäubungsmittelgesetzes nur mit Verzögerung diese nebenwirkungsreichen Drogen unter Verbot und Strafe stellen kann [9].

## Drogen-Screening

Mitarbeiter von Industrie-Betrieben und Instituten repräsentieren grob die Eigenschaften der gesamten Bevölkerung mit all ihren Vorzügen und Schwächen. Daher verwundert es nicht, dass drogenabhängige Kollegen auch in den Unternehmen vertreten sind und ein erhöhtes Arbeitsschutz-Risiko darstellen. Konsequenzen, vom Suizid bis zum Amoklauf, haben sich als Folge des Drogenkonsums bereits in der Realität abgespielt.

Lange Zeit wurden diese Zusammenhänge unter den Teppich gekehrt, da Arbeitgeber oft nicht ganz unschuldig sind, wenn ihre Mitarbeiter über die Drogen-Stränge schlagen. Gefährdungen und Produktionsverluste nahmen Vorgesetzte zum Teil billigend und ohnmächtig in Kauf.

Die hohen Kosten der Tests wurde mitunter auch angeführt, wenn man Drogen bei Mitarbeitern vermutete. Dabei belaufen sie sich derzeit auf nur 50 bis 60 Euro je Urin-Analyse.

Blutuntersuchungen zur Diagnose des aktuellen Drogen-Konsums sowie Haar-Tests zur Feststellung länger zurückliegender Rauschmittel-Aufnahmen können kostenmäßig höher ausfallen.

Zunehmend müssen neue Mitarbeiter die Einverständnis-Erklärung unterschreiben, dass sie bei der Einstellungsuntersuchung, Übernahme nach der Ausbildungszeit oder bei Beschäftigung in sicherheitsrelevanten Anlagen mit Drogentests einverstanden sind.

Dass vor der Untersuchung keine Mohnbrötchen oder Mohnkuchen zu konsumieren sind, hat sich mittlerweile herumgesprochen, weil die Mohn-Metaboliten ebenfalls Opiate anzeigen.

Analysiert wird in der Regel auf

- Cannabis-Derivate, Haschisch, Marihuana
- Amphetamine, Ecstasy, Designer-Drogen
- Kokain, Crack
- Opiate, Heroin.

Die untersuchenden Werksärzte unterliegen zwar der Schweigepflicht, dürfen dem Arbeitgeber jedoch verklausulierte Verwendungshinweise und Tauglichkeitseinschränkungen geben. Von denen lassen sich dann jedoch ebenso Rückschlüsse auf die Befunde schließen, wie der Hinweis bei Alkoholikern „...darf nicht mit Lösungsmitteln arbeiten!“ oder die bekanntermaßen schlechte Beurteilung aus der Personal-Abteilung „...war stets um Pünktlichkeit bemüht.“

Arbeitgeber sind sehr daran interessiert, ihre Belegschaft von Drogen-Konsumenten freizuhalten, denn neben ihrem schwer auszumachenden Verhaltensrisiko kann sich auch eine Reihe von gesundheitlichen Spätschäden einstellen. Dabei handelt es sich nicht selten um

- nachlassende Hirnleistung durch mangelhafte Blutzirkulation
- eine erhöhte Schizophrenie-Rate
- Realitätsverlust und Wahnvorstellungen.

So interessant die Chemie der natürlichen und künstlichen Drogen sowie weiterer halluzinierend wirkenden Pharmaka auch sein mögen, sie sollten sich auf die medizinische Anwendungen aus den Händen fachkundiger Ärzte beschränken.

Wie die in der Gesellschaft verantwortlichen Politiker können auch die Unternehmenslenker nicht ihre Hände in den Schoß legen, wenn es um Präventionen und Therapien im Umgang mit suchtgefährdeten Mitarbeitern geht. **CLB**

### Literatur:

- [1] Römpf Chemie Lexikon, Thieme, 1990: „Ethanol“
- [2] Basisinformation «Tabak», Deutsche Hauptstelle für Suchtfragen e.V., DHS, Pf.1369, 59003 Hamm, www.dhs.de, 2008
- [3] <http://de.wikipedia.org/wiki/Kokain>
- [4] <http://de.wikipedia.org/wiki/Drogenkriminalitaet>
- [5] <http://de.wikipedia.org/wiki/LSD>
- [6] <http://de.wikipedia.org/wiki/Amphetamin>
- [7] <http://de.wikipedia.org/wiki/4-Methoxyamphetamin>
- [8] <http://de.wikipedia.org/wiki/3,4-Methylenedioxy-N-ethylamphetamin>
- [9] <http://de.wikipedia.org/wiki/Ecstasy> und <http://www.suchtmittel.de/info/ecstasy>

# Neuromorphic engineering: Bottom up- statt top down-Forschung

Ansätze zur Simulation eines Gehirns – Memristoren als Hoffnungsträger

Rolf Kickuth, Gaiberg

Um dem Mysterium Gehirn näher zu kommen hat man früher Hirne gewogen und vermessen, Windungen gezählt, in Teile geteilt. Des Weiteren erschloss man sich die Bedeutung einzelner Hirnareale hauptsächlich dadurch, dass man Empfindungs- und Verhaltensänderungen von Hirnverletzten oder -erkrankten mit der Topologie des Gehirns in Verbindung brachte. Stimulationen immer kleinerer Hirnteile verfeinerten die funktionellen Gehirnkarten. Heute ist man in der Lage, einzelne Nervenzellen gezielt anzuregen und deren Reizleitung, ihre Physik und Chemie zu untersuchen. Von größeren zu kleineren Strukturen – top down – ging und geht man auch in der Untersuchung der elektrischen Aktivitäten des Gehirns sowie mit der funktionellen Magnetresonanztomographie (f-MRT). Mittlerweile hat sich eine weitere Herangehensweise zur Erforschung des Gehirns etabliert: bottom up. Fortschritte in der Molekularbiologie, Systembiologie und der Computertechnik ermöglichen es, Modelle des Gehirns von der zellulären und sogar teilweise molekularen Ebene her aufzubauen. Neuartige Bauelemente, deren theoretische Grundlage vor 40 Jahren erstellt wurde, könnten dieses „neuromorphic engineering“ erheblich beschleunigen: Memristoren. Neuromorphic engineering setzt neue Maßstäbe in der Komplexitätsbewältigung. Ethische Probleme lauern am Forschungshorizont. Es lockt jedoch die Möglichkeit, der Natur des menschlichen Geistes auf die Schliche zu kommen.

Die Leuchtturmfunktion dieser Forschungen nimmt das Blue Brain-Project an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Lausanne (EPFL) ein. Das Ziel des Projektes ist, ein System bereitzustellen, mit dem sich Gehirnmodelle

## Der Autor

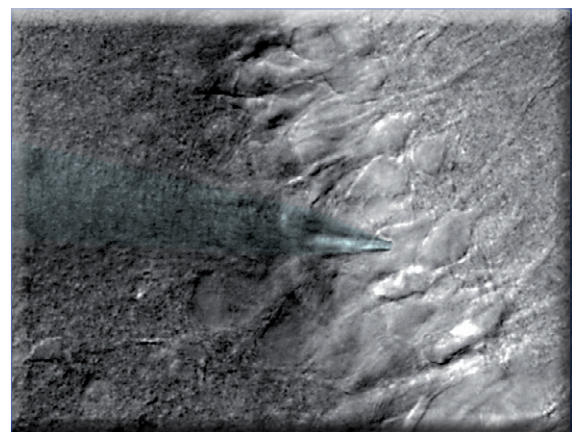
Rolf Kickuth ist Verleger der CLB. Schon während seines Chemiestudiums war er etwa für *FAZ*, *Bild der Wissenschaft* und *Chemische Rundschau* wissenschaftsjournalistisch tätig. Später gab er die *AXON* für Anwendungen und Methoden der künstlichen Intelligenz heraus. Er war zudem Chefredakteur des *Informatik Spektrum*, der Zeitschrift der Gesellschaft für Informatik, sowie Kongressveranstalter; u.a. organisierte er 2007 ein Symposium zu Brain Computer Interfaces.



verschiedener biologischer Arten insbesondere von Säugern aufbauen lassen. So unbescheiden schildert dies der Leiter des Projektes, Henry Markram, in einem ersten Teil einer Filmdokumentation darüber, die jetzt startete und zehn Jahre dauern soll [1]. Offenbar treibt Forscher wie Filmemacher die Hoffnung an, vergleichbar mit der Entwicklung eines zu fortgeschrittenem Denken fähigen Wesens am Ende dieses Zeitraums ein von Menschen gebautes Artefakt vor sich zu haben, das eine hohe informationsverarbeitende Komplexität aufweist und dies deutlich werden lässt. Markram sagt auch klar, dass am Ende dieser Gehirnmodellentwicklungen ein komplettes menschliches Hirnmodell stehen soll. „Es wird eine Intelligenz haben, es wird Sprachen sprechen“. Und weil das ganze System von der molekularen Ebene aufwärts simuliert werden wird, sei man in der Lage, beispielsweise den Einfluss bestimmter Moleküle auf die Intelligenz zu erkennen – oder welchen Einfluss Drogen, Medikamente haben, wie Alzheimer entsteht. Beobachtet will man dafür das Zusammenspiel von Millionen von Proteinen, Milliarden von Nervenzellen und Billionen von Synapsen.

Die Neurowissenschaft wandelt sich dabei zu einer Systemwissenschaft. Man untersucht zum Beispiel mit einem roboterisierten Anordnung das Verhalten Ionenkanälen in der Ovarien chi-

Abbildung 1: Patch-Clamp-Experiment an einer Nervenzelle aus dem Hippocampus. Die Pipette wurde im Foto nachträglich blau eingefärbt.



nesischer Hamster, charakterisiert es unter kontrollierten Bedingungen. Zu finden sind darin um die zweihundert verschiedene Ionenkanäle, die vergleichbar auch in Nervenzellen vorkommen. Dann erstellt eine Software automatisiert ein entsprechendes Computermodell davon. Diese Modell-Ionenkanäle baut man dann in Simulationen größerer Neuroschaltkreise ein.

## Reverse engineering vs. Black box-Verfahren

Den Projektmitarbeitern hilft dabei weltweit einzigartig ein Gerät, mit dem sich die Verbindungen von zwölf Nervenzellen auffinden und im Detail untersuchen lassen, eine fortschrittliche Patch-Clamp-Technik (Abbildungen 1 und 2). Nach den damit erzielten Ergebnissen dann mit Reverse engineering-Verfahren entsprechende Schaltkreise als Software zu simulieren. Reverse engineering ist nicht nur das funktionelle Nachempfinden einer technischen oder biologischen Einheit – das macht man mit Black box-Verfahren, sondern das Bestreben, ein solches Objekt weitgehend exakt abzubilden.

Über 15 000 verschiedene molekularbiologische Experimente sollen schon im Vorfeld der Simulationen gemacht worden sein. Beim allerersten Start der Simulationen nach 15-jährigen Vorarbeiten hätte man dann gesehen: Alles passt zusammen. Ein Stimulus an das Neuromodell hätte laut Markram dieses arbeiten lassen, als sei es ein kleiner Teil eines Nervengewebes. In den drei Jahren seither hätte man mehr gelernt als in 20 Jahren Neurowissenschaften. Der Forscher vergleicht, es sei ein bisschen so als ginge man in einen Wald mit tausenden von Bäumen und untersuche, wie jeder kleine Zweig ausgerichtet sein muss, damit alles zusammenpasst. Synapsen würden sich ja zum Beispiel mit Submikrometer-Präzision positionieren, folgten dabei genauen Regeln. Man kenne jetzt diese Prinzipien und könne das simulieren.

Abbildung 2: Schematische Darstellung der Patch-Clamp-Anordnung (Abb.: Peter Wolber).

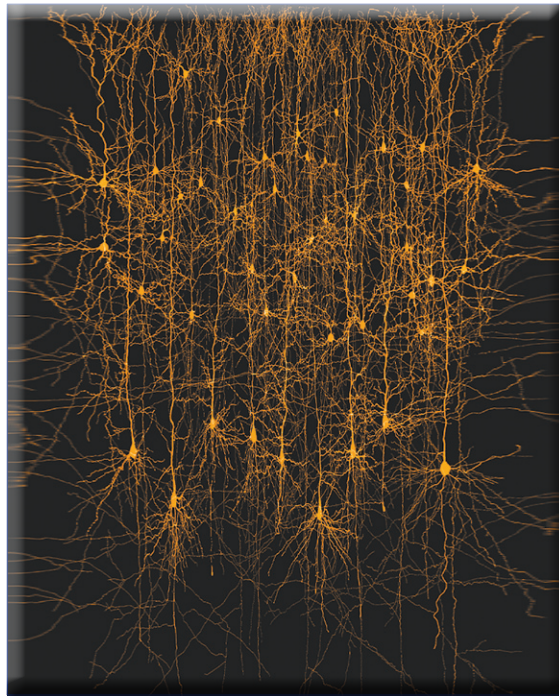
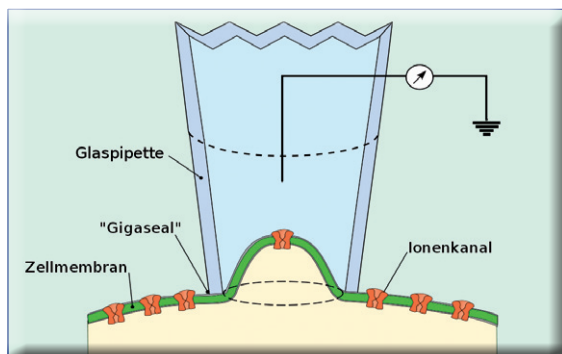


Abbildung 3: Das Bild zeigt einen Mikroschaltkreis des Neocortex. Er ist das stammesgeschichtlich jüngste Teil der Großhirnrinde und aus sechs Schichten aufgebaut. Zu erkennen sind die von den pyramidalen Neuronen abwärts führenden Axone, die die Informationen weiterleiten. Schon im August 2005 machte die CLB auf das Blue Brain-Projekt aufmerksam, kurz nach dessen Start. Dieses Bild war damals das Titelbild (Abb.: IBM/EPFL).

Am Beginn der Arbeiten hätte eine Doktorarbeit gestanden, in der ein Neuron simuliert werden sollte. Jetzt könne man zehntausend simulieren, mit größeren Rechnern auch Millionen oder Milliarden. Schon heute könnte man prinzipiell mit der Einrichtung einen kompletten Nagetier-Neocortex bauen (Abbildung 3), weil man den Aufbau kenne und aus kleineren Einheiten extrapolieren

### Kurz gefasst

- Man versucht mit Neuromorphic engineering, das Verständnis für die Funktion des Gehirns zu verbessern, indem man Simulationen aus seinen kleinsten, einfachsten Einheiten heraus zusammenbaut und dadurch zu hochparallelen, komplexen Systemen kommt.
- Es gibt verschiedene Herangehensweisen an diese Aufgabe, die sich insbesondere im Grad der Abstraktion von der biologischen Realität unterscheiden.
- Eine besonders hohe Leistungsfähigkeit versprechen spezielle Neuro-Hardwareplattformen.
- Der Einbezug zeitabhängiger mathematischer Modelle für Neurosimulationen verbessert gegenüber früheren künstlichen neuronalen Netzen den Bezug zur biologischen Realität.
- Revolutionäre Leistungssprünge könnten neuartige Hardwarekomponenten liefern, die auf Memristoren basieren. Kommerzielle Memristor-Produkte sind in Vorbereitung, werden ab 2013 erwartet. Insbesondere sollen sich damit die Anforderungen einerseits an die Packungsdichte, andererseits an höchste Energieeffizienz der Neurohardware lösen lassen.

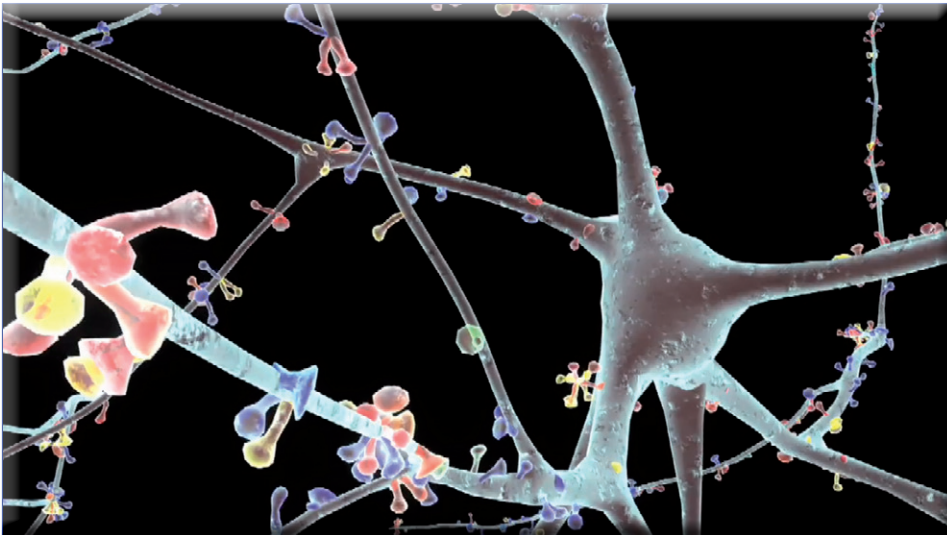
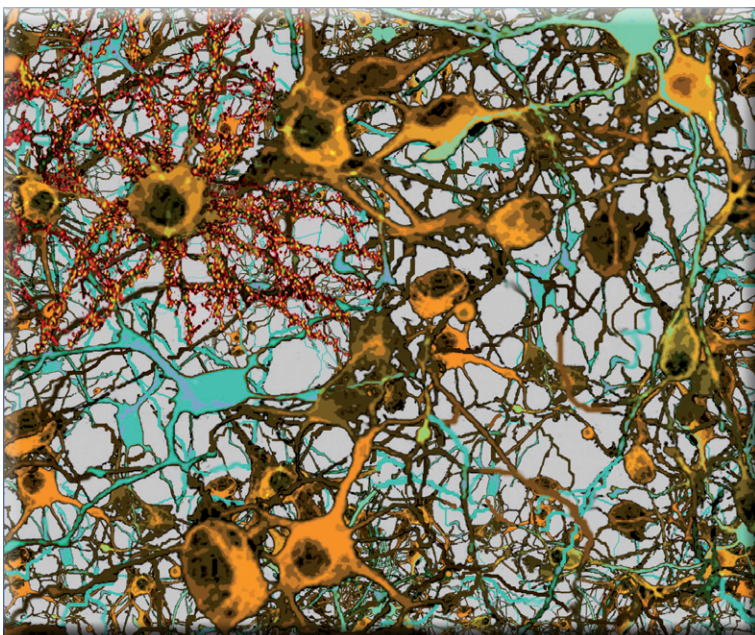


Abbildung 4: Das Bild zeigt eine 3D-Visualisierung neuronaler Verbindungen, die der Blue Brain-Computer simuliert. Der Name des Projekts bezieht sich übrigens auf IBMs Supercomputer „Blue Gene“. Auf ihm startete das Projekt – mit 22,94 TeraFlops Spitzen-Rechenleistung. Im Juni 2005 belegte er damit Platz 9 der jährlich zweimal veröffentlichten Top500-Supercomputerliste. Platz 1 leistete 183,50 TeraFlops. Heute verpasste der Rechner in Lausanne knapp einen Eintrag. Listenplatz 500 verzeichnete im Juni einen Computer mit 24,67 TeraFlops; Platz 9 hatte mit 557,06 TeraFlops die 24fache Leistung wie vor fünf Jahren, Platz 1 mit 2331 TeraFlops sogar die 101,6fache Leistung. Der Fortschritt der Gehirnsimulation ist also nicht nur eine Frage der Forschung, sondern auch des Geldes... (Abb.: EPFL/BlueBrain).

könne. Durch die Simulation lassen sich dann – in Echtzeit und 3D visualisiert – Prozesse erkennen, die man mit Experimenten nicht in der Anzahl und Auflösung verfolgen könnte (Abbildung 4). Man könne praktisch verfolgen, wie solch ein Maus-Avatar Entscheidungen trifft, wie das Gedächtnis funktioniert. Die Simulationen bringen

Abbildung 5: Die Komplexität im Gehirn ist überwältigend. Ein typisches Neuron im Gehirn hat viele Tausende von Synapsen, d.h. Kontaktpunkte mit anderen Neuronen – hier gezeigt für ein Neuron als rote Punkte (Bereich links oben). Nur etwa ein Promille der anderen Neurone, zu denen es Kontakte hat, wird hier dargestellt (Abb.: TU Graz/IGI).



so auch die experimentellen Neurowissenschaften voran.

In zwei bis drei Jahren will man laut Markram ein Maus- und Rattenhirn „fertig“ haben, dann mit einer Simulation des Katzenhirns fortfahren, weiter mit der eines Affen und schließlich mit der eines Menschenhirns.

### Zwischenziel neokortikale Säule

Der Weg dazu würde durch viele verschiedene Roadmaps aufgezeigt, die alle parallel liefen. Es ginge zum Beispiel um komplexe Visualisierungen, die Bewältigung von Exa- und später Petabyte von Daten, um neue Computerhardware, um Datenbankmodelle, die Integration vielfältiger molekularbiologischer und genetischer Daten.

Ein wichtiges Zwischenziel des Projekts wurde im November 2007 erreicht. Man hat eine neokortikale Säule eines Rattenhirns auf zellulärer Ebene simuliert. Neokortikale Säulen haben etwa eine Höhe von zwei Millimetern und einen Durchmesser von einem halben Millimeter (Abbildung 3). Beim Menschen enthalten sie circa 60 000 Neuronen; die simulierte kortikale Säule der Ratte hat 10 000 Nervenzellen und bis zu hundert Millionen Synapsen.

Vor etwas über einem Jahr hieß es dann, die Blue Brain-Simulation würde aus sich selbst heraus Muster höherer Ordnung erzeugen [2]. Der Rechner kann die 10 000 Neuronen mit ihren zehn Millionen Verbindungsstellen als farbcodierte Objekte visualisieren (Abbildung 4). Die Muster zeigten sich in spontan koordiniert auftretenden Farbwellen, die diese Simulation durchfluteten. Man darf spekulieren: Entspricht das in höheren Gehirnen Gedanken oder einer Persönlichkeit?

### Forschen in zwei Richtungen: möglichst tief, möglichst viel

Die Forschungen laufen jetzt in zwei Richtungen weiter. Einerseits will man die Simulation auf die molekulare Ebene hin ausweiten, um eben etwa die Wirkung einzelner Proteine oder die Genexpression untersuchen zu können. Es gilt also zu untersuchen, in welchem Zusammenhang elektrische Aktivität und Genaktivität stehen (siehe dazu auch den Kasten rechte Seite: Wie Gene

und Proteine synaptische Leistungen beeinflussen). Andererseits will man die Simulation einer kortikalen Säule vereinfachen, um zu den etwa eine Millionen Säulen dieser Art zu gelangen, die den menschlichen Neokortex ausmachen; von der Abstraktion bezüglich molekularer Mechanismen entspricht das dann doch etwas dem Black box-Verfahren; eine komplett auf molekularer Ebene angelegte Simulation würde auch den stärksten

heutigen Supercomputer überfordern (Abbildung 5).

In einer Zehn-Jahres-Perspektive sollen verschiedene Forscher weltweit eigene Modelle verschiedener Gehirnregionen erstellen und in eine Internet-Datenbank hochladen können. Die Blue-Brain-Software soll diese Module miteinander vernetzen und daraus die erste Simulation eines vollständigen Gehirns aufbauen.

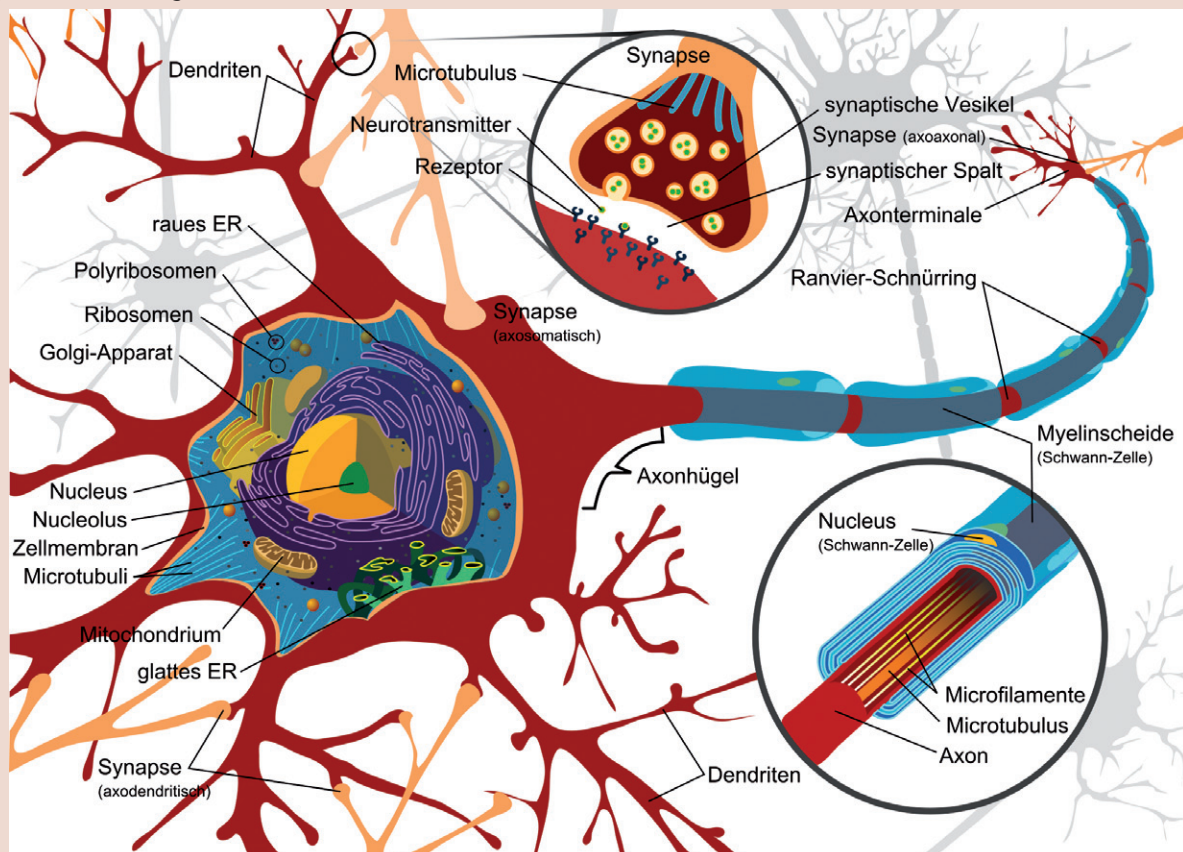
### Wie Gene und Proteine synaptische Leistungen beeinflussen

Ein Beispiel für den Zusammenhang elektrischer und Genaktivität in Neuronen bzw. die Auswirkungen auf Synapsen zeigen ganz aktuelle Entdeckungen Bonner Forscher, die am 29. September 2010 veröffentlicht wurden (H. Beck et al., Journal of Neuroscience; doi: 10.1523/JNEUROSCI.1847-10.2010). Eine Synapse hat eine Zuleitung, das Axon (siehe Abbildung Neuron Diagramm; Abb.: Mariana Ruiz Villarreal). In der Synapse wird dieses Axon durch einen schmalen Spalt von einer ableitenden Faser, dem Dendriten, getrennt. Jeder elektrische Reiz läuft vom Zellkörper über das Axon bis zum synaptischen Spalt. Dort führt er zur Ausschüttung chemischer Botenstoffe. Diese durchqueren den Spalt und docken an den Dendriten an. Der Dendrit generiert als Reaktion ein elektrisches Signal und leitet es weiter.

Wie viel Botenstoffe an der Synapse ausgeschüttet werden, hängt von ihrem „Trainingszustand“ ab: Synapsen können bei häufiger Reizung eine solche Trainingsform einnehmen, dass sie auf einen Schlag große Mengen von Neurotransmittern freisetzen. Die Forscher konnten nun erstmals zeigen, dass für diese Eigenschaftsänderung der Synapse nicht nur die regelmäßige lokale Stimulierung verantwortlich ist. Vielmehr hängt die Stärke der Transmitterfreisetzung den Befunden nach entscheidend von der Reizung des über das zuleitende Axon einige Millimeter entfernten Zellkörpers ab.

Bei ihren Experimenten reizten die Forscher nun ausschließlich den Zellkörper oder alternativ ausschließlich die Synapse. In beiden Fällen beobachteten sie keinen nachhaltigen Trainingseffekt. Anders war es, wenn sowohl Zellkörper als auch Synapse regelmäßig elektrisch gereizt wurden: Die Kontaktfreude der Nervenzelle nahm dann dauerhaft zu.

Der Zellkörper enthält unter anderem das genetische Material der Nervenzelle. Die Forscher vermuten, dass durch die regelmäßige elektrische Reizung gezielt Erbinformationen eingeschaltet werden. Der Zellkörper produziert dann vermehrt Proteine, die für die synaptische Funktion wichtig sind. Diese Proteine gelangen dann über eine Art „Schiennetz“ innerhalb der Zelle zur Synapse. Bei einer Zerstörung dieser Transportbahn büßten die Synapsen erwartungsgemäß ihre Lernfähigkeit ein. Nun will man herausfinden, welche Proteine aus dem Zellkörper für den Trainingseffekt verantwortlich sind.



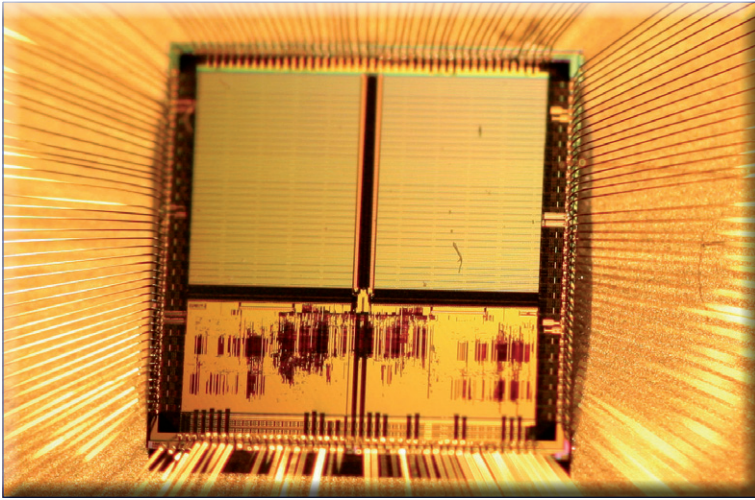


Abbildung 6: Der „Spikey-Chip) arbeitet analog. Er simuliert 384 Neuronen. Jedes davon hat 256 synaptische Verbindungen. Sie machen den Großteil der Chipfläche aus (auf dem Foto die beiden großen Rechtecke in den oberen 2/3 des Chips). Diese Fläche wurde zur Illustration des Zusammenhangs zu Synapsen auf dem Titelbild dieser CLB mit einer verzerrten Version der Abbildung 5 gefüllt (Abb.: KIP/Meier).

Diese Herangehensweise, der Zusammenbau aus einzelnen kleinen Stücken, baut auch auf Effekte von Selbstorganisation und Selbstähnlichkeit. Das menschliche Genom hat einen Informationsgehalt von der Größenordnung ein Gigabyte. Das Gehirn ist jedoch so komplex, dass es sich vielleicht mit Petabyte an Informationen beschreiben lässt. Das es aus dem Genom entsteht liegt wohl auch in einem Fraktalprozess begründet. Solche Prozesse weisen Selbstähnlichkeiten von kleinen zu großen Strukturen auf. Warum also nicht ein Gehirn aus vielen einfachen Strukturen aufbauen?

Auch die Zeitskala Markrams ist nicht völlig von der Hand zu weisen (Abbildung 7). Es gibt ja die erstaunliche Erfahrung der Entschlüsselung des menschlichen Genoms. 1990 wurde das Human Genome Project gegründet, 2001 meldete man den Erfolg – seit 2003 ist er offiziell. Auf halben Wege jedoch hatte man erst etwa ein Prozent des Genoms entschlüsselt. Heute schafft es ein einzelner Sequenzierautomat jeden Tag etwa die Menge an Basen zu entschlüsseln, die ein menschliches Genom aufweist. Durch das Zusammenwirken verschiedener Wissenschaften und Techniken erwartet man auch hinsichtlich des Blue Brain Projektes, dass sich ähnliche Beschleunigungen ergeben.

### Grenzen der Machbarkeit

Das weckt natürlich Ängste. Markram versucht, Ängste vor solchen Simulationen nicht aufkommen zu lassen. Er hebt hervor, sie könnten ein diagnostisches Werkzeug darstellen,

um eine personalisierte Medizin bei Hirnerkrankungen einzuführen. Dennoch: Abgesehen davon, dass spätestens beim Menschenhirn-Simulationen ungelöste ethische Fragen die Forschungen bremsen könnten, gibt es rein physikalische Bedenken gegen seine Pläne, und die betreffen einfach die energetische Effizienz heutiger Computer.

Um das zu verdeutlichen hier eine kleine Rechnung: Der energieeffizienteste Supercomputer der wie die Top500 halbjährlich erscheinenden Liste Green500 ist zur Zeit (Liste vom Juni 2010) der deutsche Forschungsrechner QPACE; das Forschungszentrum Jülich und die Universitäten Regensburg und Wuppertal haben je einen davon. Er schafft 773 Megaflops pro Watt und hat eine Spitzenleistung von 55 Teraflops (im Durchschnitt 44,5 Teraflops), belegt damit Platz 131 in der Top500-Liste. Nur: Er ist mit seinem Verbrauch von 57,54 Kilowatt dafür eben rund viermal so effizient wie der Durchschnitt der Supercomputer. Der BlueBrain-Rechner schafft mit 23 Teraflops knapp die Hälfte der QPACE-Leistung, simuliert 10 000 Neuronen einer kortikalen Rattenhirnsäule. Unterstellt man, dass eine solche Säule beim Menschen 100 000 Neuronen umfasst, und dass der gesamte menschliche Kortex eine Millionen derartiger Säulen hat, benötigt man bei linearer Skalierung fünf Millionen von Green500-Toprechnern, betrieben von 287 Kernkraftwerken mit je einem Gigawatt Leistung... Übrigens: Das menschliche Gehirn verschlingt mit seinen 100 Milliarden Neuronen nur 20 Watt Leistung.

### Neuro-Hardwarekonzepte

Um die Bottom up-Hirnsimulationen in größerem Maßstab zu skalieren sind also völlig neue Hardwarekonzepte gefragt, möglichst solche, deren Elemente die Neuronen mit minimalem Aufwand nachbilden. Ein solch ein Konzept gibt es an der Universität Heidelberg am Kirchhoff-Institut für Physik (KIP). Es ist Ergebnis des EU-Projekts FACETS, das unter der Leitung von Karlheinz Meier Ende August abgeschlossen wurde. Wie der Name „Fast Analog Computing with Emergent Transient States“ schon sagt handelt es sich dabei um eine vorwiegend analoge Herangehensweise an die Hirnsimulation. Das Rechenwerk eines für dieses Projekt entwickelten Chips, der Spikey-Chip (Abbildung 6), rechnet nicht mit Nullen und Einsen – Strom aus, Strom an – sondern mit variablen Spannungen und Strömen. Die Kommunikation zwischen den analogen Rechenelementen in dem Chip erfolgt durch Spannungsimpulse. Nur für das Auslesen der inneren Zustände (synaptischen Gewichte) seiner Neuronen-simulierenden Schaltkreise dienen eine jeweils vier Bit große Zahl.

Etwas genauer betrachtet enthält solch ein Spikey-Chip 384 in Hardware simulierte Neu-

Abbildung 7: Auf der TED Global Conference 2009 in Oxford bekräftigte Henry Markram, man könne eine komplette Hirnsimulation innerhalb von zehn Jahren erreichen (Bild: TED).



ronen mit jeweils 256 ebensolchen Synapsen, also knapp 100 000 Synapsen. Das physikalische Modell dieses Neuronetzwerks enthält Kapazitäten, die Membranpotenziale darstellen. Ladungen, die durch die Ionenkanäle der Synapsen – wohl gemerkt alles Modelle – fließen, bringen dann irgendwann das Membranpotenzial auf einen Spannungs-Schwellwert, der dazu führt, dass das entsprechende Neuron eine Signalspitze abgibt, einen „Spike“ feuert.

Die Konstruktion wurde vorbereitet und begleitet durch detaillierte Softwaresimulationen, in Zusammenarbeit u.a. mit den Lausanner Blue Brain-Forschern (deren Projektleiter Felix Schürmann übrigens bei Karlheinz Meier promovierte), um dem natürlichen Verhalten von Nervenzellen möglichst nahe zu kommen.

### Vorteile: Fehlertoleranz und Geschwindigkeit

Das Tolle an der Sache: Diese analogen Chips sind fehlertolerant. Es macht praktisch nicht, wenn ein Neuron ausfällt. Dadurch sind sie billig herzustellen; der aufwändige Prüfprozess kann weitgehend entfallen. Weil sie sich von oben ansteuern lassen, kann man gleich einen ganzen Wafer mit einer Vielzahl Chips nehmen. Auf diese Weise erhält man in Schreibblockgröße eine Neurosimulations-Hardware, die 200 000 Neuronen und 50 Millionen plastische Synapsen repräsentiert (Abbildungen 9 und 10). Und weil darin keine Ionenströme, sondern Elektronen fließen, laufen die Simulationen darin auch noch etwa 100 000 mal schneller als die entsprechenden natürlichen Vorgänge ab.

### Schlüsselbegriff Plastizität

Ein Schlüsselwort im vorigen Absatz war „plastisch“. Die Eigenschaft von Synapsen, Nervenzellen oder ganzen Hirnarealen, sich in Abhängigkeit von ihrer Verwendung zu verändern, nennen Wissenschaftler neuronale Plastizität. Ein Gehirn ist ein in seiner konstruktiven Gestalt – nicht in der äußeren Form – sich dynamisch verändernder Computer. Im Blue Brain-Projekt simuliert man zwar eine kortikale Säule mit 10 000 Neuronen.

Diese sind jedoch nicht wie in der Natur durch Plastizitätsprozesse selbstkonfiguriert. Erst fernere Softwaremodelle sehen diesen Prozess vor, der es ja erst ermöglicht, dass aus dem Informationsinhalt von weniger als einem Gigabyte, der im Genom eines Menschen enthalten ist, so etwas Komplexes wie das menschliche Gehirn evolviert. Solch ein Verhalten soll die Hardwaresimulation von FACETS leisten. Dessen Nachfolgeprojekt BrainScaleS (Brain-inspired multiscale computation in neuromorphic hybrid systems) startet als Teil der 7. EU-Forschungsrahmens laut Meier

wohl Anfang nächsten Jahres. BrainScaleS wird Verbindungen sowohl zu Blue Brain wie auch zu Brain-i-Nets aufbauen. Letzteres startete im Januar dieses Jahres ebenfalls als Teil des 7. EU-Forschungsrahmens unter Leitung des Grazer Neuroinformatikers Robert Legenstein.

Die Forscher des Grazer Instituts für Grundlagen der Informationsverarbeitung (IGI; Leitung Wolfgang Maass) wollen durch detaillierte Untersuchungen an intaktem Hirngewebe herausfinden, wie die Plastizität der synaptischen Aktivität durch biochemische und Umweltfaktoren beeinflusst wird. Dabei helfen beispielsweise neue optogenetische Werkzeuge für die Darstellung neuromodulatorischer Vorgänge. Deren Analyse soll dann dazu dienen, neue Lernregeln für künstliche neuronale Netze zu erstellen, die über die Hebbische Lernregel hinausgehen. Ein kleiner Einschub zur Geschichte der Hirnforschung und zu künstlichen neuronalen Netzen soll hier etwas Zeit geben zum Luft holen...

### Hebbsches Lernen

Schon 1894 postulierte der Spanier Santiago Ramon y Cajal, dass das Gedächtnis durch die Stärkung der Verbindung zwischen existierenden Neuronen gebildet wird. 1949 formulierte der kanadische Neurophysiologe Donald Olding Hebb eine erste Lernregel: Das Gehirn lerne, indem Verbindungen zwischen Nervenzellen (Neuronen), die gleichzeitig aktiv sind, verstärkt werden [3]. Detaillierter ausgedrückt: Wenn eine Nervenzelle A eine Nervenzelle B dauerhaft und wiederholt erregt, wird die Synapse dadurch so verändert, dass die Signalübertragung effizienter wird. Dadurch erhöht sich das Membranpotential im Empfänger-Neuron.

Im Jahr 1966 machte der Norweger Terje Lømo die dazu passende Entdeckung. Er führte eine Reihe neurophysiologischer Experimente mit betäubten Kaninchen durch, um die Rolle des Hippocampus in Bezug auf das Kurzzeitgedächtnis zu untersuchen. Er stimulierte dabei einzelne Nervenzellen und stellte fest: Treten die mit den Stimulationen verknüpften Aktionspotentiale häufiger oder schneller oder besser koordiniert auf, so führt dies zur dauerhaften Verstärkung der Signalübermittlung zwischen den Zellen. Zusammen mit seinem Mitarbeiter Timothy Bliss publizierte Lømo 1973 diese Ergebnisse [4]. Die Autoren bezeichneten dieses Phänomen als long-term potentiation (LTP). Dieser Lernprozess, der wenige Minuten bis zu lebenslang anhalten kann, wurde intensiv im Hippocampus erforscht.

Wissenschaftler um Nikos Logothetis vom Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik in Tübingen konnten im vergangenen Jahr sogar durch experimentelle Reizung von Nervenzellen im

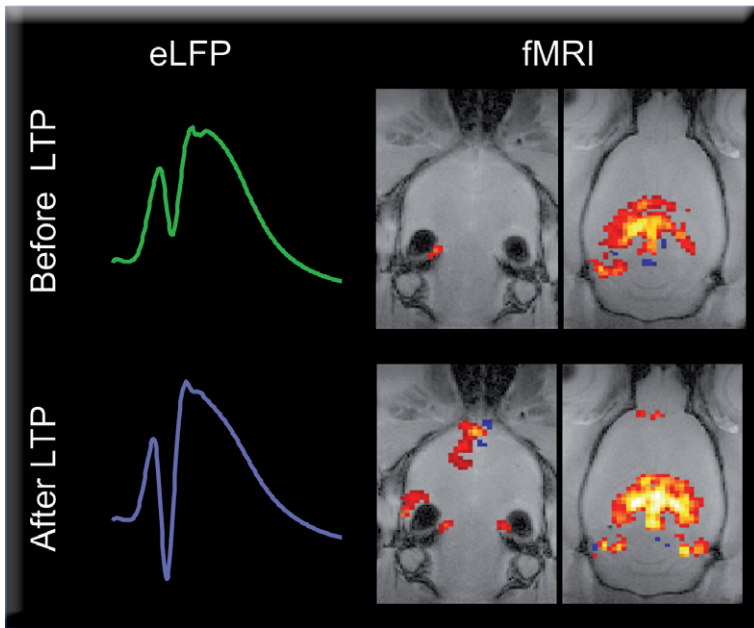
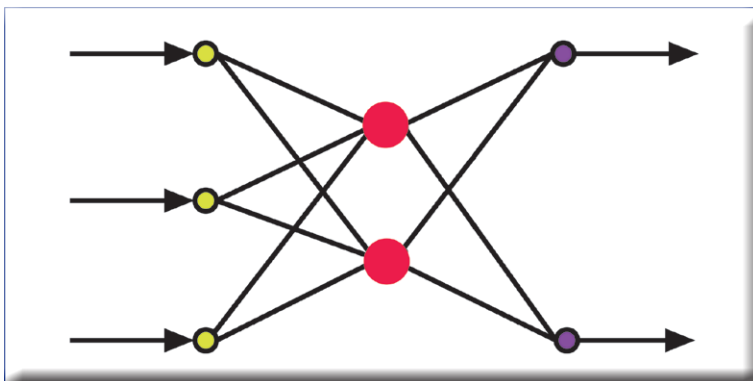


Abbildung 8: Die langfristige Verstärkung der Reizübertragung an den Synapsen (LTP) im Hippocampus führt zu einer weit reichenden Neuorganisation des Nervennetzes. Die Bilder des Kernspintomographen (fMRI) zeigen, welche Gehirnareale gerade stark durchblutet und damit aktiv sind (Abb.: Canals / MPI für biologische Kybernetik).

Hippocampus erstmals zeigen, dass sich die Aktivität auch großer Hirnareale mittels LTP langfristig verändern lässt [5]. Durch eine Kombination von funktioneller Magnetresonanztomographie mit Mikrostimulation und Elektrophysiologie – also eines typischen top down-Verfahrens – verfolgten sie, wie sich große Populationen von Nervenzellen im Vorderhirn von Ratten neu vernetzen (Abbildung 8). Die Veränderungen zeigten sich in einer besseren Kommunikation zwischen den Hemisphären und in einer Verstärkung von Verschaltungen im limbischen System und in der Hirnrinde. Während die Hirnrinde unter anderem für Sinneswahrnehmungen und Bewegungen zuständig ist, verarbeitet das limbische System Emotionen und ist für die Entstehung von Triebverhalten mitverantwortlich.

Abbildung 9: Prinzip eines einfachen feedforward-künstlichen neuronalen Netzes. Es verfügt über Eingangs-, Zwischen- und Ausgabeneuronen (Abb.: RK).



## Erste künstliche neuronale Netze

Von einer Simulation eines derartigen Verhaltens in Computern konnten Forscher lange Zeit nur träumen. Einerseits gab es weder eine Hardware, die leistungsfähig genug gewesen wäre, noch hatte man ansatzweise Erkenntnisse über Mechanismen, die so etwas ermöglichen könnten. 1958 – neun Jahre nach Hebb's Postulat – baute der amerikanische Psychologe Frank Rosenblatt das Perceptron, ein einfaches künstliches neuronales Netzwerk (KNN). Es konnte schon Muster klassifizieren, war lernfähig und fehlertolerant und konnte „Erfahrungen“ verallgemeinern, also generalisieren. All das waren Eigenschaften, die man zuvor nur dem Gehirn zuschrieb. Das Perceptron bestand aus einem Raster mit 400 Photozellen, die mit 512 neuronensimulierenden Schaltkreisen verbunden waren. Eine Hebb-ähnliche Lernregel veränderte die Verbindungen (synaptischen Gewichte) zwischen ihnen, und die „Netzhaut“ lernte, Buchstaben zu erkennen. 1969 wurde der KNN-Forschung jedoch ein Tiefschlag versetzt. Marvin Minsky und Seymour Papert vom Massachusetts Institut of Technology (MIT) wiesen nach, dass das Perceptron bei bestimmten Klassifikationen versagen muss [6]. Daraufhin zogen sich die Geldgeber der KNN-Forschung zurück, sie kochte mehr als zehn Jahre auf Sparflamme.

Einige hartnäckige Forscher ließen dann jedoch den Neurocomputer-Phoenix aus der Asche seines früheren Ansehens neu entstehen. Zum einen hatte sich herausgestellt, dass die im Buch beschriebenen Einschränkungen nur für spezielle, sehr einfache Netzwerke ohne „verdeckte Schicht“ gelten; zum anderen ermöglichte die Geschwindigkeitssteigerung konventioneller Computer, immer bessere Simulationen von KNNs zu konstruieren und zu prüfen. Und die Konnektionisten, so eine Bezeichnung derjenigen, die sich mit neuronalen Netzen befassen, schufen neue Netze.

Ein Beispiel dafür ist Madaline, das durch zusätzliche Neuronen (multiple adaptive linear elements) zwischen Ein- und Ausgabe die von Minsky und Papert beschriebenen logischen Grenzen einfacher Netze überwand (Abbildung 9). Als man dann 1985 madaline-artigen Netzwerken beibrachten, Fehler beim Training durch alle Schichten des Netzwerkes rückzurechnen und zu verringern, stand ersten Anwendungen der künstlichen neuronalen Netze nichts mehr im Wege. Auch heute bilden diese Backpropagation-Netzwerke die Grundlage für die meisten KNN-Anwendungen.

## Große Vielfalt künstlicher Neuronetze

Allgemein gilt: Bei den künstlichen Neuronetzen gibt es etliche Modelle; es lässt sich eine Vielzahl



von Parametern ändern. Das macht ihren Einsatz für spezifische Anwendungen so schwierig; es ist eine genaue Abstimmung nötig. Wissenschaftler und Techniker können Feedforward- oder Feedback-Netze entwerfen, die Lernregeln variieren, die Input-, Transfer- sowie die Outputfunktionen der Prozessorelemente verändern. Damit wird beispielsweise festgelegt, ob ein Neuron alle Eingangssignale einfach aufsummiert (Input), ob ein Schwellwert zu überwinden ist, damit das Neuron Impulse weitergibt (Transfer), oder ob nur das Neuron einer Schicht mit dem höchsten Output Impulse weitergeben darf (Output), gemäß der Losung: der Gewinner bekommt alles. Es gibt Feedforward-Netze wie die oben beschriebenen, aber auch Netze, in denen die Neuronen aller miteinander verkoppelt sind.

Der Schichtbegriff spielt dabei keine Rolle. Ihre mathematische Beschreibung umfasst Algorithmen, die denen zur Ermittlung energetischer Zustände in Spingläsern dienen. Das sind Substanzen, bei denen etliche Atome keinen Magnetismus aufweisen, andere aber magnetisch sind, wobei ihre Pole in unterschiedliche Richtungen weisen können. Man sagt, ihre magnetischen Spins sind ungeordnet. Allerdings beeinflusst ein magnetisches Atom seine Nachbarn, sucht diese in (oder gegen) seine eigene Magnetisierung auszurichten, und die Spins dieser Nachbaratome wechselwirken mit anderen und auch untereinander. Genau solch eine Wechselwirkung passiert aber auch in künstlichen neuronalen Netzen mit Rückkopplungen.

Es gibt KNNs für Lernaufgaben, die ein Training benötigen. Dazu zählen etwa die Backpropagation-Netze. Es gibt aber auch künstliche Neuronetze, die selbstständig, selbstorganisiert lernen (self organizing maps des Finnen Teuvo Kohonen oder Netze nach der adaptive resonance theory ART). Eine Aufgabe solcher Netze ist es, eine Lösung des Konflikts zwischen Stabilität und Plastizität von künstlichen neuronalen Netzen zu finden: Sie sollen gelernte Muster behalten, trotzdem Neues leicht lernen und damit die alte Information nicht überschreiben – wie es ja natürliche Gehirne auch können.

### Zeitabschnitte codieren Information

Etwa bis Ende der 90er Jahre des vorigen Jahrhunderts ließen alle KNN-Modelle in ihrer theoretischen Beschreibung jedoch eins weitgehend außer Acht: die Zeit. Im biologischen Gehirn jedoch spielt die Zeit eine wichtige Rolle. Die Abfolge von Aktionspotenzialen bringt Zeitfaktoren in die Hirnfunktion ein, machen Teile der Gedächtnisarbeit aus.

Die Hebb'sche Lernregel wurde wie oben dargestellt Ende der 60er Jahre des vorigen Jahrhunderts experimentell bestätigt. Erst viel später hat

man jedoch festgestellt: Es hängt sehr genau von der zeitlichen Differenz ab, mit der die Neuronen relativ zueinander einen Impuls abgeben, wie sehr sich ihr weiteres Zusammenwirken verbessert. Dieses Prinzip nennt man „Spike Time Dependent Plasticity“ (STDP). Es ist heutzutage grundlegend für die Hirnforschung wie auch für die Computeneurowissenschaften (siehe dazu auch Seite 457: Schneller Code für Gerüche: Abstände von Nervenimpulsen entscheidend).

Der Ausdruck weist schon darauf hin, dass die Aktivität von Synapsen, ihre Wandlungsfähigkeit, ihre Plastizität, entscheidend für Lernvorgänge ist. Lernen spielt sich auf zellulärer Ebene innerhalb von wenigen hundert Millisekunden ab. Mittel der Kommunikation zwischen den Nervenzellen sind elektrische Impulse, die „Spikes“. Damit unsere Erinnerungsfähigkeit die gesamten Zeitbereiche von Sekunden, Stunden, Tagen, Jahren abdeckt sind verschiedene Mechanismen am Werk. Spikes können die synaptische Funktion beispielsweise kurzzeitig verändern. Diese STP (für short time plasticity) ist beispielsweise davon abhängig, in welcher Reihenfolge Impulse die Synapse erreichen. Kommen präsynaptische Spikes vor postsynaptischen Spikes an – also von einem entfernten Neuron zu dem Neuron hin, an dem die Synapse sitzt (pre-post spiking), erzeugt dies eine langfristige Verstärkung der Synapsenaktivität (LTP für long term potentiation). Im umgekehrten Fall, auch als post-pre spiking bezeichnet, vermindert sich die Aktivität (long-term depression, LTD). U.a. diese Form des synaptischen Kurzzeitgedächtnisses ist notwendig, damit später Informationen ins Langzeitgedächtnis überführt werden.

Die feuerratenabhängige Plastizität von Synapsen wurde übrigens von Henry Markram entdeckt, als er Anfang der 90er Jahre in dem Heidelberger Labor von Bert Sakmann als Postdoc arbeitete. Sakmann war es gelungen, mit feinsten Glasröhrchen die elektrischen Impulse einzelner Neuronen zu belauschen. Für die Entwicklung dieser Patch Clamp-Technik (Abbildungen 1 und 2) erhielt er 1991 den Nobelpreis. Eine Weiterentwicklung dieser Technik führte ja auch zu o.g. Gerät, mit dem sich bis zu zwölf Neuronen gleichzeitig in ihrer Aktivität überwachen lassen.

Mathematische Algorithmen, die die STDP beschreiben, haben mittlerweile natürlich ihren Einzug in neue Modelle für künstliche neuronale Netze gehalten – und in den Entwurf von Neurohardware, zu denen auch jene der Heidelberger Wissenschaftler zählt (Abbildungen 10 und 11). Damit hat man ein weiteres Werkzeug in der Hand,

Abbildung 10: Dieses Bild zeigt die relative Kleinheit des neuen Hardware-Ansatzes zur Simulation neuronaler Aktivitäten: Prof. Karlheinz Meier an einem Testaufbau des FACETS-Wafer, dessen Verbindungsplatte zu sehen ist (Foto: RK).



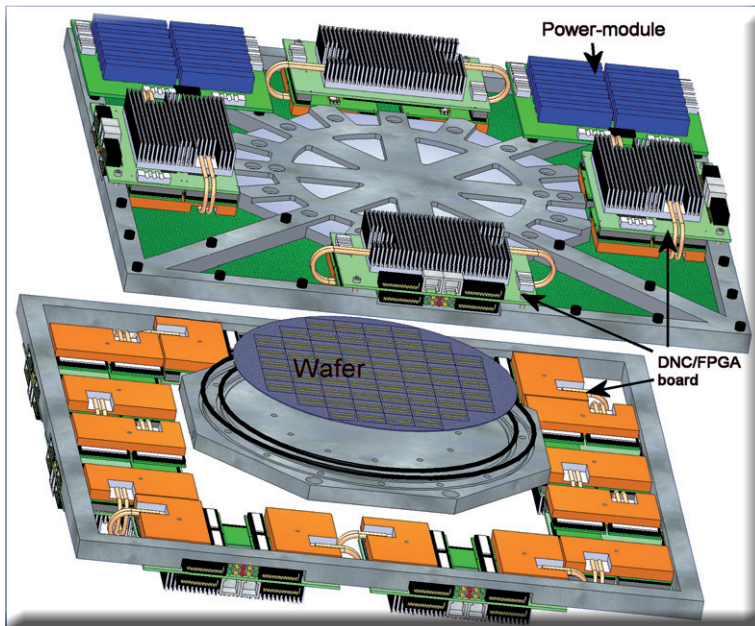


Abbildung 11: Prinzipieller Aufbau eines analogen Neurocomputers mit einem Wafer, der aus einer Vielzahl von Spike-Chips besteht und Algorithmen der STDP ausführt. Diese Neurosimulations-Hardware repräsentiert 200 000 Neuronen und 50 Millionen plastische Synapsen (Abb.: KIP/Meier).

mit dem man versuchen kann, dem Phänomen biologischen Lernens auf die Spur zu kommen. Sicher ist: So wie beispielsweise Backpropagation-Netzwerke lernen geschieht das Lernen im Gehirn nicht...

### Memristoren für Neurosimulationen

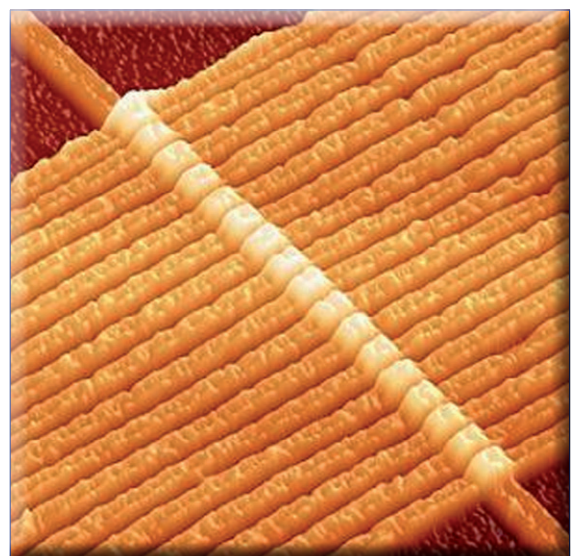
Wie bereits ausgeführt ist der Energieverbrauch heutiger Computer ein großes Hindernis bei der umfangreichen Simulation neuronaler Netzwerke, wie sie z.B. im Blue Brain-Projekt angestrebt wird. Wenn man sich etwas von den biologischen, molekularen Grundlagen von Nervennetzen entfernt und eher Wert auf eine möglichst effiziente Nachbildung ihrer Funktionen legt, dann bringen wie beschrieben spezielle Neurochipkonstrukte schon erhebliche Fortschritte in der Dimension der parallelen Informationsverarbeitung wie auch in der Energieeffizienz. Mit den 20 Watt Energieverbrauch bei 100 Milliarden Neuronen und der hundert Billionen Synapsen eines menschlichen Gehirns werden aber auch solche spezialisierten Hardwareprodukte noch lange nicht konkurrieren können.

Es deutet sich allerdings eine weitere Hardware-Optimierungsmöglichkeit an, und die beschreibt man mit einem Kunstwort: Memristor (Abbildungen 12 und 13). Die lateinischen Wurzeln *memorare*: sich erinnern und *resistere*: Widerstehen deuten schon auf die Funktion hin. Es handelt sich um einen elektrischen Widerstand,

dessen Wert je nach früher durch ihn geflossenen Ströme unterschiedlich ist. Das Bemerkenswerte: Ein Memristor ist so tiefgreifend in der Elektrotechnik verankert, dass er neben dem Widerstand, dem Kondensator und der Spule als viertes fundamentales passives Bauelement gilt. Die mathematische Rechtfertigung für die Existenz eines Memristors als viertes fundamentales Bauelement basiert auf einer Symmetriebetrachtung bezüglich der anderen drei Elemente. Ein normaler Widerstand ergibt sich als Funktion von Spannung und Strom. Die Kapazität eines Kondensators ist eine Funktion zwischen Spannung und Ladung, die Induktivität einer Spule hingegen eine Funktion zwischen Strom und magnetischem Fluss. Was fehlt ist ein Element, der eine funktionale Beziehung zwischen magnetischem Fluss und Ladung. Genau diese Funktion weist ein Memristor auf. Praktisch bedeutet das: Man kann den Widerstandswert eines Memristors einmal durch einfachen Ladungstransport programmieren, und dann behält er diesen Wert bis zur Reprogrammierung bei (Abbildung 13).

Während die ersten drei fundamentalen elektrischen Bauelemente schon im 19. Jahrhundert bekannt waren, beschrieb Leon Chua (Abbildung 14) von der Universität Berkeley in Kalifornien den Memristor jedoch erst in einer Arbeit im Jahre 1971 [7] – rein theoretisch. Eine erste Mitteilung über eine physikalische Realisierung gab es erst 2007. Im April 2008 haben Forscher von Hewlett Packard einen relativ einfach aufgebauten Schichtverbund aus Titandioxid mit Platinelektroden als Memristor vorgestellt. Ende August 2010 wurde in Arbeiten von Jun Yaound James M. Tour von der Rice Uni-

Abbildung 12: Aufnahme des in den Laboren von Hewlett Packard hergestellten Schichtverbundes von 17 Memristoren mittels eines Rasterkraftmikroskops (Abb.: J. J. Yang, HP Labs).



versity gezeigt, dass auch einfaches Siliciumdioxid als Schichtmaterial funktioniert. Ein solcher Memristor besteht aus einer 5 bis 20 Nanometer dicken Siliciumdioxidschicht zwischen leitend dotierten Siliciumschichten. Das Bauelement kann auf einer Fläche von ca. zehn Nanometern Kantenlänge und aufgrund der einfachen Struktur äußerst preiswert hergestellt werden. Es arbeitet, weil sich in der Oxidschicht bei Anlegen einer Spannung Pfade aus reinen Siliciumnanokristallen zu einer leitenden Struktur formen, die durch eine andere Spannung reproduzierbar und wiederholt zerstört werden kann.

Das technisch Interessante an Memristoren ist: Als Speicherelement lassen sie sich mit sehr wenig elektrischer Energie betreiben, und zudem sind sie in kleinsten Maßstäben realisierbar. Im Mai 2008 waren die Wissenschaftler bei Hewlett-Packard in den 15-Nanometer-Bereich vorgestoßen; als Grenze bei herkömmlichen Fertigungsverfahren gelten 16 Nanometer. Zudem können sie nicht nur die Binärwerte 0 und 1 speichern, sondern – aufgrund ihres analogen Verhaltens – beliebige Zwischenwerte.

### Prädestiniert als Bauelemente für Synapsen

Diese Art der Speicherung prädestiniert Memristoren geradezu als Bauelemente für technische Nachempfingungen biologischer Synapsen, zumal dabei ihre problematische Eigenschaft nicht stört: die Zuverlässigkeit ihrer Speichereigenschaften lässt gegenüber derjenigen der gewohnten Digitaltechnik zu wünschen übrig. Aber neuronale Netze sind ja fehlertolerant. Zudem hat man gerade am Forschungszentrum Jülich Wege gefunden, wie man die gegenseitigen Störungen rein passiver Memristor-Speicherzellen, das Übersprechen, verhindern kann.

Und es gibt bereits Rechnerarchitekturen, bei denen sich mit Memristoren Speicher- und Logikbereiche auf einem Chip lokal zusammenführen lassen. Beim der klassischen von-Neumann-Rechnerarchitektur gibt es bekanntlich einen „Rechenknecht“, der seine Informationen aus Speicherzellen abseits seiner selbst zieht; Speicher und Logikteil sind streng getrennt. Der dazu notwendige Datenaustausch ist mit ein Grund für die hohen Energieverluste heutiger Computer. Auch von fertigungstechnischer Seite zeichnen sich Lösungsmöglichkeiten für die einfache Herstellung von Memristorchips ab; dies zeigt die Entdeckung des Silicium-Memristors. Während Hewlett Packard beim Memristor auf Titandioxid-Schichten setzt, bewertet man Siliziumoxid als vorteilhaft. Das Material lässt sich in der herkömmlichen CMOS-Fertigungstechnik problemlos produzieren. Noch gibt es derartige Schaltungen jedoch nicht kommerziell. Hewlett Packard rechnet damit, dass Memristor-Speicherchips 2013 verfügbar sein werden.

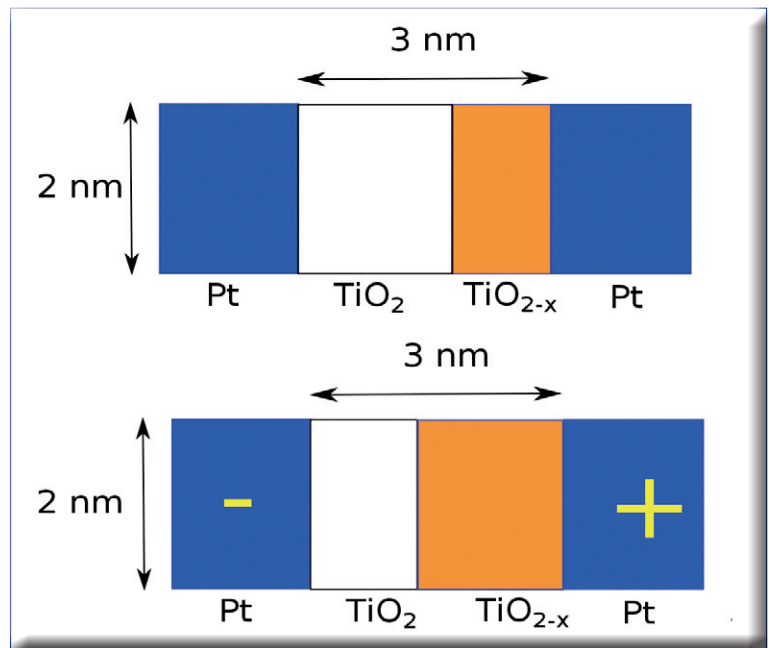


Abbildung 13: Memristor aus dotiertem Titandioxid; oben: geringe elektrische Leitfähigkeit; unten: hohe elektrische Leitfähigkeit. Der von Hewlett-Packard hergestellte Memristor besteht aus einer wenige Nanometer dicken Titandioxidschicht zwischen zwei Platinelektroden. Der rechte im Bild eingefärbte Teil der Titandioxidschicht ist mit Sauerstofffehlstellen dotiert (p-Dotierung) und weist eine hohe elektrische Leitfähigkeit auf. Der linke Teil der Titandioxidschicht ist ein Isolator. Wenn ein elektrisches Feld angelegt wird, driften die Sauerstoff-Fehlstellen, wodurch sich die Raumladungszone verschiebt. Dadurch verringert sich die Dicke der Isolationsschicht. Mit kleiner werdender Dicke der Isolationsschicht vergrößert sich die Leitfähigkeit des Memristors, wobei der Tunneleffekt (Feldemission) eine wesentliche Rolle spielt (Abb.: Michael Lenz).

### Die Kortex-Simulation rückt näher

Die Anzahl der Speicherzellen pro Fläche könnten mit Memristoren gegenüber herkömmlichen Bauelementen – u.a. auch mit Anwendung von Stapelbauweisen – um den Faktor 100 000 steigen! Ebenso minimiert der Einsatz von Memristoren Kosten sowie insbesondere den Energieverbrauch von Hardware-Neurosimulatoren. Als Folge dürfte die Simulation eines kompletten humanen Neurokortex der Wirklichkeit dann doch ein Stück näher kommen, sei es durch Henry Markram oder – nun ja, auch auf dem Gebiet des Neuromorphic engineering gibt es Konkurrenz – und auch persönliche Forscherfehden.

So gibt es beispielsweise das „SpiNNaker“-Projekt, eine Kooperation der britischen Universitäten Manchester und Southampton. Es wird mit einer Millionen Britischen Pfund (ca. 1,18 Mio. Euro) vom britischen Staat gefördert, hat Kooperationen u.a. mit dem Chiphersteller ARM – und das Ziel, eine Plattform zur Echtzeitsimulation großer Neuronetze zu schaffen, wie der Name schon sagt: „a universal Spiking Neural Network architecture“.

Die größte Konkurrenz dürfte jedoch „SyNAPSE“ sein. Das Projekt wird von der US-amerikanischen

Kongress für nichtlineare dynamische Vorgänge

## Chaos für Reaktionsaufklärung

**HONOLULU.** Nichtlineare dynamische Vorgänge rücken immer mehr ins Zentrum des Interesses interdisziplinärer Forschung. Dies zeigte ein internationaler Kongress über dieses Thema, der jetzt in Honolulu (Hawaii-Inseln) stattfand.

Im Mittelpunkt der Diskussion stand auch der Chaos-generator «Chuas Circuit», den auch Chemiker zu Forschungen verwenden. Dieser Schaltkreis, den Professor Leon O. Chua von der Universität von Kalifornien in Berkeley entwickelte, ist die elektronisch einfachste Möglichkeit, eine Vielzahl chaotischer Phänomene zu erzeugen. Mittlerweile existieren etwa fünf Dutzend Publikationen, darunter auch Bücher, über diese Schaltung. Der Grund: «Jedes chaotische Verhalten kann mit diesem Schaltkreis nachvollzogen werden. Er ist ein universelles Paradigma für chaotische Phänomene», äußerte Chua gegenüber der «Chemischen Rundschau».

Mit diesem Schaltkreis hätte man das Ziel erreicht, zuerst Phänomene beobachten zu können, dann Modelle bilden und diese schließlich exakt mathematisch studieren zu können. Auch Chemiker hätten mit dem Schaltkreis schon experimentiert. So hätten Forscher aus

Spanien mit einer Anordnung aus 100 mal 100 solcher Schaltkreise wellenförmige Muster erzeugt, wie sie auch bei oszillierenden chemischen Reaktionen auftreten. Damit sei jetzt die Möglichkeit gegeben, diese Reaktionen mathematisch aufzuklären.

Über ein anderes Beispiel chaotischen Verhaltens chemischer Reaktionen berichteten die japanischen Wissenschaftler Hidetoshi und Konno von der Universität Tsukuba. Sie stellten ein nichtlineares Modell für die Oxidation von Kohlenmonoxid an einer Platin-Einkristall-Oberfläche auf. Zur Zeit arbeiten sie an der Nachprüfung der Vorhersagen des Modells, nach dem ein komplexes chaotisches Verhalten bei der Reaktion auftreten soll, mit sorgfältigen Experimenten.

Auf Anregung von Leon Chua haben die polnischen Wissenschaftler S. Jankowski, C. Mazur und R. Wanczuk Arbeiten mit dem Chaos-Schaltkreis und einem zellulären neuronalen Netzwerk durchgeführt, um diffusions-kontrolliertes Kristallwachstum zu simulieren. Zelluläre neuronale Netze sind dynamische Systeme, die nur lokale Interaktionen ausüben. Sie können deshalb als eine Art analoger Supercomputer zur



Professor Leon O. Chua demonstriert das erste Exemplar des «Chua-Circuit», eingegossen in Kunststoff. (Foto: Kickuth)

Lösung partieller Differentialgleichungen herangezogen werden. Die graphische Darstellung der Netzwerkzustände bei

dem simulierten Kristallwachstum ergab Strukturen, die denen von Schneeflocken ähnlich sind. Rolf Kickuth

Abbildung 14: Leon Chua demonstriert dem Autor auf dem Symposium für Nichtlineare Theorie und ihre Anwendungen 1993 in Hawaii den Chua's Circuit. Die Schaltung weist chaotisches Verhalten auf und eignet sich als Demonstrationsobjekt für Effekte der Chaostheorie und nichtlineare Dynamik. Seine viel grundlegendere Postulat zu Memristoren war damals noch weit von einer Hardware-Realisierung entfernt.

Verteidigungsforschungsagentur DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) gefördert. Diese Agentur hat drei Hauptvertragspartnern Gelder gegeben: IBM, Hewlett Packard sowie HRL. Letztere sind hervorgegangen aus den Forschungslaboratorien des seltsamen Millardärs Howard Hughes, wo man 1960 den weltweit ersten Laser mit dem damals typischen Rubinkristall präsentierte.

SyNAPSE – „Systems of Neuromorphic Adaptive Plastic Scalable Electronics“ – startete Anfang 2009 und läuft bis 2016. Im November letzten Jahres berichteten die Forscher von SyNAPSE, sie hätten eine Simulation geschaffen, deren Maßstab an Anzahl simulierter Neuronen und Synapsen dem Gehirn einer Katze ähnlich sei, wohl gemerkt „Maßstab“ und nicht „Komplexität“. Der Lohn dafür: Der Projektleiter Dharmendra Modha war Ende 2009 unter den Preisträgern des Gordon Bell-Preises in den Spezialkategorien mit der Arbeit: „The Cat is Out of the Bag: Cortical Simulations with  $10^9$  Neurons,  $10^{13}$  Synapses“. Man will also eine Milliarde Neuronen mit zehn Billionen Synapsen simuliert haben.

Das brachte Henry Markram auf die Palme, er nannte diese Arbeit einen Aprilscherz (hoax), einen Mega-Public-Relations-Stunt. Seine Hauptangriffspunkte waren: Man arbeite mit extrem vereinfachten Modelle von Neuronen und Synapsen, fernab jeglicher biologischer

Realitäten. Zudem hätte die Arbeit nicht den in der Wissenschaftswelt üblichen Begutachtungsprozess (peer review) durchlaufen. Schon im Jahre 2007, als Dharmendra Mhoda proklamierte, Simulationen im Mäusehirnmaßstab durchgeführt zu haben, brach Markram seine neurowissenschaftliche Kooperation mit IBM ab. Er bewertete diese Inanspruchnahme Mhoda als unethisch und einen Betrug an der Öffentlichkeit.

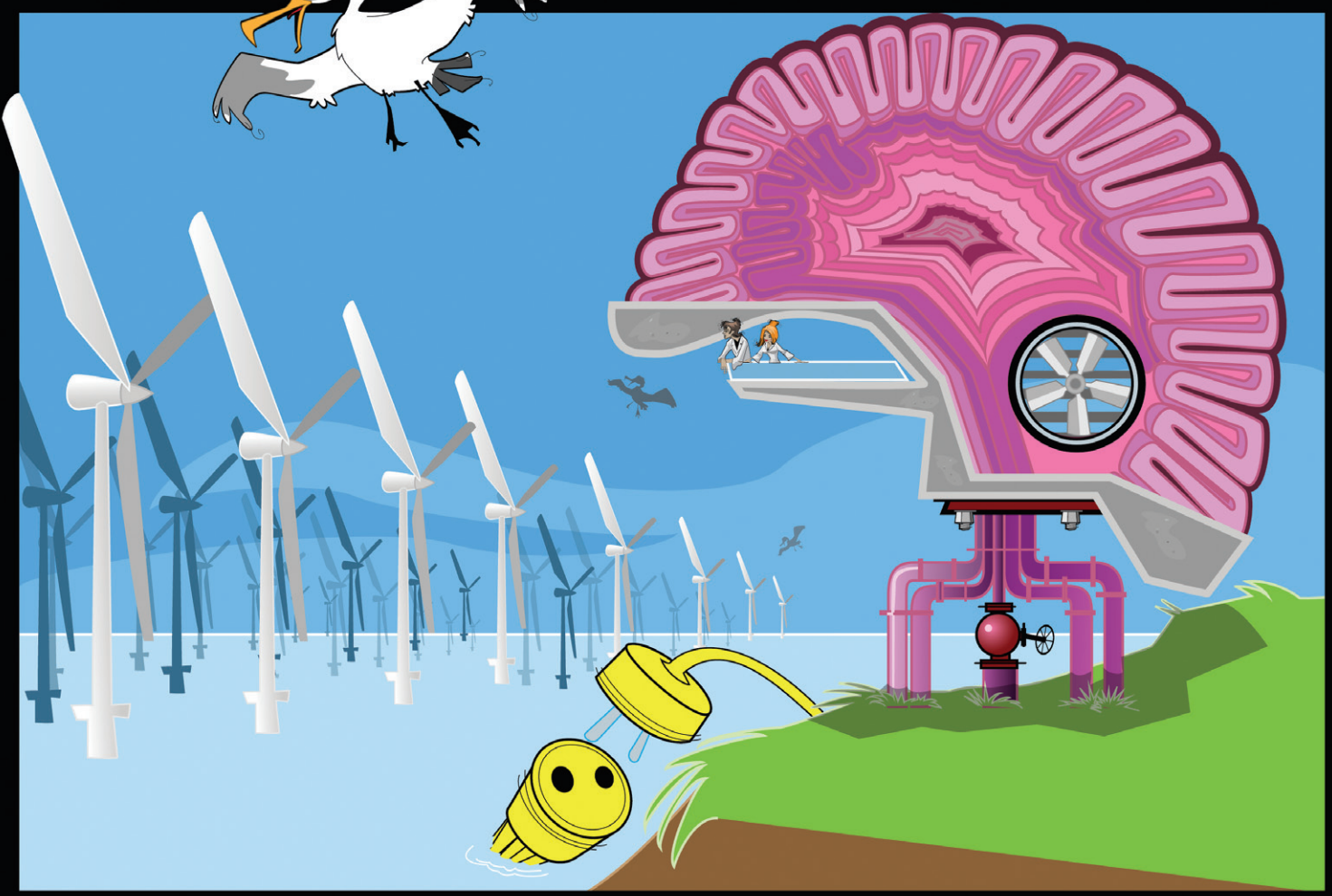
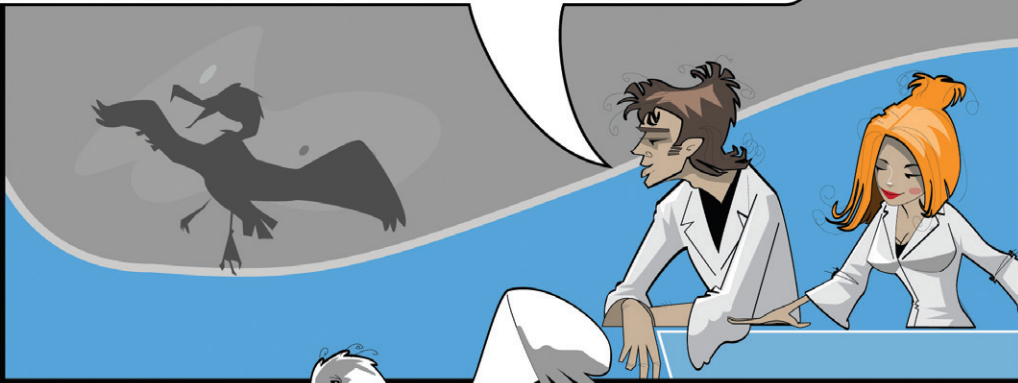
Ohne in dem Streit eine Wertung vornehmen zu wollen – und zu können: Offenbar steht hier der ambitionierte Neurobiologe Markram dem reinrassigen Computerwissenschaftler Mhoda, der ja auch seine Unterstützer hat, gegenüber. Vielleicht kann man diesen Streit als besonders klare Ausblühungen einerseits des Reverse engineering-, andererseits des Black box-Verfahrens sehen – wie am Anfang des Artikels bereits skizziert. Ganz sicher ist: Neuromorphic engineering steht erst am Anfang, wird sicher noch umwälzende Erkenntnisse und Entwicklungen liefern. Zu dieser „whole brain emulation“ gibt es bereits einen Fahrplan [8]. Den erstellte der britische Philosoph

Nick Bostrom, auch engagierter Vertreter des Transhumanismus, der ja durch ein Zusammengehen von Biologie und Technik dem Menschen zu ungeahnten Möglichkeiten verhelfen will. Der Fahrplan geht bis 2201; wir dürfen gespannt sein... **CLB**

### Literatur

- [1] <http://thebeautifulbrain.com/2010/02/bluebrain-film-preview/>
- [2] <http://www.popsi.com/scitech/article/2009-07/computerized-rat-brain-spontaneously-develops-complex-patterns>
- [3] D. Hebb: The organization of behavior. A neuropsychological theory. Erlbaum Books, Mahwah, N.J. 2002, ISBN 0-8058-4300-0 (Nachdruck der Ausgabe New York 1949)
- [4] T. V. Bliss, T. Lomo, Long-lasting potentiation of synaptic transmission in the dentate area of the anaesthetized rabbit following stimulation of the perforant path, *J. Physiol.* 1973, 232, 331-356
- [5] S. Canals, M. Beyerlein, H. Merkle, N. Logothetis: Functional MRI Evidence for LTP-Induced Neural Network Reorganization. *Current Biology* (2009), doi:10.1016/j.cub.2009.01.037
- [6] M. Minsky, S. Papert: Perceptrons; MIT Press, 1969
- [7] L. O.Chua, Memristor, The Missing Circuit Element, *IEEE Transactions on Circuit Theory* 1971, CT-18 (5) S. 507–519
- [8] <http://www.fhi.ox.ac.uk/Reports/2008-3.pdf>

Jetzt haben wir endlich den kompletten Hirnsimulator hier in diesem super-gestylten Gebäude am Meer, Wasserkühlung, alles betrieben mit regenerativer Windenergie, und was ist? Die Liga zum Schutz der seltenen Krummschnabel-Graufügelmöve hat uns quasi den Stecker gezogen. Der Windpark darf nicht in Betrieb gehen. Könnte sich ja einer dieser krummen Vögel drin verfliegen. Bin gespannt, was Superhirni dazu sagt, falls er mal je läuft...



# Wasser, Schloss und Multimedia

## Das Wassermuseum Aquarius in Mülheim-Styrum

Georg Schwedt, Bonn



Abbildung 1: Blick auf das Schloss Styrum – aus 35 Metern Höhe vom Wasserturm (alle Fotos: Schwedt).

Am 3. April 1992 wurde anlässlich der Landesgartenschau in Mülheim an der Ruhr der 1892/93 errichtete Styruer Wasserturm als Wassermuseum Aquarius mit einem multimedialen Konzept zur Bedeutung des Wassers im Ruhrgebiet für Mensch und Industrie eröffnet. Unmittelbar benachbart zur Ruhr und zum Schloss Styrum mit seiner bis in das 13. Jahrhundert zurück reichenden Geschichte und einem Schlossgarten kann dieses einmalige Museum auch als ein Gesamtkunstwerk aus Landschaft, Architektur und Technik betrachtet werden. Als Industriedenkmal ist es seit 1999 auch „Ankerpunkt“ auf der Route der Industriekultur.



### Der Autor

Der Buchautor und Mitherausgeber der CLB, Prof. Dr. Georg Schwedt, war von 1987 bis zu seiner Emeritierung 2006 Professor für Anorganische und Analytische Chemie an der Technischen Universität Clausthal. Jetzt lebt er in Bonn und widmet sich in vielfacher Weise der Aufgabe, die Naturwissenschaften den Menschen nahe zu bringen.

Vom S-Bahnhof Mülheim-Styrum ist der Weg zum Wassermuseum Aquarius ausgeschildert. Wir betreten das von einer Mauer umgebene Areal durch das Tor auf der Nordseite an der Moritzstraße. Im 11. Jahrhundert befand sich hier ein Oberhof des deutschen Königs Heinrich IV., der den Besitz Stirhim 1067 dem Reichsstift Kaiserswerth vermachte. Anstelle des Hofgutes entstand 1286 auf einem Sandwall der Ruhr ein erstes Burghaus des Grafen Dietrich von Altena-Isenberg, das sich zum Stammsitz des späteren Familienzweigs Limburg-Styrum entwickelte. Ein repräsentatives Herrenhaus entstand erst im 14./15. Jahrhundert. 1442 wurde Graf Wilhelm I. von Limburg-

Styrum von Kaiser Friedrich II. mit der Herrschaft als Reichlehen belehnt. Der letzte Umbau der Anlage erfolgte 1658 durch den Grafen Moritz von Limburg-Styrum. Nach dem Ableben des letzten männlichen Erben zu Beginn des 19. Jahrhunderts gelangte das Schloss nach mehrmaligen Besitzerwechsel 1890 an den Ruhrindustriellen August Thyssen. Er ließ das heruntergekommene Gebäude renovieren und erweitern sowie den Park im englischen Landschaftsstil umgestalten. Das Herrenhaus wurde als Wohnsitz für die Direktoren seiner Firma genutzt. 1959 kam das Schloss als Stiftung an die Stadt Mülheim, zur Landesgartenschau 1992 in Mülheim wurden Schloss (heute mit einem Restaurant) und Park umgestaltet – und auch das Wassermuseum Aquarius im benachbarten Wasserturm eröffnet.

### August Thyssen und der Styruer Wasserturm

August Thyssen (1842-1926) wurde in Eschweiler geboren, studierte an der damaligen Polytechnischen Schule in Karlsruhe und der

Handelshochschule in Antwerpen und trat dann in das Bankhaus seines Vaters ein. 1867 gründete er zusammen mit Verwandten in Duisburg ein Eisenwerk. 1870 wurde die Gesellschaft aufgelöst und Thyssen errichtete von dem Erlös in Styrum bei Mülheim an der Ruhr ein Walzwerk, aus dem sich eines der größten europäischen Montankonzerne entwickelte. Den steigenden Bedarf seiner Eisen- und Walzwerke konnte das Mülheimer Wasserwerk bald nicht mehr erfüllen. Deshalb erwarb Thyssen am Ruhrufer Grundstücke – auch das damals baufällige Schloss Styrum. Es entstand unterhalb von Styrum das Wasserwerk Thyssen, wo sich noch heute zwei Ruhrwasserwerke befinden. 1893 wurde der Wasserturm mit einem Speichervolumen von 500 000 Litern fertiggestellt. Der funktionale Industriebau zeigt aber auch Gauben und Windrosen im Mauerwerk als Charakteristika der damaligen Industriearchitektur. Vom Wasserturm wurde eine 15 Kilometer lange Leitung nach Bottrop gelegt, und einige Jahre später wurden auch die Thyssen-Zechen in Gladbeck und Hamborn angeschlossen. Die betroffenen Gemeinden forderten mit Erfolg, dass die anliegenden Häuser einen Anschluss an das Wassernetz bekamen. Nach 1900 verlegte Thyssen den Schwerpunkt der Wassergewinnung an den Rhein und Streitigkeiten mit der Stadt Mülheim über einen Hafenausbau veranlassten ihn, 1912 den Styrumer Wasserturm und sein Wasserwerk zu verkaufen. Es entstand durch einen Zusammenschluss der Wasserwerke an der unteren Ruhr die Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft (RWW). Von durch Dampfmaschinen betriebenen Pumpen im Wasserwerk Styrum wurde der Wasserturm befüllt. Auf drei Etagen lebten auch die Wasserwerker mit ihren Familien bis 1967 in dem Turm. 1982 wurde der Styrumer Wasserturm stillgelegt, nachdem schon Anfang der 1960er Jahre Schäden am Gebäude aufgetreten waren. 1989 wurde entschieden, den denkmalgeschützten Wasserturm zu einem modernen Museum umzugestalten.

### Projekt Aquarius

Neben dem Wasserturm wurde ein zweiter Turm aus Stahl, Glas, Backstein und Beton errichtet. Durch das ebenfalls neu erbaute Foyer gelangt der Besucher zu einem Aufzug, der ihn im neuen Turm bis auf eine Höhe von 18 Metern befördert. Im Foyer erhält man eine Chip-Karte als Schlüssel für die Multimedia-Stationen. Auf halber Höhe kann er sich dann entscheiden – entweder für den Aufstieg über eine Treppe und nach dem Überschreiten einer gläsernen Brücke mit einem zweiten Aufzug im Wasserturm bis auf die Höhe von 35 Meter, wo ein Ruhrlandpanorama ihn er-



Abbildung 2: Blick auf das Langsamsandfilterbecken der RWW und auf die Ruhr von der Ebene „Ruhrlandpanorama“ des Wasserturms.

Abbildung 3: Das Wassermuseum Aquarius – Wasserturm und Glasturm mit Aufzug, gläsernem Übergang und Treppenhaus zur Plattform des Ruhrlandpanoramas.



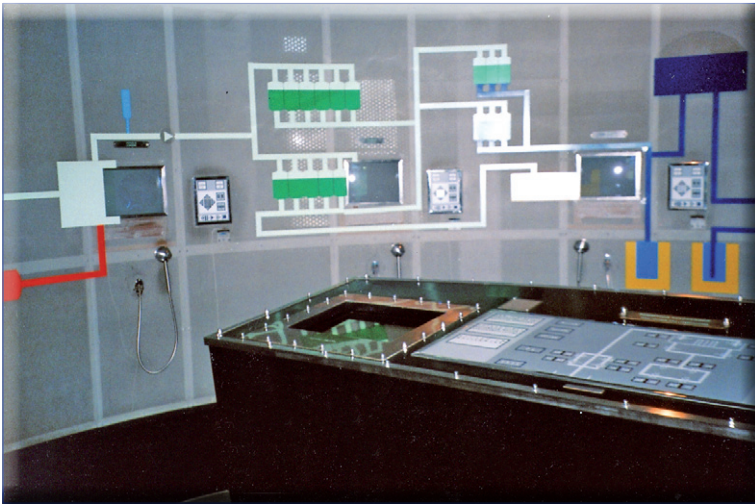


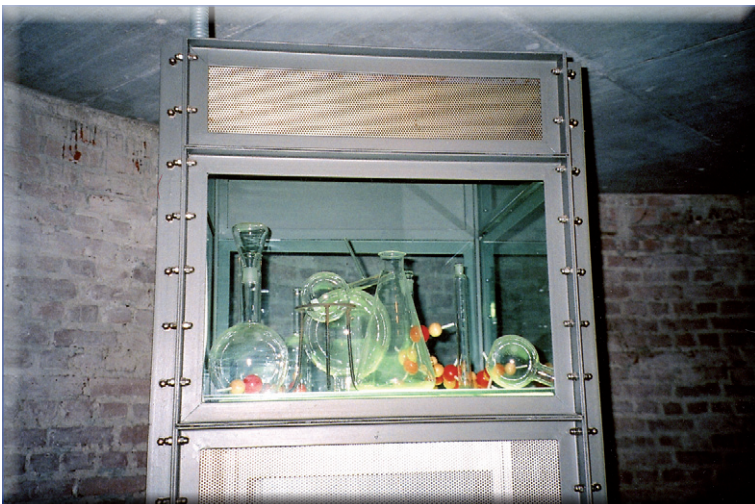
Abbildung 4:  
Steuerungswarte  
Wasserwerk.

wartet. Der Turm insgesamt hat eine Höhe von fast 50 Metern. Hier befindet sich der Wasserbehälter, und von hier aus beginnt der Abstieg durch die verschiedenen Ebenen des Wassermuseums.

Der zylinderförmige Wasserbehälter hat einen Durchmesser von 9 Metern und ist mit einigen Tausend Litern Wasser gefüllt. In ihn wurde früher das Wasser aus dem genannten RWW-Wasserwerk über eine Steigleitung gepumpt. An dieser Stelle wird auch über die Technik (Konstruktion) der Wasserbehälter berichtet. Vom „Ruhrlandpanorama“ blickt man auf die Stadt und auf der anderen Seite auf die Ruhr sowie auf einige Langsandsandfilterbecken, die zum Wassergewinnungsgelände der RWW gehören. Auf den nächsten Etagen – der „Aquasphäre“ und der mit „Globus“ bezeichneten 3. Ebene (von oben gezählt) – wird ausführlich über das „Element Wasser“ als Lebenselixier informiert: über die größten Seen, die längsten Flüsse, die Bedeutung des Wassers für das Leben, die Ökosysteme u.a.

Auf der 4. Ebene in einem „Labor“ können an der Laborsäule mittels Touchscreen auch mehrere physikalische und chemische Experimente

Abbildung 5:  
Exponate der  
Station „Labor“.



durchgeführt werden – u.a. zur Kapillarwirkung, Dichteanomalie und zu den Aggregatzuständen. Auch Chemiegeschichte (von Thales bis Lavoisier) wird dort vermittelt. Eine Installation zum Grundwasser ermöglicht Einblicke in das unter einem Block von Lehm-, Sand- und Mergelprofilen verborgene Leben aus kleinen Krebsen, Einzellern im Grundwasser. In diesem Bereich können auch insgesamt sieben Filme abgerufen werden – u.a. zum Wasserkreislauf.

Alle weiteren Ebenen haben ebenfalls Schwerpunktthemen – so „5. Quelle und Nebenquelle“ (daneben am Übergang und Ausgang nach dem Rundgang zur gläsernen Brücke auch ein Ökospiel), 6. „Abenteuerreise Ruhrtal“, 7. „Treffpunkt Brunnen“, 8. „Wasser-/Industriegeschichte“, 9. „Ruhrland im Wandel“, 10. „Talsperre/Weltwasserkonferenz“, 11. „RWW – Ein Lebenslauf“, 12. „Trinkwasser/Wasserwerk“ und 13. „Klärwerk“. Im Bereich „Quelle“ wird dieser Begriff bzw. Themenkreis auch metaphorisch als Quelle von Kultur und Mythologie behandelt.

Andererseits sprudeln virtuelle Quellen über vier Monitore eingebettet in eine Felslandschaft aus Metallquadern – als Beispiel für das grundlegende Konzept dieses besonderen Museums. Die „Abenteuerreise Ruhrtal“ kann man auf einem speziellen „Ruhrmobil“ ebenfalls virtuell von der Quelle bis zur Mündung unternehmen. Ein Faltblatt der RWW zum Aquarius Wassermuseum fasst die wichtigsten Charakteristika wie folgt zusammen: „Vom Wasserspeicher zum Wissensspeicher“ – „Wasser schätzen – Wasser schützen“, „Hightech3 + Kunst“, „Vom Wasser lernen“, „Freizeitziel Industriekultur“ und „Mehr als ein Museum“ – Überschriften, die der Autor nach seinem Besuch bestätigen kann. Das Aquarius Wassermuseum ist eines der 23 so genannten Ankerpunkte auf der Route der Industriekultur der Ruhr.2010 als Kulturhauptstadt Europas. Hier startet auch eine Themenroute zur Geschichte und Gegenwart der Ruhr.

Wer sich jeweils intensiv mit den Angeboten an Informationen sowohl über Tafeln und Exponate als besonders an den multimedialen Stationen beschäftigt, erhält nicht nur einen hervorragenden Überblick sondern auch einen vertieften Einblick in die Bedeutung des Wassers. Er reicht von den chemisch-physikalischen Grundlagen, der gesamten Ökochemie und Ökologie, der umfassenden Bedeutung des Wassers für den Menschen, über die Techniken der Wassergewinnung bis zur Wasserreinigung und den Besonderheiten im Ruhrgebiet (historisch und heute) an einem authentischen Ort – dem Styrumer Wasserwerk an der Ruhr in Mülheim.

Wer das Angebot von Quiz und Spiel mit Hilfe seiner Chip-Karte wahrgenommen hat, kann am Ende des Rundgangs die erzielten Ergebnisse



auch ausdrücken lassen. 1993 wurde das Wassermuseum Aquarius mit einem Sonderpreis in Gold für die beste multimediale Erlebniswelt sowie den Europäischen Multimedia Award (EMMA) ausgezeichnet. Und wer sich dann von der anspruchsvollen Beschäftigung mit den genannten Themen erholen möchte, kann einen Spaziergang im Schlosspark oder zur Ruhr unternehmen bzw. auch im Restaurant (mit Gartenlokal) Schloss Styrum einkehren.

CLB

#### Literatur

Rheinisch-Westfälische Wasserwerksges.mbH (Hrsg.): 10 Jahre Aquarius Wassermuseum (Redaktion Ulrich Schallwig), Mülheim 2003.

Lesczenski, Jörg: August Thyssen 1842-1926. Lebenswelt eines Wirtschaftsbürgers, Klartext Verlag, Essen 2008.



Abbildung 6: Beispiel für die zahlreichen Multimedia-Stationen im historischen Ambiente des Wasserturms.

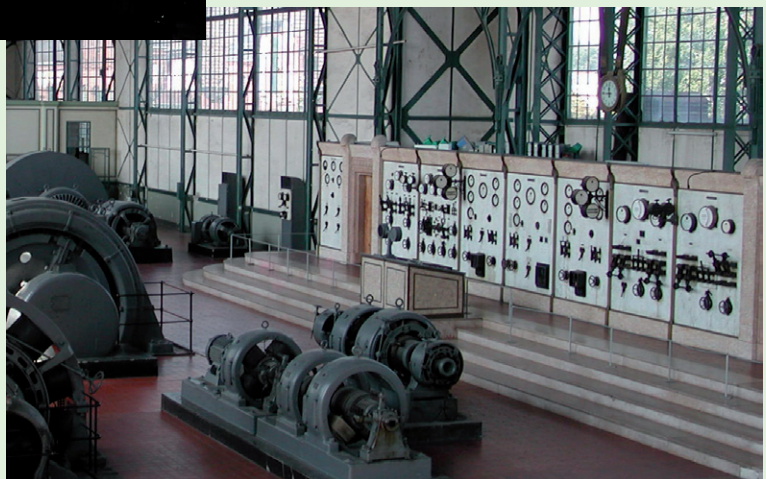
### Was ist die „Route der Industriekultur“?

Das regionale Tourismus-Projekt „Route der Industriekultur“ ist ein etwa 400 Kilometer langer Rundkurs durchs Ruhrgebiet. Hochöfen, Gasometer oder Fördertürme prägen bis heute das Gesicht des Ruhrgebiets. Sie sind wichtige Zeugen der 150-jährigen industriellen Vergangenheit des Reviers, aber auch des sich vollziehenden Strukturwandels. Denn die ehemaligen Produktionsstätten – nicht wenige davon stehen unter Denkmalschutz – sind keine Orte wehmütiger Erinnerung, sondern haben sich längst zu „lebendigen“ industriekulturellen Räumen und attraktiven Veranstaltungsorten mit touristischer Anziehungskraft entwickelt. 52 herausragende Zeugnisse der industriekulturellen Vergangenheit und Gegenwart des Ruhrgebietes bilden die Route der Industriekultur. Dazu gehören überregional bedeutende Industrieanlagen ebenso wie von namhaften Architekten entworfene Arbeitersiedlungen, Museen oder Panoramen, durch die man sich einen guten Überblick über die Geschichte der Region verschaffen kann. 25 Ankerpunkte bilden das Rückgrat der Route. Sie sind der Ausgangspunkte für 25 Themenrouten, auf denen Interessierte zum Beispiel die



Geschichte einer Region erforschen beziehungsweise den Spuren eines speziellen Aspekts wie der Bergbau-, der Schifffahrts- oder Eisenbahngeschichte folgen können ([www.route-industriekultur.de](http://www.route-industriekultur.de)).

Einer der Ankerpunkte ist die Zeche Zollern in Dortmund-Bövinghausen nahe Herne. Sie war bei ihrer Einweihung 1898 die Musterzeche der Gelsenkirchener Bergwerks AG. Mit herrschaftlicher Architektur und modernster Technik dokumentiert die Anlage den Übergang vom Historismus zum Jugendstil, der u. a. Ausdruck fand in den Marmorschalttafeln und im Portal der Maschinenhalle (Fotos: Kickuth).



# Säulen statt Schichten abscheiden

## Trends auf internationalem Kongress für Molekularstrahlepitaxie

**Experten der Molekularstrahlepitaxie sind die „Legobauer“ unter den Halbleiterphysikern. Sie können Atom-schichten sehr gleichmäßig zusammenbauen. Aus immer exotischeren Materialkombinationen entwickeln sie Elektronikbauteile mit ganz neuen Eigenschaften. Ende August trafen sich rund 400 dieser Spezialisten zum 16. Internationalen Molekularstrahlepitaxie Kongress in Berlin.**

Atome suchen sich möglichst viele Nachbarn. Wenn sie sich auf einer Halbleiteroberfläche neben ihres Gleichen setzen, ist das für sie der energetisch günstigste Platz. Das machen sich Physiker zu nutze, wenn sie Atome aus der Gasphase auf einer Halbleiteroberfläche abscheiden.

Eine Galliumnitrid-Säule wächst auf Silicium (Abb.: PD).

Molekularstrahlepitaxie (MBE – Molecular Beam Epitaxy) heißt diese Technik, die Grundlagen-

forscher genauso nutzen wie die Industrie. Mit ihr werden elektronische Bauteile in Handys hergestellt oder Laser in CD-Spielern und optischen Mäusen. Herzstück dieser Bauteile sind kristalline Halbleiterschichten, die nur wenige Atomlagen dick und völlig perfekt sind. Bei der MBE werden die Halbleiterelemente in einer Vakuumkammer verdampft und scheiden sich ganz gleichmäßig auf einer Oberfläche ab. Die Physiker können dabei quasi zuschauen, wie sich Atom für Atom auf der Schicht anordnet. Sie beherrschen dieses faszinierende Verfahren heute schon so perfekt, dass sie Schichten mit genau definierter Anzahl von Atomlagen erzeugen können.

### 1500 Schichten wechselnder Zusammensetzung

Rund 25 Elemente aus dem Periodensystem stehen ihnen dabei zur Verfügung. Die Halbleiterphysiker sind wahre Künstler, wenn es darum geht, diese Elemente immer wieder neu zu kombinieren. „Die Eigenschaften eines Halbleiters, etwa welches Licht er aussendet, hängen wesentlich von seiner Zusammensetzung ab“, sagte Prof. Henning Riechert vom Berliner Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik, dessen Institut den Kongress zusammen mit der Humboldt-Universität ausrichtet.

Da gibt es relativ einfache Schichten wie das Galliumnitrid, die nur aus den Elementen Gallium und Stickstoff bestehen. Komplizierter wird es, wenn die Forscher drei und mehr Elemente in einer Schicht kombinieren. Heraus kommen Materialien wie Gallium-Indiumnitrid, welches beispielsweise für die Erzeugung von Licht im blauen und grünen Bereich des sichtbaren Spektrums eingesetzt wird. Spitzenreiter bei der Anzahl der Schichten ist der Quantenkaskadenlaser mit bis zu

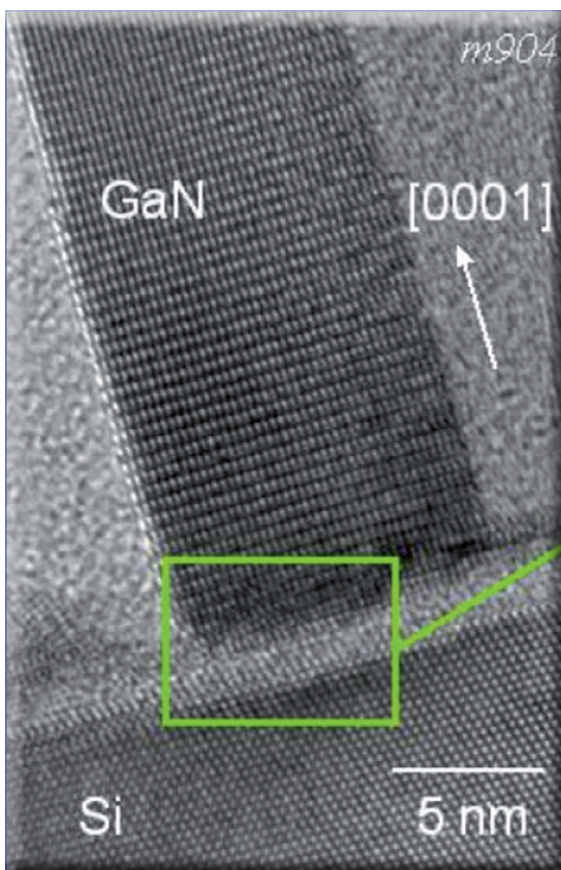
1500 Einzelschichten wechselnder Zusammensetzung, die nur wenige Nanometer dünn sind.

### Verspannungen erwünscht

Epitaxie bedeutet, dass die Kristallstruktur der aufwachsenden Schicht sich der des Substrates anpasst, solange die physikalischen Eigenschaften (insbesondere die Gitterparameter) der beiden Substanzen nicht zu stark voneinander abweichen. Man spricht von Homoepitaxie, wenn Substrat und Schicht aus der gleichen Verbindung bestehen, ansonsten von Heteroepitaxie. Bei der Heteroepitaxie kommt es wegen der im Allgemeinen unterschiedlichen Gitterparameter zu Verspannungen in der aufgewachsenen Schicht. Ab einer kritischen Schichtdicke bilden sich Versetzungen (Defekte) und die Verspannung klingt exponentiell ab.

Neben der Zusammensetzung spielen von daher noch viele andere physikalische Parameter eine Rolle. Wenn Schichten aus verschiedenen Materialien bestehen, entstehen oft Spannungen, die durchaus gewollt sind, weil sie die elektronischen Eigenschaften beeinflussen. Bei so dünnen Schichten kommt meist auch der Quanteneffekt ins Spiel. Er besagt, dass die physikalischen Eigenschaften von Materialien sich prinzipiell ändern, wenn die Abmessungen sehr klein werden. Solche Quantenphänomene nutzen die Halbleiterforscher oft gezielt, etwa wenn sie Quantenpunkte – kleine Atomansammlungen – herstellen, die in der Lage sind, „auf Bestellung“ einzelne Lichtteilchen, die Photonen, auszusenden.

Der atomare Baukasten der Natur scheint schier unerschöpflich, und wo es soviel Variationsmöglichkeiten gibt, haben die Forscher ein breites Betätigungsfeld. Alleine die Schichtdicken können wenige Atomlagen (also weniger als ein

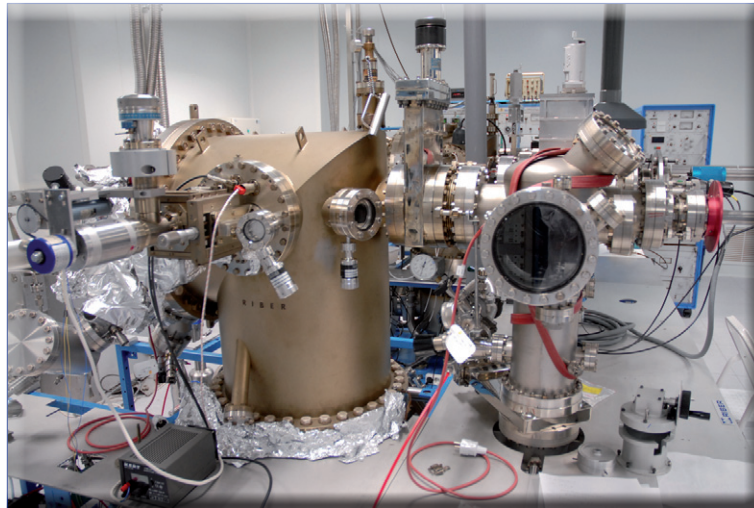


Nanometer) bis Mikrometer betragen. Was wie eine Spielwiese für begabte Physiker erscheint, hat aber einen ernsten Hintergrund. „Elektronische Bauteile sollen immer kleiner werden, mehr leisten und weniger Energie verbrauchen. Da stoßen die herkömmlichen Technologien an ihre Grenzen“, so Riechert. Deshalb suchen er und seine Kollegen nach Materialien und Materialkombinationen mit völlig neuen Eigenschaften.

### „Halbleiterrassen“

Ein neuer Trend in der Halbleiterforschung, der auf dem Kongress großen Raum einnahm, geht dahin, nicht Schichten abzuschneiden, sondern Säulen mit Durchmessern im Nanometerbereich. Unter bestimmten Bedingungen wächst dann mittels MBE auf einer Oberfläche ein „Halbleiterrassen“ heran, dessen einzelne „Halme“ noch perfekter sind, als es Schichten je sein können. Oder es gelingt den Physikern solche Rasen auf Oberflächen zu züchten, auf denen Schichten nicht wachsen würden, weil die Kristallstruktur der verwendeten Elemente nicht zusammenpasst. Sie hoffen auf diese Weise beispielsweise Galliumnitrid auf Silicium heranzuziehen, um aus dieser Materialkombination einmal kostengünstig weiße Leuchtdioden für den Massenmarkt herstellen zu können.

Manche Halbleiterelemente wie Indium werden auf der Erde auch langsam knapp werden. Die Forscher suchen hier beispielsweise nach Alternativen für durchsichtige Halbleiter, die bislang Indium enthielten und als Kontaktschichten für Solarzellen dienen. Wieder andere Forscher versuchen, die Elektronen im Halbleiter mit einem ausgerichteten Spin zu versehen, der sonst nur in magnetischen Metallen vorkommt. Der Spin ist eine Art Drehung um die eigene Achse der Elektronen, und kann genau zwei Richtungen annehmen. Unter Ausnutzung dieser Eigenschaften will man intelligentere Bauteile herstellen, die neben der Information Strom „fließt“ oder „fließt



Eine Molekularstrahlepitaxie-Anlage am Systemarchitektur-Analyselabor des nationalen französischen Forschungszentrums (LAAS-CNRS in Toulouse; Foto: Guillaume Paumier).

nicht“ auch die Spinrichtung zur Speicherung und Übertragung von Informationen nutzen.

### MOVPE

Ein anderer Epitaxieprozess ist die metallorganische Gasphasenepitaxie (metal organic chemical vapor phase epitaxy, MOVPE). Im Gegensatz zu Molekularstrahlepitaxie (MBE) findet das Wachstum der Kristalle nicht im Vakuum, sondern aus der Gasphase bei moderaten Drücken (20 bis 1000 Hektopascal; 1 bar = 1000 Hektopascal) statt. Die MOVPE ist das bedeutendste Herstellungsverfahren für III-V-Verbindungshalbleiter insbesondere für Galliumnitrid basierte Halbleiter, welches heutzutage das wichtigste Basismaterial für blaue, weiße und grüne LEDs darstellt.

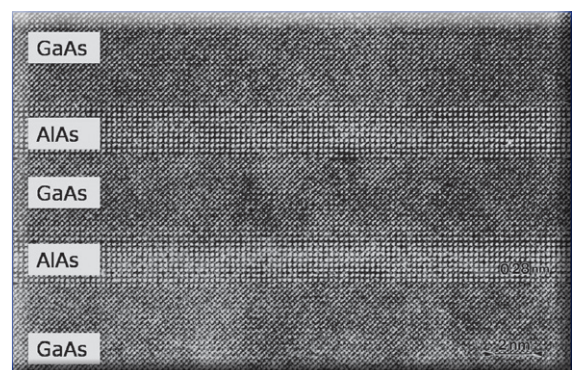
Da die Ausgangsstoffe für Verbindungen oft Metalle sind, können diese nicht bei niedrigen Temperaturen in elementarer Form in die Gasphase eingebracht werden. Daher werden bei dieser Epitaxiemethode die Ausgangsstoffe in Form von metallorganischen Verbindungen (z. B. Trimethylgallium) und Hydriden (z. B. Ammoniak, Phosphin, Arsin) zur Verfügung gestellt. Der Vorteil dieser Verbindungen ist ein moderater Dampfdruck bei Raumtemperatur, so dass sie nahe Normbedingungen verdampft und

durch Rohrleitungen transportiert werden können.

Mit der MOVPE lassen sich die für die Bauelementefunktion wichtigen Halbleiterkristallschichten reproduzierbar bis auf weniger als eine Monolage genau wachsen. Typische Wachstumsraten liegen zwischen 0,1 bis 1 Nanometer pro Sekunde und damit höher als bei der MBE. Speziell Galliumnitrid lässt sich mit der MBE nicht in ausreichender Qualität und Menge für LEDs produzieren.

Nachteile der MOVPE: Hauptkostenfaktoren sind die teuren hochreinen Ausgangsstoffe und die im Vergleich zur MBE geringe Materialeffizienz. Durch das Arbeiten mit Elementverbindungen werden im Gegensatz zur MBE immer relativ große Mengen von Fremdatomen (C, O, H) in den Kristall eingebaut und es lassen sich daher keine so reinen Halbleiterkristalle wie mit der MBE herstellen.

Halbleiterphysiker können mit Hilfe der Molekularstrahlepitaxie perfekte Atom-schichten erzeugen (Abb.: PDI).



**Proteine, Gene und Hormone**

- Das Schlüsselmolekül im Sehprozess ist der Farbstoff Retinal. Wird er durch Licht angeregt, verändert er seine Struktur und aktiviert das ihn umgebende Protein. Die **Strukturänderung des Retinals** erfolgt äußerst schnell, nämlich in ca. zweihundert Billionstel Sekunden. Der Verlauf dieser Reaktion wurde jetzt an den Universitäten Duisburg-Essen sowie Mailand aufgeklärt.

- Wissenschaftlern vom Institut für Strukturbio-logie des Helmholtz Zentrums München und vom Lehrstuhl für Biomolekulare NMR-Spektroskopie an der Technischen Universität München ist es gelungen, die Struktur einer wichtigen Region des **Sam68-Proteins** aufzuklären. Sam68 spielt für die zelluläre Signalweiterleitung eine zentrale Rolle.

- Wissenschaftler des Instituts für Physiologische Chemie der Medizinischen Fakultät an der TU Dresden machen den altersbedingten Abbau von Bindeproteinen für die Chromosomenfehlverteilung in Eizellen verantwortlich. Folge ist bei zunehmendem **Alter der Mütter ein dramatisch steigendes Risiko embryonaler Chromosomendefekte**.

- Diabetes mellitus Typ 1 ist eine derzeit noch unheilbare Autoimmunerkrankung, bei der das Immunsystem die insulinproduzierenden Zellen der Bauchspeicheldrüse zerstört. Nun haben Forscher des NGFN und MDC im Rahmen einer internationalen Studie erstmals ein ganzes Netzwerk an Genen aufgedeckt, das an der **Entstehung des insulinabhängigen Typs der Zuckerkrankheit** beteiligt ist. Weiter identifizierten sie den Rezeptor, der dieses Netzwerk steuert.

- Ein Gen bestimmt, **wieviele Cholesterin die Leber ins Blut freisetzt**. Bei dem Gen handelt es sich um SORT1. MDC-Forscher fanden heraus: Das Gen bildet einen Faktor, welcher dafür sorgt, dass die Leber effizienter Cholesterin freisetzt. Das bedeutet, Personen mit einer aktiven SORT1-Genvariante schütten viel Cholesterin ins Blut aus und haben damit ein höheres Risiko einen Herzinfarkt zu erleiden. Menschen dagegen, welche eine weniger aktive Genvariante tragen, schütten weniger Cholesterin aus.

- Wissenschaftler im Deutschen Krebsforschungszentrum zeigen zum ersten Mal, dass das **Gen Junb die Kontraktion von Gefäßen reguliert**. Der Verlust des Junb-Gens bewirkt u. a., dass die Tiere keinen Bluthochdruck mehr entwickeln. Bislang sind bereits etwa 10 bis 20 Genvarianten bekannt, die sich auf den Blutdruck auswirken können.

- Jetzt ist es gelungen, die **Genomsequenz eines Hornkieselchwamms** teilweise zu entschlüsseln. Dabei fanden die Forscher heraus, dass das Genom von Amphimedon queenslandica, der im australischen Great Barrier Reef lebt, eine erstaunliche Ähnlichkeit zum Genom komplexerer Tiere einschließlich Säugetieren aufweist.

# Schneller Code für Gerüche

## Abstände von Nervenimpulsen entscheidend

Die Information über einen Duftstoff ist schon in der zeitlichen Abfolge der jeweils ersten neuronalen Impulse einer Population von Neuronen enthalten.

Sinneswahrnehmungen sind schnelle Prozesse. Ein Blick genügt, um eine komplexe Szene visuell zu erfassen. Neuere Studien zeigen: Auch Gerüche können Mensch und Tier in weniger als einer Sekunde erkennen. Den zu Grunde liegenden neuronalen Mechanismus hat man jetzt untersucht.

Forschungen in Göttingen zielten darauf ab, auf welche Weise die Information über Gerüche im räumlich-zeitlichen Muster der entsprechenden Nervenimpulse enthalten ist, ob es etwa auf die Zahl der Impulse oder ihren zeitlichen Abstand ankommt.

Dazu hat man die Vorgänge bei der Kaulquappe näher unter die Lupe genommen. Untersucht wurde die neuronale Aktivität des Riechkolbens. Dies ist die Gehirnregion, die für die Verarbeitung von Informationen für den Geruchssinn zuständig ist. Dabei konzentrierten die Forscher sich auf die früheste Information, die jedes Neuron übermittelt, nämlich den Zeitpunkt des ersten neuronalen Impulses nach Gabe des Duftstoffes, die Erstspike-Latenz.

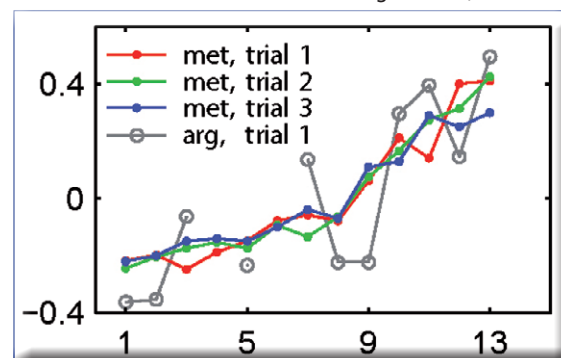
Die Wissenschaftler präsentierten dem Geruchssystem eine Vielzahl von Reizen und analysierten die gemessenen



Übersicht über den vorderen Hirnteil und die Nase der Larve des afrikanischen Krallenfrosches *Xenopus laevis*. (Abb.: CMPB).

senen Zeiten bis zum ersten „Feuern“ der Nerven mithilfe zeitlich hochauflösender optischer Messungen in dutzenden Nervenzellen gleichzeitig. Es zeigte sich, dass bestimmte Duftstoffe jeweils ein für sie charakteristisches Verzögerungsmuster hervorrufen. In einem nächsten Schritt konnten die Forscher zeigen, dass es auch möglich ist, einzig auf Grund des gemessenen Musters auf den Duftstoff zurückzuschließen. Die Wissenschaftler gehen daher davon aus, dass Verzögerungsmuster wesentlich dafür sind, um Gerüche sehr schnell erkennen zu können. Damit stellen sich nun eine Reihe neuer Fragen. Vor allem gilt es

Wird der gleiche Duftstoff (z.B. die Aminosäure Methionin) mehrfach präsentiert, antworten die Zellen in der gleichen Reihenfolge (rote, grüne, blaue Kurven). Ein anderer Duftstoff (Arginin) ändert diese Reihenfolge deutlich (graue Kurve; Ordinate: Erstspike-Latenz in Sekunden, Abszisse: Zellen-Identifikationsnummer; Abb.: Uni Göttingen/Junek).



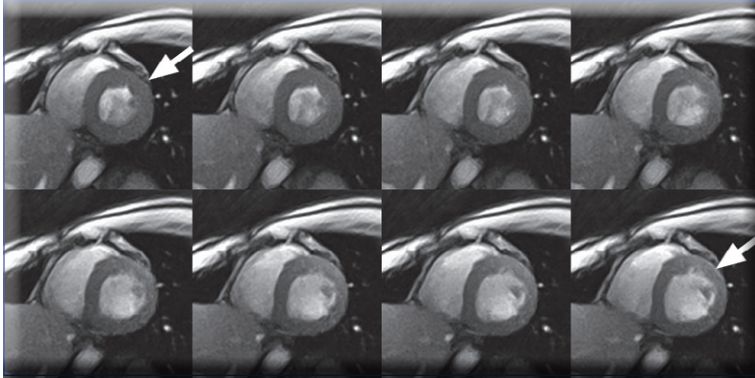
herauszufinden, wie nachgeschaltete Hirnregionen den Latenz-Code verstehen können.

Originalveröffentlichung: Stephan Junek, Eugen Kludt, Fred Wolf and Detlev Schild. Olfactory coding with patterns of response latencies. *Neuron*, Volume 67, Issue 5, 872-884, 9 September 2010; DOI: 10.1016/j.neuron.2010.08.005

## Rekord bei NMR-Tomographie: 33 Millisekunden pro Bild

Zu CLB 05/2009, M26 - M31:  
Das Prinzip der Kernresonanz

Die Magnetresonanztomographie (MRT) wurde als bildgebende Kernresonanzspektroskopie ab 1973 entwickelt.



Die acht Bilder zeigen 0,264 Sekunden eines Herzschlags (Abb.: Frahm/MPI biophysikalische Chemie).

1985 jedoch gelang Jens Frahm und Axel Haase in Göttingen mit der Erfindung des Schnellbild-Verfahrens FLASH (fast low angle shot) ein grundsätzlicher Durchbruch in der MRT. Die FLASH-Technik reduzierte die damaligen Messzeiten um bis zu zwei Größenordnungen (Faktor 100) ohne substantielle Verluste an Bildqualität. Ebenfalls Göttinger Max-Planck-Forscher um Jens Frahm und Martin Uecker sowie Shuo Zhang haben jetzt die Zeit für eine Bildaufnahme noch einmal entscheidend verkürzt – auf nur eine fünfzigstel Sekunde. Damit lassen sich erstmals Bewegungen von Organen und Gelenken live „filmen“: Augen- und Kieferbewegungen ebenso wie die Beugung des Kniegelenks oder das schlagende Herz.

Für den Durchbruch zu Messzeiten, die nur noch Bruchteile einer Sekunde betragen, mus-

sten mehrere Entwicklungen erfolgreich miteinander verknüpft werden. So verwendeten die Wissenschaftler zwar erneut die FLASH-Technik, dieses Mal aber mit einer radialen Kodierung der Ortsinformation, welche die MRT-Aufnahmen gegenüber Bewegungen weitestgehend unempfindlich macht. Zudem macht ein neu entwickeltes mathematisches Verfahren es möglich, dass sich aus den eigentlich unvollständigen Daten ein aussagekräftiges Bild berechnen lässt. Im Extremfall lässt sich so aus nur fünf Prozent der Daten eines normalen MRT-Bildes ein vergleichbar gutes Bild berechnen – entsprechend einer 20-fach kürzeren Messzeit. Der Rechenaufwand der neuen Methode ist allerdings gigantisch. Wenn man das Herz für nur eine Minute in Echtzeit untersucht, entstehen aus einer Datenmenge von zwei Gigabyte beispielsweise 2000 bis 3000 Bilder. Diese aufwendigen Berechnungen erfolgen mit schnellen Grafikkarten. Für eine Minute NMR-Film benötigt das Rechnersystem derzeit dennoch rund 30 Minuten.

Das Bild zeigt ein Echtzeit-MRT des Herzens mit einer Messzeit von 33 Millisekunden pro Bild und 30 Bildern pro Sekunde. Die räumliche Auflösung beträgt 1,5 Millimeter in der Bildebene (Schichtdicke 8 Millimeter). Die acht aufeinanderfolgenden Aufnahmen zeigen die Bewegung des Herzmuskels einer gesunden Testperson für eine Dauer von 0,264 Sekunden während eines einzigen Herzschlags. Die Bilder reichen von der systolischen Phase (Pfeil oben links: Kontraktion des Herzmuskels) bis zur diastolischen Phase (Pfeil unten rechts: Entspannung). Das helle Signal in den Herzkammern ist das Blut.

## Zuverlässiger Test zum Nachweis von Gendoping entwickelt

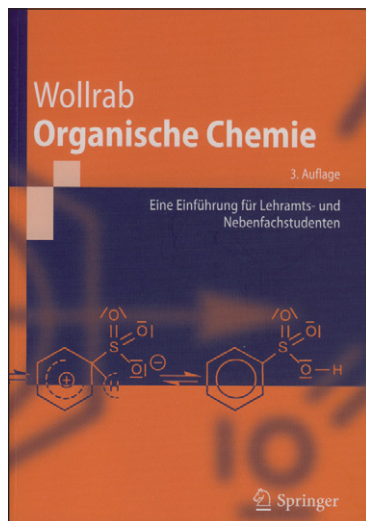
Zu CLB 05/2008, 190-195:  
Gendoping im Zentrum  
des Interesses

Wissenschaftler der Universitäten in Tübingen und Mainz haben einen Test entwickelt, mit dem sich Gendoping zweifelsfrei nachweisen lässt. Damit

lässt sich nicht nur Gendoping mit EPO, sondern auch Doping mit den wichtigsten anderen Genen relativ kostengünstig nachweisen, so teilte Prof. Perikles Simon von der Uni Mainz. Der Test liefert nach Angaben der Wissenschaftler eindeutige Ja-oder-Nein-Antworten, je nachdem ob transgene DNA in Blutproben vorhanden ist oder nicht. Transgene DNA oder tDNA stammt nicht von dem Untersuchten selbst, sondern wurde – häufig über Viren – in dessen Körper eingeschleust, um an Ort und Stelle die leistungssteigernden Stoffe wie bei-

spielsweise Erythropoetin (EPO) zur Bildung von roten Blutkörperchen herzustellen. Die sichere und fehlerfreie Anwendung des Nachweisverfahrens der Mainzer und Tübinger Wissenschaftler wurde im Rahmen einer Spezifitätsprüfung an 327 Blutproben von Leistungs- und Freizeitsportlern nachgewiesen. Die Forscher gehen jetzt davon aus, dass sich für Athleten der Missbrauch der Gentherapie zu Dopingzwecken nicht mehr lohnt. Spätestens das Wissen um das Risiko, auch Monate nach einem durchgeführten Gentransfer bei einer Wettkampfkontrolle entdeckt zu werden, dürfte wohl auch die waghalsigsten Doper abschrecken. Die Welt-Anti-Doping-Agentur (WADA) hat die Arbeiten an dem Gendoping-Test während der letzten vier Jahre mit 980 000 US-Dollar gefördert.

## Organische Chemie – systematisch und übersichtlich



Adalbert Wollrab: *Organische Chemie: Eine Einführung für Lehramts- und Nebenfachstudenten*; 1113 Seite ; 3. Aufl. 2009; Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-642-00780-; 59,95 Euro.

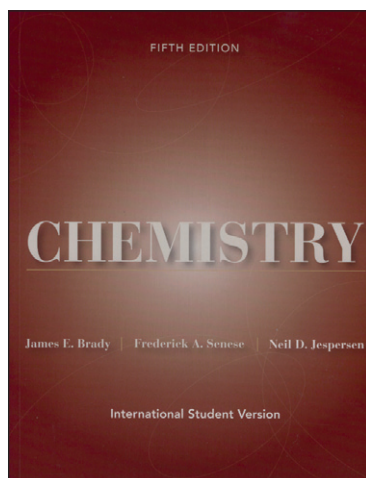
Die 3. Auflage dieses Lehrbuchs vermittelt nicht nur Studierenden der „Chemie als Lehrfach“ Grundlagenkenntnisse der Organischen Chemie, sondern es richtet sich auch an Studierende der Pharmazie, Biologie sowie Agrar- und Ernährungswissenschaften. Das einführende Kapitel (54 Seiten) stellt zunächst die Bedeutung der

funktionellen Gruppen anhand einer tabellarischen Übersicht über die Stoffklassen organischer Verbindungen heraus. Es folgen eine eingehende Beschreibung der chemischen Bindung an C-Atomen, der Formelsprache und der Nomenklatur organischer Verbindungen. Die weiteren 26 Kapitel sind wie folgt angeordnet:

Kohlenwasserstoffe und deren Reaktionen (Kap. 2 bis 6), Erdöl (7), Halogenalkane (9), Alkohole, Phenole und Ether (Kap. 10 bis 12), Aldehyde und Ketone (13), Chinone (14), Carbonsäuren und deren Funktionelle Derivate (Kap. 15 und 17), Seifen und synthetische Waschmittel (16) sowie Derivate der Kohlensäure (18). Die sich anschließenden Kapitel beinhalten in erster Linie die Beschreibung von Naturstoffen: Lipide (19), Terpene, Steroide und Gallensäuren (20), Kohlenhydrate (21), Amine und Aminosäuren (Kap. 22 und 23), Peptide und Proteine (24), Stickstoffhaltige Heterocyclen (25), Alkaloide (26) und Nucleinsäuren (27).

Die große Bedeutung der „Optischen Isomerie“ ist in einem eigenen Kapitel (8/53 Seiten) zusammenfassend dargestellt. Ein ausführliches Sachwortverzeichnis (47 Seiten) erschließt den Zugang zu allen Lehrinhalten. In der empfehlenswerten Neuauflage hinzugekommen sind im wesentlichen die nach jedem Kapitel eingefügten, insgesamt 273 Übungsaufgaben mit den sich anschließenden, ausführlich gehaltenen Lösungen. Hervorzuheben sind die Übersichtlichkeit bei der Wiedergabe der zahlreichen Strukturformeln organischer Verbindungen und die vorbildliche Kenntlichmachung von elektrischen Ladungen. Dr. Dieter Holzner

## Ein bewährtes Chemie-Lehrbuch als International Student Version



James E. Brady, Frederick A. Senese, Neil D. Jespersen; *Chemistry*; 1056 Seiten; Verlag John Wiley & Sons, 5. Aufl. 2009; ISBN 978-0-470-23440-2; Paperback, 61,90 Euro.

Unter Mitwirkung eines weiteren Autors (Jespersen) liegt mit dieser durchgehend mit farbigen Abbildungen ausgestatteten Neuauflage ein Lehrbuch vor, das Studienanfängern unterschiedlicher Fachrichtungen im Rahmen eines „General Chemistry Course“ grundlegende Kenntnisse der Allgemeinen und der Physikalischen Chemie, ebenso wie der Anorganischen Chemie, mit einer Einführung

in die Organische Chemie und Biochemie, vermittelt.

Nach einer längeren Einführung umfassen weitere 21 Kapitel die folgenden Lehrinhalte: Die Struktur der Materie (Atome, Moleküle und Ionen; Kap.2), Das Mol-Konzept und Stöchiometrie (3), Reaktionen in wässriger Lösung (4), Elektronen-Transfer-Reaktionen (5), Thermochemie und Thermodynamik (Kap. 6 und 18), Elektronen-Konfiguration und das Periodensystem (7), Chemische Bindung (Kap. 8 und 9), Gase (10), Flüssigkeiten und Feststoffe (11) und Physikalische Eigenschaften von Lösungen (12). Hinzu kommen Kapitel über: Geschwindigkeit chemischer Reaktionen (13), Chemische Gleichgewichte (14) sowie Säure-Base-Reaktionen (Kap.15 und 16); des weiteren über Löslichkeit und Komplex-Ionen (17), Elektrochemie (19) und Nuklearche-

mie (20) sowie über die Chemie ausgewählter Elemente, einschließlich der Ionen von Metallkomplexen (21) und Organische Verbindungen und Biochemie (22).

In jedem Kapitel findet man im fortlaufenden Text *Worked Examples* (insgesamt 227), die stets durch eine aus drei Schritten bestehende Vorgehensweise bearbeitet werden: Aufgabenstellung und zur Lösung der Aufgabe erforderliche Voraussetzungen werden näher betrachtet (*Analysis*), unter *Solution* ist die Lösung der Aufgabe angegeben, danach wird überprüft: „Is the Answer Reasonable?“. Dies entspricht der Zielsetzung der Autoren, bei den Studierenden die Fähigkeit zu eigenständiger Lösung von Aufgaben (problem-solving skills) zu fördern. Der Text jedes Kapitels enthält zudem *Practice Exercises*. (insges. 518) sowie als *Tools for Problem Solving* hervorgehobene Abschnitte. Der weiteren Kontrolle des Lernerfolgs dienen die am Ende der Kapitel angeordneten *Review Questions*, *Review Problems*, *Additional Exercises* und *Exercises in Critical Thinking* (insges. 2608). Hinzu kommen weitere Aufgaben (313), die am Ende von jeweils mehreren Kapiteln unter dem Gesichtspunkt *Bringing it Together* angeordnet sind. Die meisten Kapitel enthalten auch Abschnitte (*Facets of Chemistry*), welche die umfassende Bedeutung der Chemie für Industrie, Medizin und Umwelt veranschaulichen. Der Anhang enthält u.a. die Antworten zu allen *Practice Exercises* und zu ausgewählten *Review Problems* sowie ein Glossar (jeweils 19 Seiten).

Im Hinblick auf Anschaulichkeit und gute Verständlichkeit mit Englisch als Fachsprache ist diese *International Student Version* einem weiten Kreis an Studierenden zu empfehlen. Dr. Dieter Holzner

## Biologie, Technik und Umwelt – alles wächst zusammen

Andy Ross: *G.O.D. Is Great – How To Build A Global Organism*; 300 Seiten; Eigenverlag, Heidelberg 2010, ISBN 978-1-452-89792-9; 13,99 Euro; Kindle-Edition 13,80 US-Dollar.

Wer sich von dem Haupttitel *G.O.D. Is Great* nicht irreführen lässt kann eintauchen in ein Buch, das die Einschätzungsmöglichkeiten des Lesers für die zukünftige Entwicklung von Technik, Wissenschaft, Gesellschaft, Ökonomie und Philosophie erheblich verbessern hilft. Andy Ross schreibt mit tiefer Detailkenntnis in all diesen Gebieten, stellt reale Techniken, Verhalten, Gegebenheiten und Mechanismen vor und projiziert daraus zukünftige Szenarien, nicht ohne immer wieder auch selbstkritisch zu hinterfragen, welche Wahrscheinlichkeit denn diese oder jene Entwürfe haben. Seine Denkweise ist undogmatisch, offen, nicht gebunden an gesellschaftliche, religiöse oder vorstellungsbehaftete Konventionen.

Dieses vorurteilsfreie Denken macht es gleichzeitig nicht immer leicht, für die – rein von seiner englischen Sprache her auch für einen Nicht-Muttersprachler relativ leicht zu lesenden Kapitel, Abschnitte und Konzepte – Verständnis entgegen zu bringen. Beispielsweise ist gleich zu Beginn, quasi im Eintauchvorgang in die Thematik des Buchs, eine kalte Wasserzone zu durchschwimmen, wenn Ross das Konzept des Avatars vorstellt. Meiner Meinung nach hätte er darauf ohne Weiteres verzichten und trotzdem – wahrscheinlich einfacher – die damit verbundenen Mechanismen klar darstellen können: die Delegation von zunächst Standard-Denkprozessen vom Menschen auf Maschinen, wodurch der einzelne entsprechend mehr Entfaltungsmöglichkeiten bekommt. Auch wenn später der Mensch selbst als ein Avatar betrachtet wird, weil er dem Postulat des Autors nach nur eins verschiedener möglicher Substrate darstellt, in die „Geist geladen wird“ – irgendwie verwirrt der Ausdruck bei aller Liebe zum gleichnamigen Film etwas. Aber Ross mag fremdartige Ausdrücke, die er wohl an- und aufregend hält. Ein anderes Beispiel dafür ist die Picotechnologie, die Ross kommen sieht. Diese Bezeichnung ist im Grunde überzogen, auch wenn Ross damit die in submolekulare Dimensionen eintauchende, immer feinsinnigere Nutzung der Technik inklusive von Quantenphänomenen meint. Trotzdem benutzt man Atome und Moleküle, und da ist bei Nano einfach Ende.

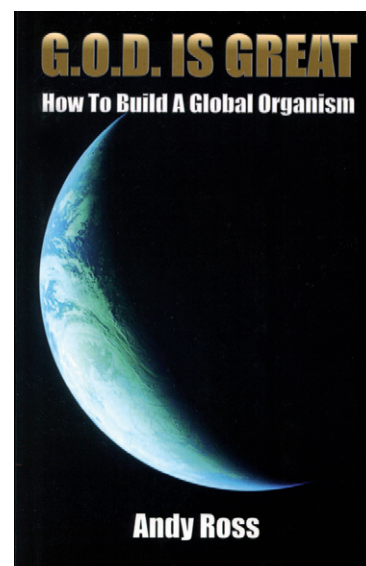
Jetzt aber (weitgehend) genug der Negativkritik. An sich ist nämlich vielfach die Art und Weise, in der Bestehendes dargestellt und extrapoliert wird, verständlich, Augen öffnend und teils faszinierend. Zwei Beispiele dazu: Ross durchdenkt umfassend den Einsatz von Augmented Reality (AR), also die computergestützte Erweiterung der Realitätswahrnehmung. Typische bisherige AR-Anwendungen beziehen sich beispielsweise auf Servicetechniker, denen über ein

Brillendisplay zusätzliche Informationen und Anweisungen für die Wartung einer Maschine gegeben werden, die sie im Blickfeld haben. Wer hat aber schon durchdacht, was die Kombination von Hirnwelldetektion und -entschlüsselung mit AR ergeben oder welche Bedeutung AR für das semantische Web haben könnte? Nun ja, der Autor machts, sagt: irgendwann genügt es, an ein spezielles Auto zu denken, und entsprechende Bilder und Informationen werden aufgerufen. Ross untermauert dies mit sehr viel Details. Nebenbei prophezeit er das Ende der Privatsphäre...

Zweites Beispiel: Das Auto. Ross sieht darin ein Objekt, das immer weitergehende Verbindungen zum Fahrer wie auch zur Gesellschaft eingeht. Es könne – um einen seiner Lieblingsgedanken aufzugreifen – zu einem Avatar des Menschen werden. Konkret spricht er von dramatischen Transformationen des Auto-Designs. Er zeigt mit intern nano-strukturierten Stromspeichern den Weg auf zur Verbindung von Auto mit Umwelttechnik, kombiniert mit einer Integration in externe IT, alles vermittelt über Head up-Displays – bis hin zum automatischen Fahren, betrieben mit grüner Energie – oder Fusions- bzw. auch Fissions-Atomenergie. Diese Szenarien dürften aus meiner Sicht mit Blick auf politische Entwicklungen überzogen sein.

Davon abgesehen geht Ross sinnvoll auf ökonomische wie politische Entwicklungen ein. Interessanterweise gibt er einer Entwicklung gute Chancen, die in ersten Anfängen bereits eingeläutet wird. Er hält die Demokratie, die mit zwei Bit alle paar Jahre eine Richtung vorgeben soll, im Anblick der Komplexität unserer Welt wie auch der kommenden technischen Möglichkeiten für überholt. Er sieht eine dynamische Demokratie kommen, mit einer Vielzahl von Mikro-Abstimmungen. Interessanterweise gibt es jetzt eine Webseite „liquidfeedback.org“, die zur Gründung des Vereins „Interaktive Demokratie e. V.“ führte und die in Zusammenarbeit mit der Piratenpartei genau derartige Ziele anpeilt.

Setzt man alle Entwicklungen, die Ross anspricht, zu einem Gesamtbild zusammen, erkennt man, wie es zu dem Eindruck kommt: Die Welt ist wohl auf dem Weg hin zu einem globalen Organismus, verbunden durch eine alldurchdringende Informations-Infrastruktur, in der es keine festen Grenzen zwischen Biologie und Technik mehr gibt. Die Welt als Heimat eines globalen Organismus – das erklärt dann den Titel: **Global Organic Dominion**. Als Ideengeber absolut lesenswert. *Rolf Kickuth*



# ERREICHEN HALTEN

Die CLB-Rubrik für Ausbildung und Weiterbildung

in Chemie, Labortechnik, Biologie, Biotechnik und verwandte Bereiche  
sowie für praxisorientierte Themen aus der Umwelt (bislang CLB Memory)

Oktober 2010

## Von der „Höhensonne“ zur Wasserentkeimung Vor 150 Jahren wurde Erfindergenie Richard Küch geboren

**K**aum ein anderer Entwickler bei Heraeus fand und erfand in seinem Leben so viele verschiedene Verfahren für industrielle und medizinische Anwendungen wie Dr. Richard Küch (30.08.1860 - 03.06.1915). Das Unternehmen erinnert im Jahr 2010 zu Küchs 150. Geburtstag an das Erfindergenie.

1904 präsentierte der Entwickler die erste Quarzglas-Quecksilberlampe, die ein neues Licht erzeugte, denn das Quarzglas ließ ultraviolettes und infrarotes Strahlung hindurch. Ein Grund: Mit dem ebenfalls von Küch hergestellten Quarzglas aus Bergkristall (1899) konnten kleinere Lampenformen hergestellt werden. Das neue Licht sollte anfänglich als Straßenbeleuchtung eingesetzt werden, war jedoch „unangenehm grünlich“. Sie konnte sich daher nicht gegen die Glühlampe durchsetzen.

Richard Küch und eine historische „Höhensonne“ aus den 20er Jahren (Abb.: Heraeus).



Der Verkauf der Quarzglaslampe erlebte 1907 seinen ersten großen Aufschwung. Küch verbesserte die Quarzglaslampe kontinuierlich weiter, seine Kontakte zu vielen Medizinern in Deutschland waren ihm dabei eine große Hilfe. Es entstand eine Lampe, die weniger Wärme erzeugte und nur kurzwelliges UV-Licht abstrahlte – eine erstmals leicht zu handhabende therapeutische Lichtquelle für die Medizin. Das UV-Licht wurde zur Heilung von Hautkrankheiten, Entkeimung von Wunden oder zur Behandlung von Bluthochdruck eingesetzt, da es eine beruhigende und belebende Wirkung auf den Organismus ausübte. Die erste künstliche Höhensonne erhielt den Zusatz „Original Hanau“, da sie in Hanau produziert wurde. Die „Kleine Höhensonne“ avancierte in den 1950er Jahren als Bräunungsstrahler zu einem elektrischen Konsumartikel. Richard Küch legte mit seiner künstlichen Höhensonne somit den Grundstein für Anwendungen der UV-Strahler in der Medizin.

Auf seiner Erfindung basieren auch ultraviolette Strahler, die für die umweltfreundliche Entkeimung von Trinkwasser genutzt werden. Die Geschichte der UV-Reinigung geht bereits 100 Jahre zurück. Die erste patentierte Reinigung mit UV-Licht erfolgte im Jahre 1910, ebenfalls mit Hilfe einer Quarzglaslampe von Küch. Die Behandlung von Trinkwasser mit UV-Strahlung ist mittlerweile eine etablierte und

umweltfreundliche Methode, um Wasser zuverlässig zu desinfizieren. Das energiereiche Licht im Wellenlängenbereich um 254 Nanometer (UVC-Strahlung) zerstört das Erbgut und inaktiviert in Sekunden die Zellen der im Wasser befindlichen Krankheitserreger. Ultraviolettes Licht wirkt insbesondere auch bei Parasiten, die gegen Chlor resistent sind. Da die Reinigung ohne Chemikalien erfolgt und keine chemischen Rückstände entstehen, wird die Qualität des Trinkwassers weder geschmacklich noch im Geruch beeinträchtigt“, beschreibt Dr. Sven Schalk, Divisionsleiter UV Prozesstechnik des Geschäftsbereichs Speziallichtquellen bei Heraeus, die Wirkungsweise.

„Es wird immer wichtiger, mit neuen Methoden das knappe und kostbare Trinkwasser wirksam zu reinigen“, so Dr. Sven Schalk, Divisionsleiter UV Prozesstechnik des Geschäftsbereichs Speziallichtquellen bei Heraeus. Dafür sprechen aus seiner Sicht zwei Gründe. Der weltweite Wasserbedarf bis 2030 wird die vorhandenen Ressourcen um 40 Prozent übersteigen, besagt ein aktueller Bericht der Weltbank. Und: der Anspruch auf sauberes Wasser wurde in die Allgemeine Erklärung der Menschenrechte aufgenommen. Richard Küch hätte sicher seine Freude daran, dass seine Erfindung heute sogar einen Beitrag zur Einhaltung dieses Menschenrechts leistet.



# Defizite in Normung, Bewertung und Regelsetzung

## BAuA-Tagung zu Arbeitsschutz vor optischer Strahlung

**D**ie Umsetzung der EU-Richtlinie 2006/25/EG zu künstlicher optischer Strahlung, wie sie von Lasern, Lampen und LED erzeugt wird, war ein Schwerpunkt der „Informationsveranstaltung Optische Strahlung 2010“, zu der die Fachgruppe „Physikalische Faktoren“ der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) in Dortmund Anfang Juli eingeladen hatte. Die Verordnung, die der Bundesrat kurz danach verabschiedete, soll Beschäftigte vor Schädigungen von Augen und Haut durch künstliche optische Strahlung schützen. Mehr als 80 Teilnehmer waren gekommen, um sich über die Konsequenzen der neuen Verordnung für ihre berufliche Praxis zu informieren.

Dr. Armin Windel, wissenschaftlicher Leiter des Fachbereichs „Produkte und Arbeitssysteme“ der BAuA, sagte zur Eröffnung der Veranstaltung, dass sich die Tagung nicht nur mit der Verordnung und der zugrunde liegenden EU-Richtlinie befasse: „Heute geht es auch um die Technikfolgenabschätzung neuer Technologien wie etwa LED und um den Schutz von Beschäftigten vor UV-Strahlung.“ Dr. Georg Hilpert aus dem Bundesministerium für Arbeit und Soziales, der maßgeblich an der Umsetzung der EU-Richtlinie in deutsches Recht mitgewirkt hat, berichtete aus erster Hand über die Entstehung der Verordnung, ihre konkreten Inhalte und die noch laufenden Beratungen im Bundesrat. Dr. Hilpert erwartet, dass die neue Verordnung Ende Juli in Kraft tritt. Er wies darauf hin, dass im Rahmen des Bundesratsverfahrens der „Laserschutzbeauftragte“ und eine jährliche Unterweisung der Beschäftigten in die Verordnung wieder aufgenommen worden sei. Zuvor stellte er die möglichen Schäden durch künstliche optische Strahlung wie Rötung der Haut, Hautalterung, Hautkrebs sowie Hornhaut-, Bindehaut- oder Netz-

hautschäden der Augen vor. Auch auf sekundäre Wirkungen, wie die Blendung durch Laser, wies er hin. Zur Vorbeugung vor Schädigungen durch optische Strahlung müssten aufgrund von Gefährdungsbeurteilungen Schutzmaßnahmen getroffen werden, deren Wirksamkeit regelmäßig zu prüfen sei.

Den europäischen Leitfaden zur EU-Richtlinie stellte BAuA-Experte Günter Ott vor. Der Leitfaden soll insbesondere Arbeitgebern von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) helfen, die Inhalte der Verordnung besser zu verstehen. Er konkretisiert unter anderem die Bestimmungen zu künstlichen Quellen optischer Strahlung und zur Gefährdungsbeurteilung. Die Beurteilung soll in fünf Schritten erfolgen: Identifizierung der Gefahren, Einschätzung und Priorisierung der Gefährdungen, Entscheidung über Vorsorgemaßnahmen, ihre Umsetzung und schließlich Überwachung und Überarbeitung.

Detlef Schwaß vom Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) sprach über die offenen Fragen bei der Expositionsermittlung, die auch von der neuen Verordnung nicht geklärt würden. „Es bleiben nach wie vor Unsicherheiten, wie die Expositionsgrenzwerte für inkohärente optische Strahlung an Arbeitsplätzen anzuwenden sind“, kritisierte Schwaß. Nachdem Werner Horak von der Siemens AG einen Überblick über den Stand der Normung zu Lasern und LED gab, erläuterte Dr. Ljiljana Udovicic von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin die Vorgehensweise bei der Beurteilung der photobiologischen Sicherheit von LED durch Anwendung der Lampensicherheitsnorm DIN EN 62471.

Der zweite Teil der Veranstaltung behandelte die UV-Belastungen von Beschäftigten durch die Sonne und künstliche optische Quellen. Die BAuA engagiert sich seit mehr als zehn Jahren mit Forschungs- und

Entwicklungsprojekten für den Schutz von im Freien Beschäftigten vor Gefährdungen durch Sonnenstrahlung. Hierzu wurden personenendosimetrische Messungen und Untersuchungen zum Eigenschutz der Haut bei der Einwirkung von Sonnenstrahlung in Kooperation mit der Technischen Universität Dresden durchgeführt. Peter Knuschke, Leiter der Arbeitsgruppe „Experimentelle Photobiologie“ am Dresdner Universitätsklinikum, stellte die wichtigsten Ergebnisse vor: Die mittleren UV-Expositionen an Arbeitsplätzen im Freien liegen danach in Deutschland für einige Branchen um ein Mehrfaches über denen von Innenbeschäftigten. Trotzdem ziehen diese erhöhten UV-Expositionen „keine nennenswerte UV-Eigenschutzreaktion der Haut nach sich“. Effektive Schutzmaßnahmen für Haut und Augen seien unverzichtbar, um Schäden zu vermeiden.

Günter Ott berichtete aus BAuA-Entwicklungsprojekten zur UV-Problematik bei Arbeiten im Freien. Ott verwies auf die praktischen Probleme bei der Reduzierung solarer UV-Expositionen und die „massive Unsicherheit“ bei den Verantwortlichen hinsichtlich Praktikabilität und Kosten von Schutzmaßnahmen. Dr. Marc Wittlich vom Institut für Arbeitsschutz der DGUV erläuterte die Untersuchungen zur optischen Strahlenbelastung bei der Glasbearbeitung. Während die Gefahren durch die Wärmestrahlungsexposition schon seit langem bekannt seien, zeigten neue Erkenntnisse, dass auch in dieser Branche die UV-Strahlenexposition ein Gefahrenpotential darstellt.

Insgesamt zeigte die Informationsveranstaltung, dass künstliche und natürliche optische Strahlung vielseitig diskutiert werden und aktuell zahlreiche interessante Projekte das Thema näher erforschen. Jedoch gibt es offenbar noch Defizite in der Normung, der Regelsetzung und der messtechnischen Bewertung von Gefährdungen durch optische Strahlung.

## Ziel: Pilotanlage für industrielle Wiederverwertung Weltweit erstes Recyclingverfahren für Fluorpolymere im Visier

**E**inem Forschungsteam an der Universität Bayreuth ist es in Zusammenarbeit mit einem Industriepartner gelungen, ein Verfahren für das Recycling von Fluorpolymeren zu entwickeln. Das Verfahren ist wirtschaftlich effizient und ohne ökologische Risiken. Der Bau einer Pilotanlage würde den Weg in die industrielle Wiederverwertung öffnen.

Fluorpolymere sind Hochleistungs-Kunststoffe, die weltweit in einer Vielzahl von Produkten zum Einsatz kommen. Insbesondere das Polytetrafluorethylen (PTFE), unter dem rechtlich geschützten Markennamen „Teflon“ weltbekannt, ist in vielen Industriebranchen ein unverzichtbares Material. Es zeichnet sich durch eine hohe Widerstandsfähigkeit gegen Hitze und Chemikalien aus, fast nichts bleibt daran haften. Nicht nur Bratpfannen, sondern auch zahlreiche Dichtungen und Lager – beispielsweise in Kraftfahrzeugen – werden mit PTFE beschichtet. Die Textilindustrie verwendet PTFE als Material für atmungsaktive Membranen in Funktionstextilien, und in der Elektrotechnik ist PTFE ein wichtiger Werkstoff für Kabelisolationen.

Sortenreines  
PTFE-Granulat  
(Foto: Wißler/Uni  
Bayreuth).



Aber was geschieht mit PTFE-haltigen Industrieabfällen und Altprodukten? Weltweit gibt es bisher kein industrielles Recycling für Fluorpolymere. Dieses Problem wird immer brisanter. Denn bei der bis heute üblichen Verbrennung werden hochgiftige umweltschädliche Dämpfe freigesetzt, die auch die Verbrennungsanlagen beschädigen. Und eine Deponierung der Altlasten ist künftig aufgrund von Rechtsvorschriften der Europäischen Union verboten. Abfälle, die persistente organische Schadstoffe – wie beispielsweise Fluorpolymere – enthalten, müssen so verwertet oder beseitigt werden, dass die Schadstoffe zerstört oder unumkehrbar in nichtschädliche Substanzen umgewandelt werden.

Bei der Lösung dieses Problems ist einem Forschungsprojekt an der Universität Bayreuth ein entscheidender Durchbruch gelungen. Drei Partner haben daran mitgewirkt: der Lehrstuhl für Werkstoffverarbeitung unter der Leitung von Prof. Dr. Monika Willert-Porada; das Forschungsinstitut InVerTec e.V., das der Universität Bayreuth als An-Institut verbunden ist; und die Firma Dyneon GmbH, die heute zu den weltweit bedeutendsten Produzenten von PTFE gehört und ein hohes Interesse an einem Recyclingverfahren hat. In enger Zusammenarbeit ist es den Projektpartnern gelungen, ein wirtschaftlich effizientes und ökologisch unbedenkliches Verfahren zu entwickeln, das die Fluorpolymere in wiederverwertbare Bestandteile zersetzt. Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) hat das Projekt zwei Jahre lang mit 211 000 Euro gefördert.

Das neue Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass die großen PTFE-Moleküle zu einem sehr

hohen Prozentsatz in Monomere zerlegt werden. Bei diesen Bausteinen handelt es sich um Moleküle von Gasen, insbesondere von Tetrafluorethylen und Hexafluorpropen. Bis zu 93 Prozent dieser Gase, aus denen sich das PTFE zusammensetzt, lassen sich durch das in den Bayreuther Laboratorien erprobte Verfahren zurückgewinnen – und zwar so, dass von diesem Prozess keine gesundheitsschädigenden Wirkungen für die daran beteiligten Mitarbeiter ausgehen.

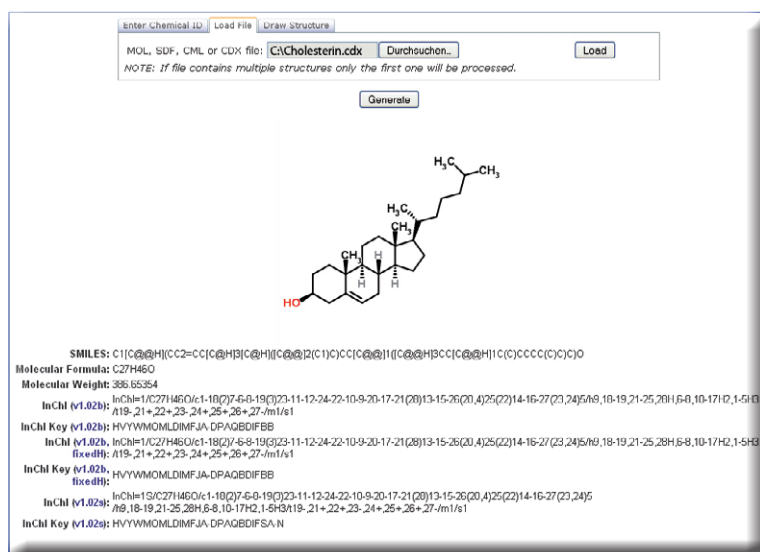
Die Gase können nun unter umweltsicheren Bedingungen an den PTFE-Produzenten zurückgegeben und hier erneut für die industrielle Produktion von PTFE eingesetzt werden. Dadurch werden die Fluorpolymere nahezu vollständig in den Stoffkreislauf zurückgeführt. Gemeinsam mit der Firma Dyneon GmbH haben die Bayreuther Ingenieurwissenschaftler ein Konzept entwickelt, wie dieses Recycling im Industriemaßstab realisiert werden kann.

Die Zersetzung des PTFE in seine Bestandteile ist ein Vorgang, der in der Forschung als Depolymerisation bezeichnet wird. Das Verfahren, das hierfür in Bayreuth entwickelt wurde, ist ein Wirbelschichtprozess. Von zentraler Bedeutung sind dabei eine sehr kurzzeitige Erhitzung der Fluorpolymere und eine dadurch ausgelöste Pyrolyse. Als Energieeintrag in den Prozess kommen u.a. Mikrowellen zum Einsatz. Der Prozess, der zur Zersetzung der Fluorpolymere führt, lässt sich – so die Entwicklungspartner – besonders vorteilhaft auch mit einer Rührkessel-Technologie realisieren.

Aufgrund dieser Erkenntnisse arbeiten der Lehrstuhl für Werkstoffentwicklung und die Firma Dyneon GmbH derzeit am Konzept einer Pilotanlage für dieses Verfahren.

# Strukturformeln werden für Suchmaschinen sichtbar

## FIZ Chemie übernimmt die Betreuung der Webseite www.InChI-Trust.org



**FIZ Chemie hat für den internationalen InChI Trust das Büro und die Betreuung der Webseite www.InChI-Trust.org übernommen. Der InChI Trust wurde im Juli 2009 als Interessensgemeinschaft für die Verbreitung und Weiterentwicklung des International Chemical Identifier (InChI) gegründet.**

Dem Vorstand des Trust gehören Vertreter der britischen Fachgesellschaft Royal Society of Chemistry (RSC), der Nature Publishing Group (Macmillan Publishers / Verlagsgruppe Georg von Holtzbrinck), der internationalen Wissenschaftsverlage Elsevier, Wiley und Taylor & Francis sowie des Medienkonzerns Thomson Reuters, der IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) und des FIZ Chemie an.

„Mit der rasanten Verbreitung von Veröffentlichungen im Internet geht die gedruckte Dokumentation massiv zurück oder wird ganz eingestellt. Dafür muss ein Ersatz geschaffen werden“, erklärt Professor Dr. René Deplanque, Geschäftsführer des FIZ Chemie. Dies sei durch eine internationale Zusammenarbeit der großen Informationsverarbeiter am besten zu leisten, weil dadurch die Kompetenz gebündelt und gleichzeitig das Entstehen von

Monopolen oder Oligopolen in der Informationsversorgung der Wissenschaft verhindert würden.

Ursprünglich wurde das InChI-System vom Chemie-Fachverband IUPAC als gemeinfreies einheitliches Datenrepräsentationsformat für chemische Strukturen in den Datenbanken der amerikanischen Behörde NIST (National Institute of Standards and Technology) entwickelt. Forciert von den Mitgliedern des InChI Trust soll es nun Schritt für Schritt auf wissenschaftliche Publikationen im Internet übertragen werden. 2005 wurde die erste Version des Kennzeichnungssystems veröffentlicht. 2008 folgte eine weitere Version, die durch den Einsatz der sogenannten Hashfunktion kürzere Zeichenketten als Zielmengen generiert, die sogenannten InChIKeys.

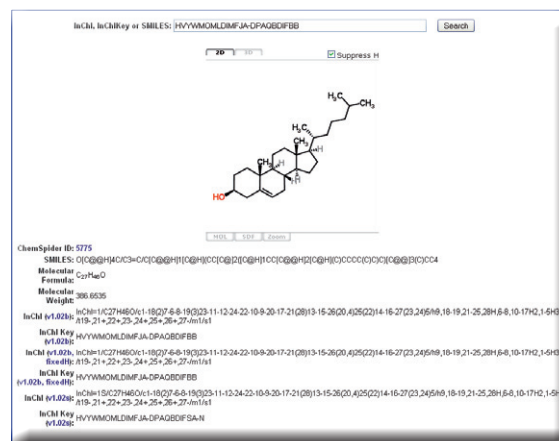
Sie bauen auf dem ursprünglichen Algorithmus auf, so dass die Interoperabilität zwischen Datenbanken und anderen InChI-Quellen, z.B. Zeitschriftenartikeln, erhalten bleibt.

Aus softwaretechnischer Sicht ist ein InChI eine Zeichenkette aus Buchstaben, Zahlen und Zeichen, der InChIKey eine reine Textkette, die von Suchmaschinen sehr gut weiterverarbeitet werden kann. Eingegeben in Google

sehen sowohl InChI, als auch der kürzere InChIKey allerdings aus wie eine alchimistische Geheimbotschaft und tippen lässt sich die Zeichenkette auch nur sehr schwer fehlerfrei. Das ist aber auch nicht notwendig, denn InChIs lässt man sich von Werkzeugen erzeugen, die im Internet zur kostenlosen Benutzung bereitgestellt sind, z.B. auf der Webseite der RSC. Man gibt entweder eine Struktur, einen Substanznamen oder eine Formel ein und das Werkzeug generiert den gewünschten InChI (Abb. 1). Die Zeichenkette wird aus dem Browser herauskopiert und in das Suchfeld der Suchmaschine übertragen. Die Suchmaschine findet damit in den unterschiedlichsten Informationsquellen im Internet die korrespondierenden InChI-Codes, zum Beispiel Hinweise auf Veröffentlichungen in der Datenbank PubChem. Das Resolver-Werkzeug stellt den gefundenen Code wieder als Struktur dar (Abb. 2). Ausprobieren kann man das Ganze auf der Seite der RSC unter: <http://inchis.chemspider.com>.

Auf der Webseite des InChI Trust sind weitere technische Erklärungen, häufige Fragen und die Antworten darauf sowie Informationen zur Mitgliedschaft im InChI Trust bereitgestellt. [www.InChI-Trust.org](http://www.InChI-Trust.org).

Strukturformeleingabe (Abb. oben links) und -ausgabe (unten).



## Bildungsangebot auf höchstem technischen Niveau Bei der Sächsischen Bildungsgesellschaft für Umweltschutz und Chemieberufe Dresden mbH

**N**ach zehn Jahren außerordentlich erfolgreicher beruflicher Bildung in den naturwissenschaftlichen und umwelttechnischen Branchen erfährt das Herzstück der verfahrenstechnischen Ausbildung in der Sächsischen Bildungsgesellschaft für Umweltschutz und Chemieberufe Dresden mbH (SBG) seit August 2010 eine Erneuerung. Neben der Modernisierung der vorhandenen Anlagen nach dem aktuellen

Stand der Verfahrens-, Mess-, Steuer- und Regeltechnik wird das Verfahrenstechnikum um die Fachgebiete Strömungsversuche, Bioreaktoren sowie Extrusion und Mischen von Kunststoffen erheblich erweitert.

Das 2001 eingeweihte Verfahrenstechnikum verfügt aktuell über zwei Technikumsanlagen. Das Technikum 1 besteht aus 6 Ausbildungs- und Prüfungsanlagen für die Grundlagenübungen mit

verfahrenstechnischen Einrichtungen. Im Technikum 2 findet man die sechs Mehrzweckanlagen: 1. Kombinierte Lehr- und Demonstrationsanlage, 2. Reaktorenvergleich, 3. Halbtechnische Destillation, 4. Absorptionsanlage, 5. Herstellung von Beschichtungstoffen sowie 6. Mechanische und thermische Grundoperationen.

Durch die betriebsnahe apparative und anlagentechnische Gestaltung bietet das Technikum die Möglichkeit, einfache und komplexe verfahrenstechnische Prozesse zu trainieren und unterschiedliche be-

triebliche Situationen des Betriebs von Chemieanlagen auch in der Kommunikation mit anderen Trainees beherrschen zu lernen.

Die zwei Millionen Euro Investition wird vom Bundesinstitut für Berufsbildung (BiBB) unterstützt und durch das Sächsische Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (SMWAV) cofinanziert. Einen nicht unerheblichen Eigenanteil trägt der Gesellschafter der SBG, der Verein zur Förderung gemeinnütziger Bildungs- und Beschäftigungsmaßnahmen Dresden e.V. (Vfbb).

Im Einzelnen beinhaltet die Investition folgende Maßnahmen:

- Modernisierung der Anlagenteile und der Prozessleittechnik von Profibus-DP auf TCP/IP
- Erweiterung der MSR-technischen Ausbildung im Gebiet der Steuertechnik mit SPS S7 von Siemens und im Gebiet der Regelungstechnik mit Ausbildungsanlagen des PLS WinErs
- Erweiterung der lacktechnischen Ausbildung durch Anschaffung modernster Dispergieraggregate wie computergesteuerte Dissolver, Perlmühle oder Ultra-Turax
- Erweiterung der mechanischen Grundoperationen auf den Gebieten der Zerkleinerung, Siebung und dem Assistieren
- Anschaffung einer Vertikalzentrifuge zur Umsetzung der zentrifugalen Trenntechnik wie Filtrieren, Sedimentieren, Klarsieren und Klären
- Erweiterung auf dem Gebiet des Extrudierens: (Herstellung von Plasten und Elasten sowie Produktion von Pulverlacken, Verarbeitung von nachwachsenden Rohstoffen)
- Erweiterung des Technikums mit einer Strömungsversuchsanlage zur Umsetzung hydrodynamischer Versuche und prozessleittechnischer Ausbildung

Das Bild zeigt die Mehrzweckanlage des Verfahrenstechnikums an der SBG.



- Erweiterung des Technikums mit einem Foto-Bioreaktor zur Züchtung von Algen (*Chlorella vulgaris*) als berufsübergreifendes Projekt der Berufe Chemikant/-in, Biologie-, Chemielaborant/-in und Mechatroniker/-in
- Erweiterung und Ergänzung von Maschinen und Werkzeugen für anlagentechnische Arbeiten
- Haustechnische Erneuerung der Kühlwasserversorgung
- Einbau von intelligenter Brandmeldetechnik und Erneuerung der bisherigen Gefahrenmeldeanlagen zum sicherheitstechnischen Training aller naturwissenschaftlicher Ausbildungsberufe
- Modernisierung aller Reaktorheizungen mit kryoskopischen Thermostaten zur Erweiterung des nutzbaren Temperaturbereiches von ca. -50 bis + 200 °C.
- für Umschulungsmaßnahmen und modulare Qualifizierungen der Naturwissenschaft und der Umwelttechnik
- für Weiterbildungen in der Aufstiegsqualifizierung zum Industriemeister Fachrichtung Chemie (m/w)
- für Angebote der bedarfsgerechten betrieblichen Weiterbildung.

Die SBG erweitert damit ihr Bildungsangebot:

- in der Verbundausbildung in naturwissenschaftlichen und umwelttechnischen Berufen

Weitere Informationen erhalten Sie unter Tel.: 0351 4445-60 oder [www.sbgdd.de](http://www.sbgdd.de)

## Reinheitstauglichkeit von Werkstoffen

### Ergebnisse von Prüfverfahren in einer Datenbank abrufbar

**I**m Rahmen des Industrieverbands CRM werden nun Prüfverfahren zur Reinheitstauglichkeit von Werkstoffen entwickelt. Die Ergebnisse findet man in einer Datenbank über das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, siehe [www.ipa-csm.com](http://www.ipa-csm.com).

Nicht erst bei der Ausstattung von OP-Sälen und Krankenhäusern sind strenge hygienische Anforderungen und Sterilität oberstes Gebot. Schon die Fertigung setzt in der Life-Science-Industrie für ihre biomedizinischen Produkte eine reine Umgebung voraus, damit die Produktqualität nicht durch Mikroorganismen leidet und es möglichst zu keinen kontaminationsbedingten Ausschüssen kommt. Um die Gefahr einer Kontamination während des Produzierens zu minimieren, muss bereits bei der Planung einer Produktionsstätte Vorsorge getroffen werden, dass in der späteren Fertigung keine Kontaminationsquellen auftreten können.

Damit rücken auch die für eine Produktionsstätte einzusetzenden Werkstoffe, z. B. für Fußböden, Wandanstriche, Dichtungen, Ablageflächen etc. in den Blickpunkt. Für ihren Einsatz in der Life-Science-Industrie müssen sie beständig gegen die eingesetzten chemischen Reinigungs- und Sterilisationsmittel sein und dürfen

nicht von Mikroorganismen besiedelt und verstoffwechselt werden.

Meist kommen bekannte Materialien wie Edelstahl, eloxiertes Aluminium, verschiedene geprüfte und zugelassene Elastomere und Kunststoffe zum Einsatz. Neue Werkstoffe mit entsprechender Qualifizierung werden künftig die aktuelle Werkstoffauswahl entscheidend erweitern. In verschiedenen Bereichen können antimikrobiell ausgestattete Materialien und Oberflächen eingesetzt werden. Hier ist neben dem Funktionsnachweis der antimikrobiellen Beschichtung auch die gesundheitliche Unbedenklichkeit des eingesetzten Materials von entscheidender Wichtigkeit.

Entsprechende Tests der biostatischen oder antimikrobiellen Eigenschaften der Materialien (in Anlehnung an ISO 846 oder JIS Z 2801) sind wesentlich und werden in der Abteilung „Reinst- und Mikroproduktion“ des Fraunhofer IPA durchgeführt. Eben so werden die chemische Beständigkeit nach ISO 2812-4 und die mikrobiziden Eigenschaften nach ISO 22196 untersucht und bewertet. Die Ergebnisse dienen der Qualifizierung und Klassifizierung des untersuchten Materials im Blick auf seine mikrobiologischen Eigenschaften und werden in die Datenbank [www.tested-device.com](http://www.tested-device.com) eingestellt. Da-

bei kann der Auftraggeber jederzeit wählen, welche Ergebnisse er zur Veröffentlichung freigibt.

Sind auf der offenen Plattform [www.tested-device.com](http://www.tested-device.com) vor allem die Daten von Geräten für jedermann abrufbar, die vom Fraunhofer IPA auf Reinraumtauglichkeit zertifiziert wurden, arbeitet der Industrieverbund „Cleanroom Suitable Materials CSM“ an einem umfangreichen exklusiven Wissenspool über die Reinheitstauglichkeit von Werkstoffen. Übergeordnetes Ziel des vom Fraunhofer IPA ins Leben gerufenen Industrieverbands CSM ist es, den Anlagenkonstrukturen Hilfsmittel zur Auswahl reinheitstauglicher Werkstoffe an die Hand zu geben.

In Form einer weltweit einmaligen internetbasierten Ergebnisdatenbank erhalten die Teilnehmer unter [www.ipa-csm.com](http://www.ipa-csm.com) Zugriff auf alle im Industrieverbund untersuchten Werkstoffe. Aktuell werden die im Industrieverbund vorgenommenen Werkstoffuntersuchungen und Klassifizierungen mit der Prüfung der Verstoffwechselbarkeit und antimikrobieller Eigenschaften speziell für den Life-Science-Bereich erweitert. Der Industrieverbund nimmt gerne noch neue Partner auf, die ihre Anliegen und spezifischen Werkstoffe in die Untersuchungen mit einbringen.

## Sicherung der Zukunft durch Innovationsfähigkeit

### Dresden Johannstadt: Traditionsreicher Standort für naturwissenschaftliche berufliche Bildung

**Die Gutenbergstraße 6 in Dresden Johannstadt ist ein traditionsreicher Standort für die naturwissenschaftliche berufliche Bildung. Seit 1949 werden hier Fachkräfte für Chemie- und chemiebezogene Betriebe, Institutionen und Forschungseinrichtungen ausgebildet.**

Die gesellschaftliche Wende stellte für den Bildungsstandort einen Einschnitt dar. Engagierte Mitarbeiter sorgten dafür, dass sich der Bildungsstandort auch unter veränderten Rahmenbedingungen behauptete. Aus der Betriebsakademie des Kombinat Lacke und Farben wurde die Sächsische Bildungsgesellschaft für Umweltschutz und Chemieberufe Dresden mbH (SBG). Die Arbeitsweise der ehemaligen Betriebsberufsschule wies viele Analogien zur Verbund-

ausbildung auf. Die SBG konnte ihren bisherigen Kunden deshalb sehr schnell ein Leistungsangebot unterbreiten, das den Orientierungen des Berufsbildungsgesetzes entsprach. Im Jahre 1994 gründeten elf Unternehmen den Bildungsverbund Sachsen für Chemie- und chemiebezogene Berufe, als dessen Leitbetrieb die SBG fungiert.

Die erste Herausforderung bestand darin, die Arbeitsweise des Verbundes und die Lernortkooperation zwischen Betrieb – überbetrieblichen Lernort und der Berufsschule zu optimieren. Für den Aufbau dieser Verbundstrukturen wurde der Verbund im Jahre 1997 mit dem Hermann-Schmidt-Preis ausgezeichnet.

Die erfolgreiche Entwicklung des Bildungsverbunds, der heute 96 Mitglieder zählt, war nur möglich, da es der SBG gelang, durch

Großbritannien das Projekt Unternehmensorganisation und Personalqualifikation als Gestaltungsfelder chemiebezogener klein- und mittelständischer Wirtschaftsstrukturen. Die Ergebnisse des Projekts beeinflussten die weitere Entwicklung der SBG nachhaltig.

Das InnoRegio-Vorhaben BioTecWork & Learn (01/2002 – 04/2006) begleitete den Einstieg in die Ausbildung von Biologielaaboranten, die 2001 begann.

Durch den BIBB-Modellversuch „Qualifikationsbedarfsermittlung und Gestaltung einer geschäftsprozessorientierten flexiblen Berufsausbildung für Laboranten klein- und mittelständischer Unternehmen“ (08/2001 – 03/2005) gelang die Anpassung der Ausbildungskonzepte an die sich verändernden betrieblichen Geschäftsprozesse

die Bearbeitung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten, meist in Zusammenarbeit mit der Beruflichen Fachrichtung Chemietechnik, Umweltschutz und Umwelttechnik des Instituts für Berufliche Fachrichtungen der TU Dresden, Innovationspotenziale zu erschließen.

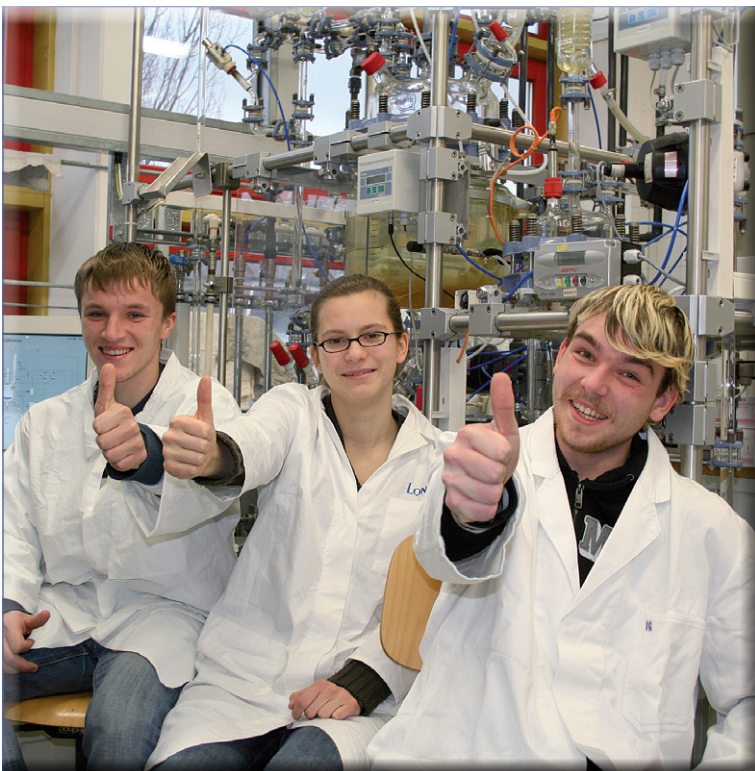
Im Rahmen der Gemeinschaftsinitiative ADAPT bearbeitete die SBG gemeinsam mit Partnern aus Deutschland, Schweden, Irland und

Ein LdV-Pilotprojekt (10/2003 – 03/2006), das mit Partnern aus 4 europäischen Ländern durchgeführt wurde, forcierte die Vernetzung der SBG mit europäischen Partnern. Diese Entwicklung wird durch die Mitarbeit in einem von der GD Bildung und Kultur der europäischen Kommission geförderten und vom BIBB koordinierten Projekt zur Erprobung von ECVET in der Chemiebranche (CHREDCHEM) weiter geführt. Partner aus acht Ländern bekundeten inzwischen die Absicht zum Aufbau eines Verbundes unter dem Namen CREDCHEM-Network.

Die SBG bearbeitet zwei JOBSTARTER-Projekte, mit dem Ziel, regionale Ausbildungsstrukturen weiter zu entwickeln und die Durchlässigkeit zwischen Berufen und Bildungsbahnen zu verbessern. Das Thema Durchlässigkeit wird auch in einem DECVET-Projekt, gefördert vom BMBF, bearbeitet, an dem die SBG beteiligt ist.

In einem BMB-Projekt mit dem Titel „Von der Entsorgungswirt-

An die neuesten Entwicklungen angepasst wird die Ausbildung an der SBG. Aktuell arbeitet die Bildungsgesellschaft am Antrag für ein Projekt zur Erschließung von web 2.0-Technologien für die berufliche Qualifizierung im Chemiesektor.



schaft zur Wert- und Rohstoffwirtschaft durch Aufwertung von Dienstleistungsarbeit in Handlungsfeldern des technischen Umweltschutzes“ untersucht die SBG gemeinsam mit der TU Dresden und vier betrieblichen Partnern den Strukturwandel in der Kreislauf- und Abfallsowie der Abwasserwirtschaft. Dabei wird das

Ziel verfolgt, berufliche Bildungswege für diese Zielbranchen an die neuen Anforderungen anzupassen.

Aktuell arbeitet die SBG am Antrag für ein Projekt zur Erschließung von web 2.0-Technologien für die berufliche Qualifizierung im Chemiesektor. Als Erprobungsfelder sind vorgesehen:

die berufliche Erstausbildung, die Aufstiegsqualifizierung zum Meister, Maßnahmen der berufsbegleitenden Qualifizierung, kooperative Studiengänge und grenzüberschreitende berufsbildende Vorhaben.

Dieses Vorhaben wird neue Gestaltungsspielräume für die berufliche Qualifizierung erschließen.

## Trotz Bachelor und Master: Die meisten promovieren

### Statistische Daten zu Chemiestudiengängen in Deutschland 2009

**Die Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) hat im Sommer die statistischen Daten 2009 zu den Chemiestudiengängen in Deutschland veröffentlicht. Danach sind die Anfängerzahlen in den universitären Studiengängen Chemie, Biochemie und Wirtschaftschemie im Jahr 2009 gegenüber dem Vorjahr angestiegen, an Fachhochschulen hingegen gesunken. Insgesamt haben etwas mehr Studienanfänger ein chemisches Fach gewählt (8315) als im Vorjahr (8261).**

Die Zahl der Bachelor- und Master-Abschlüsse ist in allen chemischen Fächern deutlich gestiegen, die Master-Abschlüsse erreichen aber noch nicht die Größenordnung der Diplom-Abschlüsse. Beide Abschlüsse zusammen genommen, übertreffen die Absolventenzahlen in Chemie und Biochemie die des Vorjahrs. Das gilt auch für die Fachhochschulen, wenn man die Zahl der Diplome und der Bachelor-Abschlüsse addiert. Auch im Studiengang Lebensmittelchemie gab es mehr Absolventen, allerdings noch keine Bachelor oder Master-Absolventen.

Im Studiengang Chemie stieg die Zahl der Promotionen gegenüber den beiden Vorjahren weiter an. 2009 promovierten insgesamt 1513 junge Chemikerinnen und Chemiker.

Fast alle Bachelor-Absolventen in Chemie oder Biochemie schlossen ein Master-Studium an und

über 90 Prozent der Master-Absolventen begannen eine Promotion. Damit gibt es keine Anzeichen dafür, dass Bachelor/Master-Absolventen auf eine Promotion verzichten, um die Hochschule mit einem Bachelor- oder Masterabschluss zu verlassen. An Fachhochschulen führt über die Hälfte der Bachelor-Absolventen das Studium mit einem Master-Studiengang fort.

Die Wirtschaftskrise machte sich 2009 darin bemerkbar, dass weniger Absolventen eine unbefristete Anfangsposition in der Industrie fanden. Mehr promovierte Absolventen als in den Vorjahren nah-

men zunächst eine befristete Stelle an der Hochschule oder Industrie an. Bei den FH-Absolventen zeigte sich der angespannte Arbeitsmarkt in einer nur geringfügig höheren Quote stellensuchender Absolventen.

In den kommenden Jahren wird die Zahl der Diplomprüfungen weiter sinken und die der Bachelor/Master-Abschlüsse ansteigen. Die Zahl der Promotionen wird in den nächsten Jahren zunehmen, vermutlich aber nicht die Rekordwerte von über 2000 Promotionen aus den Jahren 1992 bis 2000 erreichen.

### BVL veröffentlicht Liste mit Gegenprobensachverständigen

Das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) hat zusammen mit den Bundesländern eine Übersicht aller in Deutschland zugelassenen Gegenprobensachverständigen auf der BVL-Internetseite veröffentlicht. Damit steht den Wirtschaftsbeteiligten erstmals eine bundeseinheitliche Liste der zugelassenen Gegenprobensachverständigen zur Verfügung. Die Überwachungsbehörden der Länder sind laut § 43 des Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuches (LFGB) bei Entnahme einer Probe verpflichtet, einen Teil der Probe in dem kontrollierten Unternehmen zurückzulassen. So kann der Hersteller des beprobten Produkts auf eigene Kosten eine Gegenanalyse veranlassen, die ein von den zuständigen Landesbehörden zugelassener privater Sachverständiger vornimmt.

In Deutschland werden von den zuständigen Landesbehörden jährlich rund 400.000 Lebensmittelproben und 40.000 Bedarfsgegenstände bzw. Kosmetika untersucht. Das mit der amtlichen Überwachung von Lebensmitteln, Bedarfsgegenständen und Kosmetika beauftragte Kontrollpersonal entnimmt Proben in Betrieben, die in amtlichen Labors auf die Einhaltung der gesetzlichen Regelungen untersucht werden. Im Fokus stehen dabei zum Beispiel Inhaltsstoffe, mikrobielle Beschaffenheit, Kontaminanten und Rückstände sowie die Produktkennzeichnung.

Mit dem Erlass der neuen Gegenproben-Verordnung (GPV) ist die Zulassung als Gegenprobensachverständiger durch eine Landesbehörde bundesweit gültig. Dank der vom BVL veröffentlichten Liste aller zugelassenen Gegenprobensachverständigen können Unternehmen schnell und unkompliziert ein Labor für die Gegenanalyse finden.

Die Liste der Gegenprobensachverständigen finden Sie unter [www.bvl.bund.de/gegenproben-sachverstaendige](http://www.bvl.bund.de/gegenproben-sachverstaendige).

# Probenahme und Qualität

Mehrere richtige Antworten pro Frage sind möglich.

**1** Welches Gerät eignet sich für die Probenahme flüssiger Proben?

- A** Stechzylinder.
- B** Schöpfbecher.
- C** Ruttner-Flasche.
- D** Waschflasche.
- E** Kunststoffbeutel.

**2** Wie lassen sich Wasserproben bis zur Analyse konservieren?

- A** Ansäuern.
- B** Kurzzeitiges Erhitzen.
- C** Einfrieren.
- D** Zusatz von Konservierungsmitteln.
- E** Einblasen von Sauerstoff.

**3** Wie lange dauert etwa eine aktive Probenahme von Raumluft, um schwerflüchtige Substanzen nachzuweisen?

- A** 30 bis 60 Minuten.
- B** Mehrere Stunden.
- C** Acht Stunden.
- D** Sieben Tage.
- E** Einen Monat.

**4** Was ist eine Bodenluftprobe?

- A** Aus einer Bodenluftprobe wird der Schadstoffgehalt auf dem Dachboden eines Hauses bestimmt.
- B** Eine Bodenluftprobe wird direkt über dem Erdboden genommen.
- C** Eine Bodenluftprobe wird durchgeführt, um leichtflüchtige Stoffe im Porenraum von Böden zu bestimmen.
- D** Eine Bodenluftprobe wird mindestens in Meter Bodentiefe entnommen.
- E** In einer Bodenluftprobe werden bodentypische Inhaltsstoffe wie Silikate bestimmt.

**5** Welcher Stoff lässt sich in einer Wasserprobe bestimmen, die bis zur Analyse ohne Zusätze bei 4 °C in einer Glasflasche aufbewahrt wurde?

- A** Tensid.
- B** Nitrat.
- C** Chlor.

**D** Kalium.  
**E** Zink.

**6** Wie ist zu konservieren, wenn in einer Wasserprobe Blei bestimmt werden soll?

- A** Den pH-Wert mit Natronlauge auf pH 10 einstellen.
- B** Kaliumdichromat zugeben.
- C** Probe filtrieren.
- D** Den pH-Wert mit Schwefelsäure auf pH kleiner 2 einstellen.
- E** Den pH-Wert mit Salpetersäure auf pH kleiner 2 einstellen.

**7** Was ist in einer Wasserprobe vor Ort zu bestimmen, da es keine Konservierung dafür gibt?

- A** Nitrit.
- B** Phenol.
- C** Sulfid.
- D** Phosphat.
- E** Wasserhärte.

**8** Welches Probenahmegefäß wird für den Transport ins Labor verwendet, wenn in einer Wasserprobe leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe zu bestimmen sind?

- A** Polyethylenflasche.
- B** Braunglasflasche.
- C** Klarglasflasche.
- D** Steril gemachte Flasche.
- E** Vor-Ort-Bestimmung.

**9** Welcher Satz beschreibt die Phase der Qualitätslenkung des Qualitätsmanagementsystems nach ISO 900?

- A** Maßnahmen und Ressourcen, um die Qualitätsziele zu erreichen, werden festgelegt.
- B** Neue Ziele sowie Möglichkeiten und Fähigkeiten, sie zu erfüllen, werden festgelegt.
- C** Maßnahmen der Qualitätsplanung werden in die Praxis umgesetzt.
- D** Praktische Ergebnisse werden überprüft und mit den Qualitätsanforderungen verglichen.
- E** Qualitätsziele werden festgelegt.

**10** Was ist eine Außer-Kontroll-Situation auf einer Qualitätsregelkarte?

- A** Alle Werte liegen auf einer Seite des Mittelwerts.
- B** Es gibt Werte außerhalb der Warngrenzen.
- C** Es gibt Werte außerhalb der Eingriffsgrenzen.
- D** Werte ändern sich zyklisch.
- E** Mehrere Werte hintereinander folgen einem Trend, steigen oder fallen also.

**11** Welchem Ziel dient es, eine Regelkarte zu führen?

- A** Dem Ziel, fachliche Kompetenz nachzuweisen.
- B** Als Vergleichsgröße.
- C** Zur Dokumentation der Qualitätssicherung.
- D** Dem Ziel, die Produktivität zu erhöhen.
- E** Dem Ziel, Prozesse zu studieren und in die Serienproduktion umzusetzen.

**12** Welche Punkte muss eine Standardarbeitsanweisung unter anderem enthalten?

- A** Name des Autors.
- B** Datum der Erstellung.
- C** Dokumentierte Prüfung durch eine zweite Person.
- D** Dokumentierte Genehmigung der für den Bereich verantwortlichen Person.
- E** Unterschrift des Firmeneigentümers.

## Lösungen zu Seite 374 (CLB 7–8/2010, die jüngste Fragenseite):

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

(Lösungen zu den Fragen hier finden Sie in CLB 11/2010 sowie auf [www.clb.de](http://www.clb.de))



# Bezugsquellenverzeichnis

## ANALYSEN

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

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

## ARBEITSSCHUTZARTIKEL



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

## CHEMIKALIEN



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

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

## DEUTERIUMLAMPEN



06151/88 06-0  
Fax 06151/89 66 67  
www.LOT-Oriel.com

## DICHTUNGSSCHEIBEN AUS GUMMI MIT AUFVULKANISIERTER PTFE-FOLIE

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

## FTIR-SPEKTROMETER-ZUBEHÖR



06151/88 06-0  
Fax 06151/89 66 67  
www.LOT-Oriel.com

## GEFRIERTROCKNER

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

## GEFRIERTROCKNUNGSANLAGEN



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

## HOHLKATHODENLAMPEN



06151/88 06-0  
Fax 06151/89 66 67  
www.LOT-Oriel.com

## KÜHL- UND TIEFKÜHLGERÄTE



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

## 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

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



## 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



## 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



## 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



## VAKUUMKONZENTRATOREN

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

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

### In memoriam Prof. Dr. Viktor Obendrauf

Am 28. August 2010 starb Professor Dr. Viktor Obendrauf nach langer Krankheit im Alter von 56 Jahren.



Viktor Obendrauf lebte für die Chemie. Er war ein Vollblut-Experimentator und gleichzeitig jemand, der mit diesen Experimenten und mit den Berichten über die Chemie zu begeistern wusste. Seine Vorträge und Experimentalvorführungen waren weltweit bekannt und beliebt. Sie waren jedoch nur das auffälligste Zeichen seines Wirkens.

Den Chemieunterricht bereicherte er nämlich mit einer Vielzahl neuer, eigens entwickelter Versuche; gerne war er auch bei der Beschaffung der notwendigen Gerätesätze hilfreich. Seine Spezialität waren Mikroversuche, die es auch ermöglichten, mit teils brisanten Stoffen gefahrlos zu experimentieren. Besonderen Wert legte er bei den Vorführungen darauf, dass kein Abfall hinterlassen wurde. Sein Credo: Experimente sind dann „schön“, wenn sie sich einfach, billig, klein und Zeit sparend durchführen lassen.

Den schönen, harmonischen Dingen widmete er ebenfalls gerne seine Zeit. Er liebte klassische Musik, und sein sonntägliches Spiel an der Orgel in der Kirche seines Heimatortes hatte große Priorität für ihn. Kein Wunder, dass er beide Engagements zu verbinden suchte, etwa bei der Darbietung klassischer Klänge mit einer Flammenorgel. Die Fotografie öffnete ihm ein weiteres Feld, sein Interesse an Ästhetik zu artikulieren. Das zeigt sich in den im eigenen Fotostudio detailliert ausgearbeiteten Bildern, mit denen er seine Fachzeitschriftenbeiträge illustrierte. Solange es ihm seine Gesundheit erlaube genoss er auch die Faszination der Unterwasserwelt – und vermittelte dies den über Wasser Gebliebenen durch exzellente Fotos.

Viktor Obendrauf wurde mehrfach ausgezeichnet, u.a. mit dem Pädagogenpreis des Fachverbandes der chemischen Industrie Österreichs, dem „Friedrich Stromeyer-Preis“ sowie dem „Manfred-und-Wolfgang-Flad-Preis“ der Gesellschaft Deutscher Chemiker und der Auszeichnung der Chemical Society of Thailand bei der PACCON 2009. Meine Auszeichnung war, ihn als immer freundlichen, hilfsbereiten Menschen kennengelernt und mehrere Jahre mit ihm zusammengearbeitet, über gemeinsame Hobbies wie Tauchen, Fotografieren und das Gestalten von Zeitschriften kommuniziert zu haben. In der CLB veröffentlichte er in den vergangenen vier Jahren bis kurz vor seinem Tod elf große Beiträge, und auf der von uns organisierten Veranstaltung InCom/LifeCom 2007 in Düsseldorf begeisterte er mit zwei Experimentalvorträgen. Wir trauern um ihn, wie auch die gesamte Gemeinde der Chemiedidaktik Trauer trägt.

Rolf Kickuth  
CLB

# ERFOLG UND KOMPETENZ MACHEN HIER SCHULE

Berufliche Bildung in den Branchen

**Naturwissenschaften/Hochtechnologie - Technischer Umweltschutz -**

*Wir unterstützen und organisieren die berufliche Ausbildung Ihrer Fachkräfte*

- Chemielaborant/-in
- Biologielaborant/-in
- Physiklaborant/-in
- Lacklaborant/-in
- Chemikant/-in
- Produktionsfachkraft Chemie
- Verfahrensmechaniker/-in für Beschichtungstechnik
- Mechatroniker/-in
- Fachkraft für Wasserversorgungstechnik
- Fachkraft für Abwassertechnik
- Fachkraft für Kreislauf- und Abfallwirtschaft



*Wir bilden Ihre zukünftigen Führungskräfte aus*

- Bachelor of Science Studiengang Chemie mit integrierter Ausbildung zum/zur Chemielaborant/-in
- Bachelor of Science Studiengang Ökologie/Umweltschutz mit integrierter Ausbildung zur Fachkraft für Abwassertechnik
- Bachelor of Science Studiengang Ökologie/Umweltschutz mit integrierter Ausbildung zur Fachkraft für Kreislauf- und Abfallwirtschaft



*Wir qualifizieren Ihre Mitarbeiter zu Meistern*

- Industriemeister/-in - Fachrichtung Chemie
- Geprüfter Wassermeister/Geprüfte Wassermeisterin
- Geprüfter Abwassermeister/Geprüfte Abwassermeisterin
- Geprüfter Netzmeister/Geprüfte Netzmeisterin
- Meister/-in für Kreislauf- und Abfallwirtschaft und Städtereinigung

*Wir schulen Ihre Mitarbeiter zu den Themen*

- Laboratoriumstechnik in der Chemie
- Laboratoriumstechnik in der Biologie
- Laboratoriumstechnik in der Physik
- chemischen Verfahrens- und Produktionstechnik
- Umwelttechnik
- Entsorgungs- und Wertstoffwirtschaft
- Energie und Energieeffizienz
- Meisterqualifizierung
- Kommunikation



Wir erstellen Ihnen sehr gern individuelle Angebote für Ihr Unternehmen zum Ausbildungsmanagement, den Aufstiegsqualifizierungen, zu Ihren Themen, Wünschen und Anforderungen in der betrieblichen Weiterbildung. Fordern Sie unser neues Bildungsprogramm unter Tel.: 0351 4445-780 oder per E-Mail: [d.meissner@sbgdd.de](mailto:d.meissner@sbgdd.de) an. Gern beraten wir Sie zu aktuellen Fördermöglichkeiten und unterstützen Sie bei der Antragsstellung.



**Sächsische Bildungsgesellschaft für Umweltschutz  
und Chemieberufe Dresden mbH**

Gutenbergstraße 6  
Tel.: 0351 4445-60  
[info@sbgdd.de](mailto:info@sbgdd.de)

01307 Dresden  
Fax: 0351 4445-612  
[www.sbgdd.de](http://www.sbgdd.de)