

CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

Analytik

Biotechnik

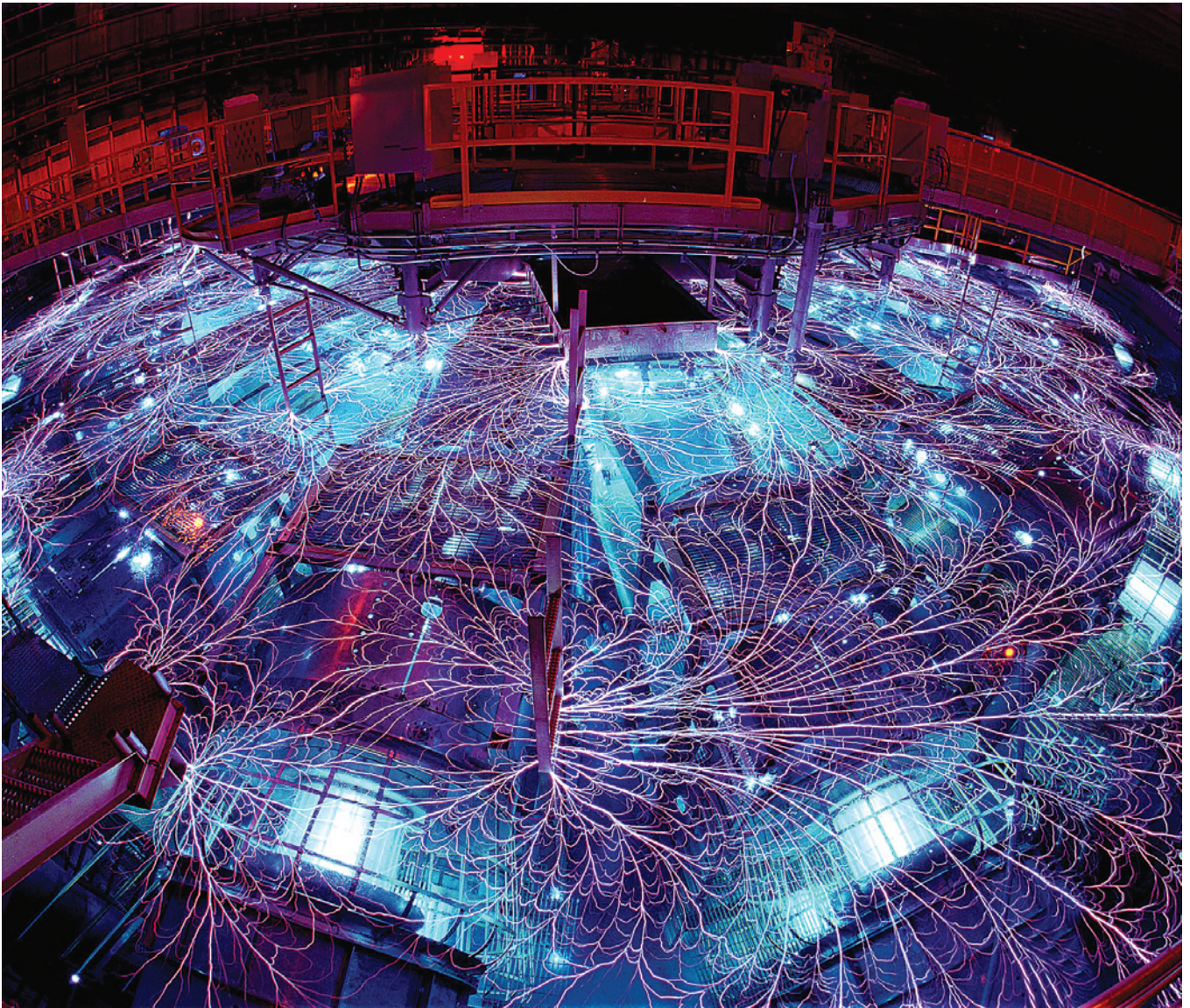
Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung



- Energie aus Kernfusion
- Nanomaterialien
- Risiken der Nanotechnik

- Funktionelle Oberflächen
- Biotechnologie-Förderung
- Infinitesimalrechnung

Das Atom als Energiequelle

Von Prof. Dr. W. Walcher, Marburg/Lahn

Das Thema „Das Atom als Energiequelle“ mag den Anschein erwecken, als ob über jenen Komplex von Erscheinungen berichtet werden soll, der heute in aller Munde ist, über den wir täglich in den Zeitungen lesen können und der durch das Wort „Atomenergie“ gekennzeichnet werden kann. Dies ist nicht meine Absicht. Diese besteht im Gegenteil darin, Ihnen zu zeigen, daß in allen Energiequellen die Atome die Energieerzeuger sind, daß also auch in den Energiequellen unseres täglichen Lebens — etwa im Streichholz, mit dem wir eine Zigarette entzünden — „Atomenergie“ produziert wird. Sobald wir nämlich den Begriff „Atomenergie“ in seiner einfachen Bedeutung untersuchen, erkennen wir, daß das Schlagwort „Atomenergie“, das uns von der Atombombe her geläufig ist, nur einen Teil der energieliefernden Vorgänge im Atom umfaßt, daß es also schlecht gewählt ist. Wollen wir ein Bild von den atomaren energieerzeugenden Vorgängen entwerfen, so werden wir uns zweckmäßig zuerst mit den Teilbegriffen vertraut machen. Was ist ein „Atom“ und was ist „Energie“? Wenn wir uns hierüber klar geworden sind, werden wir kurz Umschau zu halten haben, welches unsere Energiequellen sind, und erst dann können wir die Frage nach der Rolle der Atome bei der Energieerzeugung beantworten.

Anatomie des Atoms

Beginnen wir mit einer kleinen Anatomie des Atoms.

Das Atom ist nach unserer heutigen Kenntnis nicht ein „unteilbares“; wir denken es uns aufgebaut wie ein kleines Planetensystem. Ein Zentralkörper, die Sonne, wird umkreist von einer Anzahl von Planeten. Die „Sonne“ nennen wir den Atomkern, die „Planeten“ sind die Elektronen; sie sind die kleinsten Einheiten der Elektrizität und nach unserer gegenwärtigen Kenntnis unteilbare, letzte Einheiten. Wir nennen solche

Gebilde heute Elementarteilchen. Die Elektronen sind negativ geladen; der Atomkern hingegen trägt eine positive Ladung. Er ist aber kein Elementarteilchen, sondern auch ein zusammengesetztes Gebilde, aufgebaut aus zwei Sorten von Elementarteilchen, den Protonen und den Neutronen. Die Protonen tragen eine ebenso große positive Ladung wie die Elektronen eine negative, die Neutronen sind, wie ihr Name sagt, elektrisch neutral. Die Massen — oder wie wir im täglichen Leben sagen, das Gewicht — von Proton und Neutron sind praktisch gleich groß, die Elektronen hingegen haben eine sehr viel kleinere Masse, und zwar ist die Elektronenmasse nahezu 1/2000 der Protonenmasse.

Die Atome der verschiedenen Elemente erhalten wir durch Zusammenfügen einer passenden Zahl solcher Elementarteilchen. Aus Protonen und etwa gleich vielen Neutronen bauen wir zunächst den Kern auf, dann bringen wir so viel Elektronen auf Kreis- oder Ellipsenbahnen hinzu, daß das ganze Gebilde, das wir nun Atom nennen, elektrisch neutral wird.

Der einfachste Fall ist das Wasserstoffatom. Es besteht aus einem Proton als Kern und einem Elektron als Planet. Der Abstand zwischen beiden ist etwa 10 000 mal so groß wie der Durchmesser von Proton und Elektron, die beide ungefähr dieselbe Größe haben; er beträgt etwa 1/100 000 000 Zentimeter.

Dieses Aufbauprinzip können wir weiter verfolgen: Wir bauen uns das nächstschwerere Atom auf. Es ist der berühmte schwere Wasserstoff. Wir fügen zum Kern des Wasserstoffatoms, also zum Proton, ein Neutron hinzu und erhalten einen Kern, der doppelt so schwer wie der Wasserstoffkern ist, aber noch die gleiche Ladung trägt. Wir brauchen also an der Hülle unseres neuen Atoms nichts zu ändern, und da die Hülle die chemischen Eigenschaften unserer Atome bestimmt, ist unser neues Atom ein doppelt schweres Wasserstoffatom, oder wie wir sagen, ein Wasserstoffatom mit dem Atomgewicht 2, indem wir das gewöhnliche Wasserstoffatom als Atomgewichtseinheit nehmen. Wir haben damit ein „Isotop“ des Wasserstoffs erhalten.

Schreiten wir im Aufbau unserer Atome fort und fügen einen Kern aus zwei Protonen und zwei Neutronen zusammen, so müssen wir in die „Elektronenschale“ 2 Elektronen setzen, um ein neutrales Atom zu erhalten. Es ist das Helium-Atom. Seine Kernladungszahl ist also 2, sein Atomgewicht 4, wobei wir anmerken, daß für das Atomgewicht nur die Zahl der Protonen und Neutronen verantwortlich ist, weil die Elektronen

ein so kleines Atomgewicht (1/2000) haben. Der Kern des Heliumatoms begegnet uns beim radioaktiven Zerfall, er wird dort α -Teilchen genannt.

So können wir fortschreiten und nacheinander alle Atome der uns bekannten Elemente aufbauen: Aus 3 Protonen und 3 Neutronen im Kern, 3 Elektronen in der Hülle erhalten wir ein Lithiumatom mit dem Atomgewicht 6, hätten wir hingegen 4 Neutronen genommen, so würden wir das Lithiumisotop mit dem Atomgewicht 7 erhalten haben. Mit 92 Protonen und 143 Neutronen im Kern, 92 Elektronen, „planetarisch“ entsteht das Uranisotop mit dem Atomgewicht 235, das bei der Entwicklung der Atombombe eine große Rolle gespielt hat.

Wir dürfen unsere Betrachtungen über das Atom nicht abschließen, ohne auf ein weiteres Aufbauprinzip eingegangen zu sein. Wenn wir zwei Atome genügend nahe zusammenführen, so bilden sich aus den getrennten Elektronenhüllen durch Umlagerung der Elektronen teilweise gemeinsame Hüllen und das hat zur Folge, daß die beiden Atome als Molekül vereinigt bleiben. Aus so gebildeten zweiatomigen Molekülen besteht der Sauerstoff und der Stickstoff unserer Luft, oder das Wasserstoffgas, das etwa 50% unseres Leuchtgases ausmacht.

Was ist Energie?

Wenn wir nun wissen, was ein Atom ist, können wir uns ins Gedächtnis zurückrufen, was Energie ist. Mit dem Wort „Energie“ bezeichnen wir die Fähigkeit eines Körpers oder eines ganzen Systems von Körpern, Arbeit zu leisten. Beispiele werden uns dies klarer beleuchten. Wenn wir einen Stein vom Boden auf den Tisch heben, so müssen wir eine Arbeit leisten, die wir wiedergewinnen können, wenn der Stein auf den Boden, also in umgekehrter Richtung zurückgeführt wird; der Stein ist also in der „gehobenen Lage“ auf dem Tisch fähig, Arbeit zu leisten, und diesen Tatbestand drücken wir so aus, daß wir sagen, der Stein besitzt eine bestimmte Energie; im Beispiel ist es die Energie der Lage oder potentielle Energie. Wir setzen nun die Energie gleich der Arbeit, die wir gewinnen können und sind damit in der Lage, die Energie in Arbeitseinheiten zu messen. Aus dem täglichen Leben ist uns zum Beispiel von der Elektrizitätsrechnung die Kilowattstunde als Arbeits- oder Energieeinheit geläufig.

Lassen wir den Stein vom Tisch frei zu Boden fallen, so ist er in der Lage, zum Beispiel eine auf dem Boden liegende Glasscheibe zu zertrümmern, Arbeit zu leisten. Ihm wohnt also Energie inne, und zwar Energie

der Bewegung oder kinetische Energie. Je größer die Geschwindigkeit des Körpers, desto größer seine kinetische Energie, in Formel $E_{kin} = \frac{1}{2} mv^2$.

Die mannigfachen Formen, in denen wir täglich Energie verbrauchen, sind uns zu geläufig, als daß wir daran erinnern müßten. Unsere gesamte technische Zivilisation ist nichts anderes als eine geschickte Verwertung, Ausnutzung und Verwandlung der verschiedensten Energieformen. Wir wollen auch nicht vergessen, daß wir uns durch unsere Nahrung die Energiemengen zuführen, die wir zum Leben, also zu jeder Bewegung, verbrauchen, und daß die Pflanze ihre Lebensenergie nicht nur aus den Nährstoffen, sondern auch von der Sonnenstrahlung bezieht, die wir in diesem Zusammenhang als besondere Energieform herausstellen wollen.

Fragen wir nun nach den Quellen der Energie, die uns zur Verfügung stehen, so sehen wir sehr bald, daß wir immer wieder auf eine besondere Energieform hingeführt werden, nämlich die Wärme, und daß der eigentliche Energieerzeugungsvorgang die Verbrennung ist. In der Dampfmaschine verbrennen wir die Kohle, im Verbrennungsmotor unseres Kraftwagens das Öl. Die Wasserkraftmaschine nutzt hochgelegene Wasserspeicher aus; sie werden gefüllt durch die Sonnenstrahlung, die im Tiefland Wasser verdampft und in die Höhen der Atmosphäre führt, von wo sie als Niederschläge in größeren Höhen aufgefangen werden. Die Sonnenstrahlung hat also das Wasser hochgehoben, das uns beim Herabfallen Arbeit leistet, und auch die Sonnenstrahlung entspringt einem Verbrennungsvorgang von Sonnenmaterie, auf den wir später zu sprechen kommen werden.

Was ist Wärme?

Mit dieser neu gewonnenen Erkenntnis, daß der eigentliche Energieerzeugungsvorgang die Verbrennung ist, verlagert sich also unsere Frage nach der Energieerzeugung ganz spezifisch auf die Verbrennungsvorgänge und die Wärmeerzeugung, so daß uns als letztes — ehe wir in unser eigentliches Thema: „Das Atom als Energiequelle“ eintreten können — noch zu klären bleibt: Was ist Wärme, genauer was ist warm und kalt. Für den „Grad der Wärme“ hat der Physiker eine meßbare Größe eingeführt: Die Temperatur; jeder kennt diesen Begriff; aber wodurch unterscheidet sich ein warmer von einem kalten Körper?

Betrachten wir unsere Zimmerluft. Sie kann „warm“ oder „kalt“ sein. Was ist das? Unsere Luft besteht aus einer ungeheuer großen Zahl von

Fortsetzung auf Umschlagseite 3

Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,

als vor 55 Jahren die CLB den nebenstehenden Artikel (Heft Januar 1952) über Atomenergie veröffentlichte, gab es noch kein Atomkraftwerk. Wenn der Energieartikel dieser CLB ab Seite 168 auf Kernfusionskraftwerke abzielt, die durchaus 50 Jahre in der Zukunft liegen können, ist mir wohl bewusst, dass dezentrale Energieversorgungen (Solarenergie für Häuser etc.) durchaus auch eine große Rolle spielen werden. Dennoch macht ein guter Energiemix weiterhin Sinn; dies zeigt der Artikel ebenfalls auf.

Bei dem Schwerpunktthema „Nano“ in dieser Ausgabe geht es bei weitem nicht mehr nur um Zukunft. Selbst Kohlenstoff-Nanoröhren werden schon im Tonnenmaßstab produziert; daher soll hier auch auf die Risiken der Nanotechnik aufmerksam gemacht werden (Artikel ab Seite 188). Am Deutschen Museum in München gibt es jetzt sogar sechs „Nanobotschafter“, die für ein rechtes Verständnis von Chancen und Risiken entsprechender Produkte sorgen sollen.

Solch ein Verständnis ist auch unbedingt nötig, wird doch weiterhin massiv in die Nanotechnologie investiert (nebenbei bemerkt: „Technik“ bezieht sich auf Produkte oder Ergebnisse, „Technologie“

ist prozess- und produktionsorientiert. Dadurch, dass der englische Begriff „technology“ beide Bedeutungen vermengt – und anglophiles Sprechen ja „in“ ist ;-)) vermengt man wohl auch gerne im Deutschen die Bedeutungen). Um Prozesse der Nanotechnologie schneller von der Forschung auf den Markt bringen zu können hat sich beispielsweise gerade – initiiert durch die Dechema – ein Kreis junger Führungskräfte zum „Zukunftsforum Nanotechnologie“ zusammengeschlossen. Natürlich siehe auch die CLB die Chancen nanotechnischer Produkte (Artikel ab Seite 181) und zeigt konkrete Anwendungen auf (Artikel ab Seite 174).

Nanoforschung ist interdisziplinär, geht auch in die Biotechnologie hinein (Nanobiotechnologie), die jetzt ja stark gefördert wird (s.S. 196-197). Immer mehr verschwinden Grenzen zwischen Wissenschaftsgebieten – und später wohl auch zwischen „künstlich“ und „natürlich“, weil winzige technische Strukturen mit solchen der Biologie Verbindungen eingehen können. Die CLB verfolgt diesen spannenden Prozess.

Ihr

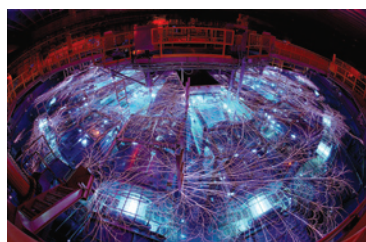


Zum Titelbild

Das Bild zeigt Entladungen an der Oberfläche einer zur Isolation von elektrischen Leitern mit Reinwasser gefüllten Z-Maschine der Sandia National Laboratories (SNL) bei einem Versuch zur Kernfusion. Die Z-Maschine lenkt dabei die weltweit stärkste Röntgenstrahlung auf ein kleines Target aus Deuterium und Tritium. Mit dem optisch attraktiven „Feuerwerk“ dürfte jedoch bald Schluss sein, sehr zur Freude der Ingenieure, denn der Wirkungsgrad steigt um 50 Prozent: Russische Forscher vom Institute of High Current Electronics in Tomsk entwickelten zusammen mit den SNL-Forschern einen „linear transformer driver“ (LTD). Dabei handelt es sich um zwei Kondensatoren, die unmittelbar mit einem Schalter verbunden sind, alles zusammen schuhkartongroß. Sie lassen sich zu 20er Ringen zusammenfügen (siehe Foto rechts). Mit

dem neuesten Modell sollen sich elektrische Impulse von 1 Megaampere und 100 Kilovolt für die Dauer von 100 Nanosekunden erzeugen lassen,

und das alle 10 Sekunden. Nicht genug damit: Die einzelnen Ringe, Kavitäten genannt, lassen sich stapeln. Damit ließen sich Pulse von 60 Megaampere bei 6 Megavolt erzielen – genug, so schätzen die Sandia-Forscher, um damit ein Kernfusionskraftwerk zu realisieren (siehe den Artikel ab Seite 168; Fotos: Randy Montoya/SNL). RK



INHALT

Aufsätze

Auf dem Weg zum gezähmten Sonnenfeuer Kernfusion – Grundlastversorgung von morgen? _____	168
Das private Forschungsinstitut Profactor in Steyr (Teil 2) Funktionelle Oberflächen und Nanostrukturen _____	174
Nanomaterialien – Eingriffe in das Reich der „Zwergstrukturen“ Mit der Winzigkeit ändern sich die Eigenschaften _____	181
Zu Risiken und Nebenwirkungen der Nanotechnik Können uns Nanopartikel gefährlich werden? _____	188

Rubriken

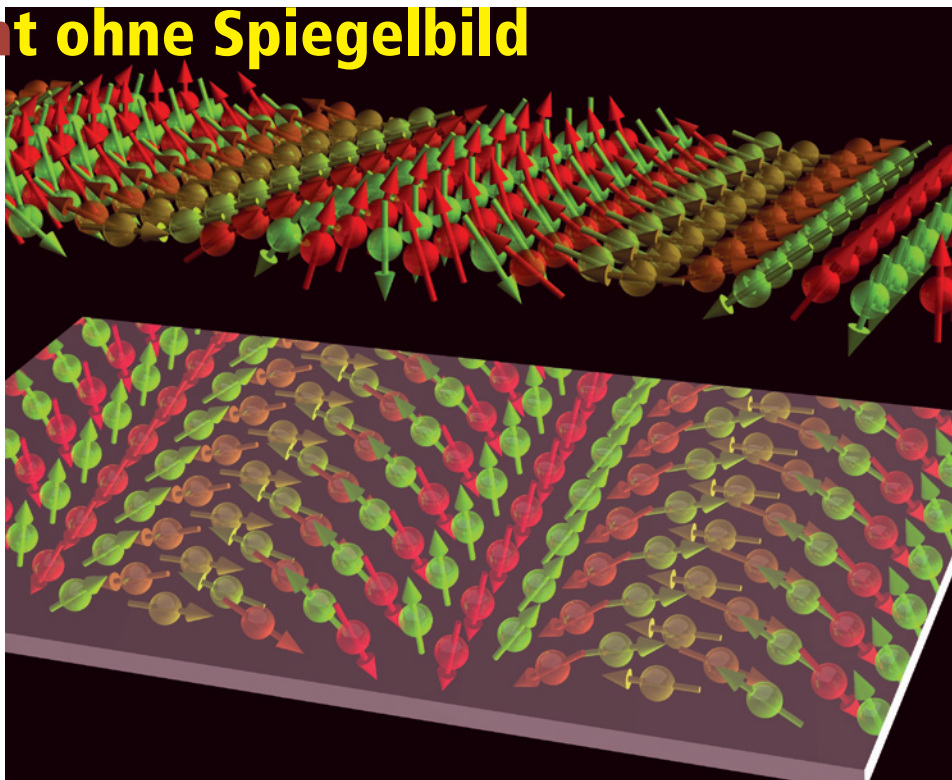
Editorial _____	161
Impressum _____	163
F & E im Bild _____	163
Unternehmen _____	164
Personalia _____	166
Förderungen / Preise _____	167
Messe / Kongress / Ereignisse _____	192
Umfeld Wissenschaft _____	196
Neue Produkte _____	198
Bezugsquellenverzeichnis _____	199

CLB-Memory

Studie zu Studiumswünschen Chemie/Pharmazie/Biologie verlieren _____	M33
Über die Entstehung der Infinitesimalrechnung Wer war zuerst: Newton oder Leibniz? _____	M34
Nützliche Ratgeber 84 - 888 Zum Hören, Lesen und Lernen _____	M37
Die Jugend forscht Bundessieger 2007 stehen fest Von Magnesit bis Benzylbromid _____	M38
Qualitative Analyse – Trennungsgänge Identifizieren von Kohlenstoffverbindungen _____	M40

Manganschicht ohne Spiegelbild

Mit Computersimulationen haben Physiker des Forschungszentrums Jülich und der Universität Hamburg berechnet, dass in einer Manganschicht von nur einer Atomlage Dicke immer die gleiche Anordnung elementarer magnetischer Momente vorkommt und niemals das Spiegelbild. Ihre Experimente bestätigten dies. Die Physiker konnten nachweisen, dass – anders als in voluminösen Strukturen – in atomdünne Manganschichten die Dzyaloshinskii-Moriya-(DM-)Wechselwirkung auftritt. In magnetischen Nanostrukturen führen reduzierte Dimensionalität, Defekte und komplexe Wechselwirkungen an Oberflächen und Grenzflächen zu chiraler Symmetriebrechung und damit zu induziertem anisotropem Austausch. Diese DM-Wechselwirkung ist der entscheidende Mechanismus für die einzigartige Anordnung der elementaren magnetischen Momente in der Manganschicht. Den Jülicher Festkörperphysikern ist es erstmals gelungen, die Stärke der DM-Wechselwirkung quantitativ zu bestimmen. Die Berechnungen müssen für jedes Material und jede Schichtdicke jeweils neu durchgeführt werden; das kostet Zeit: Auf einem Supercomputer des



Jülicher John von Neumann-Instituts für Computing (NIC) mit einer Rechenleistung von 46 Tera-Flops benötigt eine solche Berechnung etwa einen Monat! Solche homochiralen Magnetstrukturen lassen aussichtsreiche Anwendungen erwarten, weil sie eine Kopplung von elektronischen, optischen, magnetischen und strukturellen Eigenschaften ermöglichen, etwa in der Spintronik. In diesem Gebiet der Forschung nutzt man den Spin von Elektronen für die Informationsverarbeitung, nicht ihre Ladung. Dies kann zu sehr schnellen Bauelementen führen (Abb.: Uni Hamburg).

Impressum

CLB
Chemie in Labor und Biotechnik

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

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

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

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

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

Ständige Mitarbeiter:
Ans de Bruin (Grafik), Heidelberg; Werner
Günther, Düsseldorf; Prof. Dr. Wolfgang
Hasenpusch, Hanau;
Dr. Mechthild Kässer, Diekhofen; PD Dr.
Röbke 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 Bajramowic
CLB, Agentur & Verlag Rubikon
Bammentaler Straße 6–8
69251 Gaiberg bei Heidelberg
Telefon (0 62 23) 97 07 43
Fax (0 62 23) 97 07 41
E-Mail: service@clb.de

Abonnementbetreuung:
Natalia Bajramowic
E-Mail: service@clb.de

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

CLB erscheint monatlich.

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

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

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

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

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

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

ISSN 0943-6677



NACHRICHTEN & NOTIZEN

Leica Microsystems hat in Belgien eine neue Vertriebsniederlassung eröffnet. Nachdem Van Hopylynus Instruments SA mehr als 40 Jahre lang erfolgreich Leica Microsystems in Belgien vertreten hat, haben sich beide Unternehmen darauf geeinigt, die Distribution auf Leica Microsystems BVBA in der Nähe von Brüssel zu übertragen.

Fast2Clean, ein zwei Jahre altes Unternehmen in Saarbrücken, bietet Oberflächenversiegelungen auf der Basis von Nanotechnik an. Dazu gehören Versiegelungen von Wintergärten, Autos, Waschhallen, Kunststoffdächern, Wohnmobilen, Bädern, Duschen sowie neuerdings auch Boote und Dachziegel.

MIP Technologies AB und Supelco, ein Teilunternehmen von Sigma-Aldrich, bringen zusammen ein neues SupelMIP (molecularly imprinted polymers) Produkt für die selektive Extraktion von beta-Agonisten und -Antagonisten auf den Markt. Die selektive und sensitive Methode wird für das monitoring in Bereichen der Klinik, der Veterinärmedizin, der Nahrungsmittel- und Umwelt eingesetzt.

Die Protagen AG aus Dortmund, ein führender Anbieter von Produkten, Dienstleistungen und Softwarelösungen für die Proteinforschung, und das Zentrum für Angewandte Proteomik (ZAP) haben eine Kooperation mit den chinesischen Partnern Shunde Kangdi Antibody Biotech und dem Beijing Proteome Research Center (Beijing PRC) beschlossen. Die Zusammenarbeit zielt auf die Entwicklung von Antikörpern gegen Leberproteine.

Mylan Laboratories Inc. und Merck KGaA gaben bekannt, dass Mylan Merck's Generica-Geschäft für 4,9 Billionen Euro kauft. Mylan wird damit zum Weltmarktführer bei den Generica.

VWR International, Inc., ein Portfoliounternehmen von Clayton, Dubilier & Rice, Inc. (CD&R) und Anbieter von Laborzubehör, wird von Madison Dearborn Partners (MDP) übernommen. Mit einem Umsatz von USD 3,2 Mrd. im Jahr 2006 ist VWR der zweitgrößte Anbieter der Branche und verfügt über eine globale Kundenbasis in den Branchen Pharmazie, Biotechnologie, Erziehung und Industrie.

Shimadzu hat für seine LCMS-IT-TOF-Massenspektrometer eine „Formula Predictor“-Software entwickelt. Damit soll es möglich sein, Formeln unbekannter Substanzen präzise vorherzusagen.

Linde Gas hat jetzt eine Produktlinie für Kunden mit kleinem Gasebedarf. Die „Ecocyl“-Flaschen eignen sich beispielsweise für Kalibrierung oder Betrieb von Gassensoren und Analysengeräten.

Sartorius nahm am 21. Mai in Göttingen ein neues Laborgebäude für Biotechnik in Betrieb. Mit den Labors auf 3000 Quadratmetern Nutzfläche erweitern sich die Biotech-F&E-Kapazitäten der Firma um 60 Prozent. Sartorius hat seit 2002 sein F&E-Budget um 75 Prozent erhöht.

Lage der chemischen Industrie 2007

Zuwachs im In- und Ausland

Die deutschen Chemieunternehmen sind mit starker Dynamik ins Jahr 2007 gestartet und konnten im ersten Quartal nahtlos an das Wachstum des Vorjahres anknüpfen.

Das unterstreicht der aktuelle Lagebericht vom Verband der Chemischen Industrie (VCI) in Frankfurt: Die Chemieproduktion stieg im ersten Quartal 2007 gegenüber dem vierten Quartal 2006 um 1 Prozent. Sie lag damit um 4,3 Prozent über dem Wert des Vorjahresquartals. Auch der Umsatz zog weiter an: Die Branche erzielte einen Gesamtumsatz von 42,1 Milliarden Euro und übertraf damit das Vorquartal um 4,5 Prozent. Der Zuwachs wurde gleichermaßen vom besseren Inlandsgeschäft und der stärkeren Nachfrage aus dem

Ausland getragen. Im Vergleich zum Vorjahresquartal stieg der Umsatz um 8 Prozent. Trotz der Erhöhung der Umsatzsteuer, des starken Euro und erneut anziehender Rohölpreise erwartet der VCI nicht, dass sich die Konjunktur in Deutschland abschwächt. Für das Gesamtjahr 2007 wird mit einem Wachstum der Chemieproduktion von rund 3 Prozent und einen Anstieg des Umsatzes um 4,5 Prozent gerechnet.

Die Erzeugerpreise stagnieren auf hohem Niveau. Sie stiegen nur um 0,2 Prozent.

Von Januar bis März 2007 beschäftigten die deutschen Chemieunternehmen rund 417500 Mitarbeiter. Damit blieb die Zahl der Arbeitsplätze in der Branche praktisch unverändert.

Kunststoffherzeuger in Deutschland

2006: Umsatzplus 6,1 Prozent – positiver Start ins Jahr 2007

Die Kunststoffherzeuger in Deutschland schauen „vorsichtig optimistisch“ in die Zukunft, wie der Vorsitzende des Erzeugerverbandes PlasticsEurope, Dr. Günter Hilken erläuterte. Man gehe für 2007 davon aus, dass die Zuwächse in Produktion und Umsatz im Bereich des Bruttoinlandsprodukts oder knapp darüber liegen werden.

Das zurückliegende Jahr 2006 bescherte den Kunststoffherzeugern in Deutschland ein Umsatzplus von 6,1 Prozent. Der Umsatz erreichte 22,2 Milliarden Euro. Gleichzeitig stieg die in Deutschland produzierte Menge um 2,7 Prozent auf 18,5 Millionen Tonnen. Nie wurden in Deutschland mehr Kunststoffe produziert.

Alle wichtigen Abnehmerbranchen, der Verpackungsmarkt, die

Automobilbranche sowie die Elektro-/Elektronikindustrie, entwickelten sich positiv. Insbesondere der Bau verbuchte endlich wieder ein positives Ergebnis.

Der Kunststoff-Außenhandel hat sich 2006 gut entwickelt, wobei die verbesserte Inlandsnachfrage ihre Spuren beim Außenhandelsaldo hinterließ: Er verzeichnete in der Menge ein Minus von 11,7 Prozent. Der Export stieg in der Menge um 3,5 Prozent auf 12,6 Millionen Tonnen, im Wert um 8,3 Prozent auf 18,7 Milliarden Euro. Der Import stieg im gleichen Zeitraum in der Menge um 14,3 Prozent auf 8,1 Millionen Tonnen, dem Wert nach gerechnet sogar um 21,9 Prozent auf 11,4 Milliarden Euro. Der Exportüberschuss betrug rund 4,4 Millionen Tonnen oder 7,2 Milliarden Euro.

Büchi : 50 Jahre Rotationsverdampfer Siedeproblematik gelöst

In diesem Jahr feiert der Rotationsverdampfer sein 50-jähriges Jubiläum.

Die Destillation, Trennung von Tropfen für Tropfen, ist eine Kunst die bereits 3500 vor Christus eingesetzt wurde. Erfunden wurde die Trennmethode in Persien, um Rosenwasser herzustellen. Von da breitete sie sich schnell über ganz Europa, Nordafrika und Asien aus.

Wenige Jahre nach Ende des zweiten Weltkriegs suchten Chemiker der Basler Chemie eine Lösung, mit der gelöste Feststoffe schonend eingengt und getrocknet werden konnten. Damals existierte bereits eine große Anzahl von Destillationsapparaturen. Ihre Anwendung bereitete allerdings Probleme, die unmittelbar mit dem Siedevorgang zusammenhing, denn der war alles andere als reproduzierbar.

1957 entwickelte ein Schweizer Unternehmen den ersten Rotationsverdampfer (Abbildung), die Glasbläserei und Instrumentenhersteller Büchi Labortechnik. Mit dem Modell Rotavapor R wurde die Idee, dass ein Kolben beim Verdampfen rotiert und gleichmäßig beheizt wird, umgesetzt. Das Prinzip des Erhitzens von Lösungen bei vermindertem Druck faszinierte die Fachwelt und setzte kurz darauf einen Siegeszug rund um den Erdball an.

Seit dieser Zeit ist der Rotationsverdampfer aus chemischen, analytischen und präparativen Laboren nicht mehr wegzudenken. Über Jahrzehnte wurden die Bedienung, Sicherheit und Automatisierung kontinuierlich verbessert. Geräte der neuesten Generation verfügen über eine kabellose Stromversorgung des Heizbades, einen automatischen Lift, der bei



Rotationsverdampfer 1957.

einem Stromausfall automatisch den Kolben aus dem Heizbad fährt, USB-Schnittstelle, Lösungsmittelbibliothek und die Möglichkeit, automatisch Destillationen durchzuführen. Die Funktionen sind auf die Bedürfnisse der Anwender und den heutigen Laboralltag abgestimmt; das Prinzip hingegen ist seit 50 Jahren das Gleiche.

Synchrotron-Quelle Daresbury Zwei neue Kammeröfen

Die Möglichkeiten der Probenvorbereitung, Analyse und andere Serviceleistungen für die Benutzer der Synchrotron-Strahlenquelle (SRS) der Daresbury Laboratorien in Cheshire (England) wurden um zwei Carbolite Kammeröfen erweitert.

Das Daresbury SRS ist eine der weltweit besten Einrichtungen zur Erzeugung von Strahlung im Wellenlängenbereich vom langen infraroten bis zu harten Röntgenstrahlen. Es wird jährlich von mehr als 1300 Wissenschaftlern aus 25 Ländern für zahlreiche Versuche genutzt. Ergänzt wird das SRS durch ein Materialwissenschaftliches Labor mit einem breiten Spektrum von der Probenvorbereitung über analytisches Equipment bis hin zu einem Ofenraum etwa zum Kalzinieren oder Sintern.



Der HTF 17 erreicht mit seinen U-förmigen Heizelementen aus Molybdändisilicid bis zu 1700 °C (Foto: Carbolite).

Die beiden neuen Kammeröfen haben Maximaltemperaturen von 1300°C bzw. 1700°C bei einer Homogenität der Temperatur von besser als $\pm 5^\circ\text{C}$.

Bayer-Hochhaus wird Medienfassade

Das Bayer-Hochhaus in Leverkusen soll ab Frühjahr 2009 als hochmoderne Medienfassade in neuem Licht erstrahlen. Rund 3,5 Millionen LED-Leuchten werden bewegte Bilder und Lichtinszenierungen sichtbar machen. Ein Teil des dafür benötigten Stroms wird durch eine eigens für das Gebäude errichtete Photovoltaik-Anlage erzeugt werden. Die weithin sichtbare, 122 Meter hohe Mediensculptur wird dann als ständig wechselndes Kommunikationsinstrument für das Chemie- und Pharmaunternehmen genutzt.



BASF Dr. Friedrich Wirsing (49) wurde neues Aufsichtsratsmitglied der BASF Aktiengesellschaft. Er folgte als gewähltes Ersatzmitglied auf Dr. Karlheinz Messmer (62), der aus Altersgründen aus dem Unternehmen und dem Aufsichtsrat ausschied. Wirsing ist stellvertretender Vorsitzender des Sprecherausschusses der Leitenden Angestellten der BASF Aktiengesellschaft und Betriebsleiter.

DFG An der Spitze der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) mit ihren knapp 800 Mitarbeitern steht ab September 2007 die Juristin **Dorothee Dzwonnek** (50) als neue Generalsekretärin. Gemeinsam mit dem Präsidenten bildet sie den Vorstand der DFG.

FZK Prof. Dr. Eberhard Umbach (59) wird neuer wissenschaftlicher Geschäftsführer des Forschungszentrums Karlsruhe. Der Festkörperphysiker ist zurzeit Präsident der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) und Professor für Experimentalphysik an der Universität Würzburg. Den Klimawandel zu bremsen, sieht Umbach als die zurzeit dringlichste Herausforderung an. Damit verbunden plädiert er für eine neue Energieforschungsinitiative.

PFEIFFER VAKUUM Der Geschäftsführer des Pumpenherstellers, Matthias Wiemer, wurde jetzt zum weiteren Vorstandsmitglied ernannt. Der 48jährige ist dort verantwortlich für Entwicklung und Vertrieb.

VDI Prof. Dr.-Ing. habil. Bruno O. Braun wurde für drei Jahre in das höchste VDI-Amt gewählt. Der 64-Jährige habilitierte Maschinenbauingenieur aus Bietigheim (Württemberg) präsentierte ein Drei-Punkte-Programm, mit dem er den Technologiestandort Deutschland nachhaltig stärken möchte. Die Amtszeit von Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Lehmann, VDI-Präsident seit 2004, endete satzungsgemäß.



Dzwonnek



Hummel



Braun



Schlücker, Ackermann, Krüger

EHRUNGEN

Der mit 10 000 Euro dotierte **Nachwuchsforschungspreis des Förderkreises der Universität Münster** geht in diesem Jahr zu gleichen Teilen an den Biologen **Dr. Thomas Hummel** und den Physiker **Dr. André Schirmeisen**. Dr. Thomas Hummel vom Institut für Neuro- und Verhaltensbiologie wird für seine Arbeiten zur Analyse der Entwicklung des Nervensystems mit dem Schwerpunkt der Untersuchung synaptischer Verschaltungen ausgezeichnet. Hummel hat eine Methode entwickelt, mit der man sowohl gezielt Gene ausschalten als auch gleichzeitig in sehr hoher Auflösung die daraus resultierenden Störungen darstellen kann. Dr. André Schirmeisen hat sich mit den atomaren Prozessen von Reibungsvorgängen beschäftigt und dazu am Physikalischen Institut der Universität Münster eine eigene Arbeitsgruppe aufgebaut. So hat er beispielsweise einen Haftsensoren entwickelt, der die Wechselwirkungen von Metallen auf Polymere zerstörungsfrei und kontaktlos überprüfen kann.

Der Physikochemiker **Sebastian Schlücker** von der Uni Würzburg hat auf der Chemiedozententagung 2007 in Halle von der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Universitätsprofessoren für Chemie (ADUC) den mit 2500 Euro dotierten **„ADUC-Jahrespreis 2006 für Habilitanden/-innen“** verliehen bekommen. Der 34-jährige Würzburger Forscher leitet seit 2004 am Institut für Physikalische Chemie am Hubland eine eigene Nachwuchsgruppe. Sein Team hat die SERS-Mikroskopie entwickelt, mit deren Hilfe sich Zielmoleküle in Zellen und Geweben lokalisieren lassen.

Neben Schlücker wurden in Halle auch **Anke Krüger** aus Kiel und **Lutz Ackermann** aus München ausgezeichnet.

Mit der **Willy-Hager-Medaille 2007** wird in diesem Jahr **Prof. Dr. Carl Franz Seyfried**, Hannover, ausgezeichnet. Die Verleihung der Medaille erfolgt anlässlich eines Sonderkolloquiums am 25. Juni 2007 im Dechema-Haus, Frankfurt am Main. Die Auszeichnung ist mit 15 000 Euro dotiert. Damit werden seine außerordentlichen Leistungen und Verdienste auf den Gebieten der wissenschaftlichen Erforschung und praktischen Anwendung von Grundlagen und Verfahren der kommunalen und industriellen Abwasserreinigung als Auszeichnung für sein Lebenswerk gewürdigt.

Für die Entdeckung der genetischen Ursache der als „Kostmann-Syndrom“ bezeichneten Immunerkrankung wird **Prof. Dr. Christoph Klein**, Pädiatrische Hämatologie und Onkologie der Medizinischen Hochschule Hannover, mit dem diesjährigen **Kind-Philipp-Preis** ausgezeichnet. Der Preis ist mit 10 000 Euro dotiert. Klein fand: Das als HAX1 bezeichnete Gen ist bei Kostmann-Patienten so verändert, dass ein Eiweißmolekül, das als wichtiger Regulator in der Zellentwicklung fungiert, nicht gebildet werden kann. In der Folge können die für die Immunabwehr so entscheidenden weißen Blutkörperchen nicht gebildet werden.

Prof. Dr. Walter Jonat hat den mit 10 000 Euro dotierten **Wilhelm-Warner-Preis** erhalten. Der jährlich von der im Jahr 1961 eingerichteten Wilhelm-Warner-Stiftung gestiftete Preis wird für namhafte Wissenschaftler im Bereich der Krebsforschung verliehen. Walter Jonat ist seit 1995 Direktor der Klinik für Gynäkologie und Geburtshilfe des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein in Kiel. Der Schwerpunkt seiner klinischen Tätigkeit liegt auf der Diagnostik und Therapie von Brustkrebs. Erstmals wieder seit 40 Jahren wird o.g. Preis für die Forschung und Behandlung im Bereich von Brustkrebs verliehen.

Hochschul- Management

Die zunehmende Autonomie stellt Universitäten im deutschsprachigen Raum vor eine neue Herausforderung: Die klassische Verwaltung muss zum modernen Hochschulmanagement umgebaut werden. Die Hochschulen müssen eine eigene, adäquate Managementkultur erarbeiten. Um die Entwicklung dieses neuen Felds zu fördern und den Leistungen engagierter MitarbeiterInnen zu mehr Aufmerksamkeit zu verhelfen, schreibt die Donau-Universität Krems bereits zum zweiten Mal den Hochschulmanagement-Preis aus. Eine Fachjury bewertet die Projekte vor allem nach Innovationsgrad, Nachhaltigkeit und dem Nutzen für die Hochschule. Bis **30. Juli 2007** können Konzepte eingereicht werden, die in den vergangenen drei Jahren an Universitäten im deutschsprachigen Raum umgesetzt wurden. Den besten Projekten winken Stipendien im Wert von insgesamt 13 600 Euro. Nähere Informationen und ein Bewerbungsformular sind unter www.donau-uni.ac.at/hmpreis abrufbar. Die Preisverleihung findet am 24. September im Rahmen der Donau-Rektoren-Konferenz statt.

Stärkung kleiner und mittlerer Hochschulen

Mit seinem neuen Förderprogramm „Profil und Kooperation“ will der Stifterverband kleine und mittlere Hochschulen dazu ermuntern, sich mit neuen Ideen, Strategien und Modellen in der deutschen Hochschullandschaft zu profilieren. Gemeinsam mit der Heinz Nixdorf Stiftung wird der Stifterverband fünf Hochschulen mit jeweils 200 000 Euro auszeichnen. Anträge können bis zum **10. Juli 2007** eingereicht werden. Gerade die Gruppe der kleinen und mittleren Hochschulen muss sich ein charakteristisches Leistungsprofil erarbeiten, um sich auf dem Bildungsmarkt zu behaupten. Ebenso wie Unternehmen, stehen auch Universitäten im Wettbewerb um Studierende, Drittmittel und herausragende Wissenschaftler. Darüber hinaus kann es sinnvoll

sein, Kompetenzen verschiedener Hochschulen zusammenzuführen und sich in Verbänden komplementär zu ergänzen. So können Doppelstrukturen und Überschneidungen verhindert, Ressourcen gebündelt und damit leistungsstarke und profilrelevante Angebote geschaffen werden. Ziel solcher Kooperationen und strategischen Schwerpunktsetzungen ist es, eine eigene „Marke“ zu schaffen, unverwechselbare Hochschulprofile in Forschung und Lehre herauszubilden, attraktive Studien- und Weiterbildungsangebote zu entwickeln, neue Forschungsperspektiven zu eröffnen und Ressourcen effektiver zu nutzen. Mehr zum Wettbewerb und seinen Bewerbungsmodalitäten unter www.stifterverband.de/profilundkooperation.

Verhüllung ist Verheißung.

Christo Javacheff (*1935), bulgarisch-amerik. Verpackungskünstler

Demographischer Wandel

In Kooperation mit dem Landesausschuss für Weiterbildung, dem Bildungs- und dem Wirtschaftsministerium zeichnet das SaarLernNetz in diesem Jahr Projekte und Aktivitäten mit dem 1. Saarländischen Weiterbildungspreis 2007 aus, die sich exemplarisch mit der Gestaltung des Demographischen Wandels auseinandersetzen.

Der Preis wurde anlässlich der Verleihung „Ort der Ideen“ an das SaarLernNetz am 23. Mai 2007 ausgelobt. Es ist ein breites Bildungnetzwerk unter Federführung des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz (DFKI). Die Ausschreibung richtet sich an alle Weiterbildungseinrichtungen im Saarland. Über die Auswahl befindet eine unabhängige Jury. Die Preisverleihung findet am 20. September im Kultusministerium statt. Bewerbungsunterlagen sind beim SaarLernNetz, DFKI, Elke Rieder, Stuhlsatzenhausweg 3, 66123 Saarbrücken einzureichen. Bewerbungen müssen bis zum **30. Juni 2007** eingereicht sein.

44 Jahre „Deutscher Verpackungspreis“

Auch in diesem Jahr ruft das Deutsche Verpackungsinstitut e. V. (dvi) den „Deutschen Verpackungspreis“ aus. Alle Firmen sind aufgerufen, ihre neusten Verpackungslösungen zu präsentieren. Den Deutschen Verpackungspreis gibt es seit 44 Jahren. Nur die Gewinner des Deutschen Verpackungspreises haben die Berechtigung, an dem weltweiten Worldstar-Verpackungswettbewerb teilzunehmen. Alle Bewerbungen müssen bis zum **13. Juli 2007** beim Deutschen Verpackungsinstitut (dvi) in Berlin eingereicht werden. Eine unabhängige Jury wählt nach verbindlichen Kriterien aus. Bewertet werden

Funktionalität (technische Aspekte etc.), Neuheitsgrad (Innovation, Implementierung in anderen Branchen etc.), Emotionalität (Ästhetik, Design, Markengestaltung etc.), Wirtschaftlichkeit sowie Ökologie und Sicherheit. Es gibt fünf Preiskategorien: Verkaufsverpackungen, Transportverpackungen, Display- und Promotionverpackungen, Prototypen sowie die Kategorie Design, Ausstattung und Veredlung. Die Teilnahmegebühr beträgt 400 Euro, für Schüler, Studenten und Auszubildende 30 Euro (Kategorie Prototypen). Weitere Informationen gibt es unter www.verpackungspreis.de.

Es gibt keine Energiekrise; Energie gibt es in Hülle und Fülle. Das Problem liegt in der Umwandlung in einer für uns geeigneten Form und in dem Transport zu dem Verbraucher. Optimal aus letztgenannter Sicht ist eine dezentrale Energieversorgung. Sie erlebt durch immer bessere Systeme zur Umwandlung der Sonnenenergie auch im privaten Sektor zur Zeit einen großen Aufschwung. Zudem setzt sie keine unerwünschten Emissionen frei – ebenso auch die Windenergie nicht, die aber u.a. Probleme bei der Übertragung aufwirft. All diesen neuen Konzepten der Energieumwandlung ist gemein, dass es sich um teure Nischenprodukte handelt. Aber auch für die Kohle- und die Kernkraftwerke (Foto: das 1220 MW-Kernkraftwerk Leibstadt am Schweizer Ufer des Rheins), die „schmutzigen“ Produzenten elektrischer Energie zur Deckung der Grundlast, zeichnet sich eine Alternative ab: die Kernfusion, dem Sonnenfeuer, das auf der Erde als technisches Produkt in Form von Wasserstoffbomben bislang nur zerstörerische Kraft entfaltet. Und am Horizont zur Utopie lauern womöglich Mini-Schwarze Löcher als Energielieferanten...

Auf dem Weg zum
gezähmten Sonnenfeuer

Kernfusion – Grundlastversorgung von morgen?

Rolf Kickuth, Gaiberg bei Heidelberg

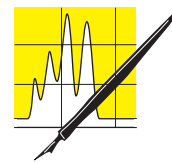
Eine moderne Welt ist ohne elektrische Energie nicht vorstellbar. Die Industrie benötigt sie für den Antrieb der Maschinen, für chemische Reaktionen, für Kühlung und Heizung. Strom treibt Züge an, erhellt unsere Wohnungen, ermöglicht die moderne Kommunikation und Datenverarbeitung. Jeder will ihn, keiner will jedoch ein Kohle- oder Kernkraftwerk in der Nachbarschaft haben. Dabei sind sie für unsere heutige Stromversorgung unabdingbar. Die Hintergründe dieser *conditio sine qua non* liegen in den Stichworten Zuverlässigkeit, Konstanz und Grundlast verborgen. Während sich Zuverlässigkeit von selbst erklärt – wer bleibt schon gerne wegen Stromausfalls im Aufzug stecken? – sind die Anforderungen an Konstanz kaum bekannt. Unsere Stromversorgung hat jedoch auch ihre „Reinheitsgebote“, ihre Qualitätsanforderungen. So beträgt die Frequenz unseres Wechselstroms 50 Hertz, und das mit einer Genauigkeit, die für die Regelung einfacher elektischer Uhren ausreicht; die Spannung beim Endverbraucher beträgt 230 Volt.

Starke Leistungsschwankungen führen zu Änderungen der Spannung und der Frequenz. In beiden Fällen resultieren Störungen an elektronischen Geräten. Es ist daher erforderlich, durch ein geeignetes Zusammenwirken erneuerbarer Energien mit konventionellen thermischen Kraftwerken und Pumpspeicherkraftwerken Spannung und Frequenz zu halten. Windräder können ihren Energieanteil überhaupt nur einspeisen, weil die Kohle- und Kernkraft-Großanlagen die Stabilität des Verteilungsznetzes gewährleisten. Hier liegt eins der Probleme von großen Windkraftanlagen. Auch diese „saubere“ Energie wird künftig immer mehr zentral bereitgestellt, fernab vom Verbraucher: Auf hoher See. Nach einem Positionspapier des deutschen Bundesumweltministeriums zur Windenergienutzung soll 2010 massiv mit dem Ausbau von Windparks vor den deutschen Küsten begonnen werden. Bis zum Jahre 2030 sollen solche Offshore-Anlagen 20 000 bis 30 000 Megawatt Leistung liefern, das entspricht bis zu 30 Kernkraftwerken, eine gewaltige Herausforderung für die Stromnetze. Denn wenn Strom erzeugt wird, muss er auch verbraucht werden; Stromangebot und -nachfrage müssen sich immer im Gleichgewicht befinden. Und Wind weht eben nicht gleichmäßig.

Von daher wünscht man sich Kraftwerke, die beständig eine bestimmte Leistung abgeben und die Versorgung der Grundlast übernehmen. Dieses dritte vorhin genannte Stichwort bezeichnet die Netzbelastung, die während eines Tages in einem Stromnetz nicht unterschritten wird. Da der niedrigste Stromverbrauch meist nachts auftritt, wird die Höhe

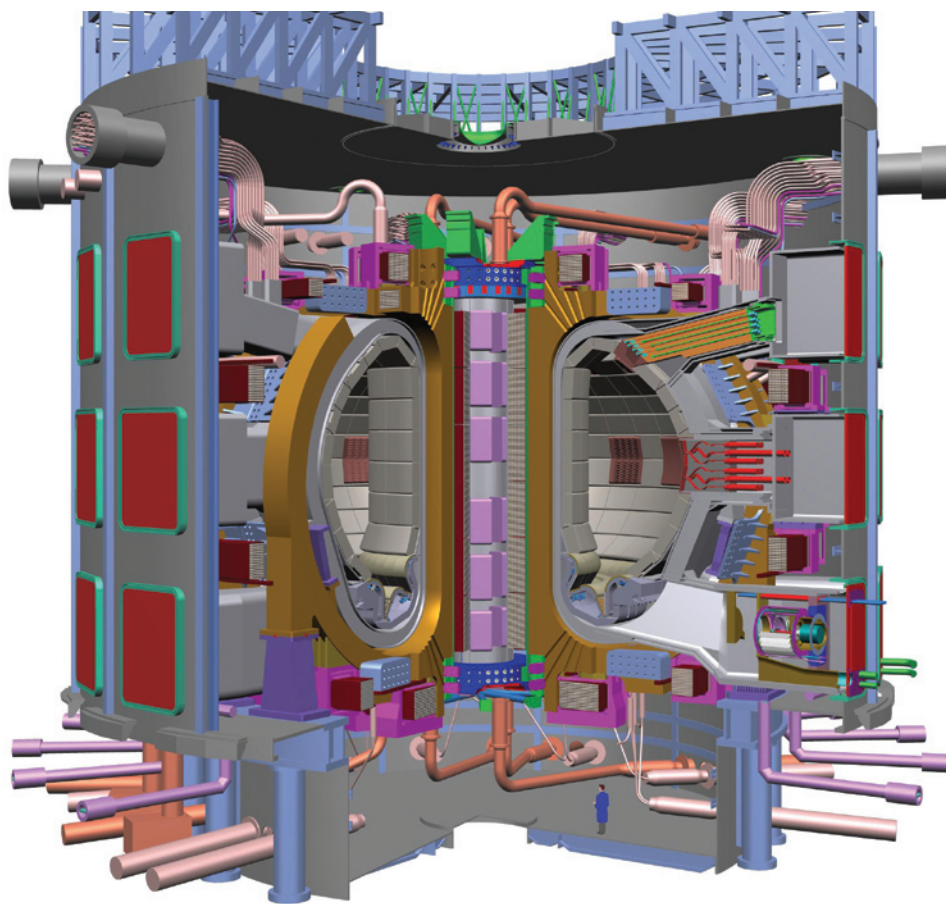
der Grundlast bestimmt von Industrieanlagen, die nachts produzieren, Straßenbeleuchtung, und Dauerverbrauchern in Haushalt und Gewerbe. Darüber hinaus kann die Grundlast von den Energieversorgungsunternehmen noch erhöht werden, indem zu Schwachlastzeiten Pumpspeicherkraftwerke gefüllt werden oder Nachtspeicherheizungen eingeschaltet werden. Zur Deckung der Grundlast werden Grundlastkraftwerke eingesetzt, die den Strom sehr kostengünstig produzieren können, aber nur träge zu regeln sind, Kernkraft-, Stein- und Braunkohlekraftwerke. Die Kosten, um eine Kilowattstunde elektrischer Energie zu erzeugen, liegen beim Kohlekraftwerken bei 3,4 Cent, bei der Kernkraft bei 2,2 Cent, Strom aus Windkraft kostet derzeit noch mindestens 6 Cent pro Kilowattstunde; Offshore-Anlagen können sich den Gestehungskosten von Kohlekraftwerken annähern. Dazu kommen jedoch jeweils „Windfolgekosten“ durch das Vorhalten von Reservekraftwerken sowie Netzausbaukosten von bis zu 2 Cent pro Kilowattstunde. Solarstrom kostet derzeit noch mindestens 35 Cent pro Kilowattstunde. Das deutsche Bundeswirtschaftsministerium rechnet jedoch damit, dass sich die Strompreise aus fossilen Energien – die teurer werden – und erneuerbaren Energien bis etwa 2025 auf 6 bis 8 Cent pro Kilowattstunde annähern – um dann wieder scherenartig auseinanderzugehen, zu Gunsten der erneuerbaren Energien.

Etwa zu jener Zeit wird auch der Auftritt – oder Nicht-Auftritt – eines neuen Mitspielers auf dem Energiemarkt erkennbar werden: Forschungsergebnisse von ITER werden greifbar. ITER steht für „International Thermo-



AUFSÄTZE

Schnitt durch den 30 Meter hohen ITER-Fusionsreaktor (Abb.: ITER).





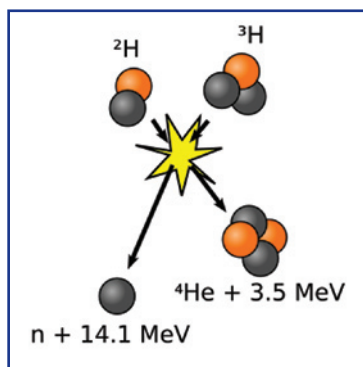
Diese eine von 50 nicht-ebenen Stellarator-Magnetspulen zeigt die Komplexität der Spulengeometrie beim Wendelstein-7X-Stellarator (Foto: IPP).

sion für die Stromerzeugung zu nutzen. Ziel ist der Bau eines Kraftwerks, das – ähnlich wie die Sonne – Energie aus der Verschmelzung von Atomkernen gewinnt.

Der Experimentalreaktor ITER, der – so der Beschluss vom Sommer 2005 – im südfranzösischen Cadarache gebaut wird, markiert einen Durchbruch: Erstmals wird mindestens zehnmals mehr Energie gewonnen als für die Aufheizung des Plasmas aufgewendet wird. Partner dieses weltumspannenden Projektes sind die Europäische Union, die Russische Föderation, Japan, USA, China, Südkorea und Indien. Die Anlage soll 2018 in Betrieb gehen und anschließend etwa 20 Jahre laufen. Die geschätzten Gesamtkosten betragen rund 10 Milliarden Euro.

Sollte ITER zeigen, dass sich kommerzielle Kraftwerke auf Kernfusionsbasis bauen lassen, dann hat man dafür auch bereits eine Abschätzung der Stromgestehungskosten gemacht: In einer ersten Anlagengeneration soll laut der 2006 veröffentlichten „European Fusion Power Plant Conceptional“-Studie die Kilowattstunde zwischen fünf und zehn Cent kosten, also ähnlich teuer sein wie bei der Nutzung erneuerbarer Energien. Hier knüpft ein Kritikpunkt an der Kernfusionsforschung an: Sollte man das Geld dafür nicht lieber in die Verbesserung regenerativer Energiegewinnung stecken? Dem kann man entgegen halten: ITER ist Forschung, und wer weiß, welche positiven Aspekte sich daraus noch ergeben können. Regenerative Energie und Energie aus Kernfusion müssen auch nicht in Konkurrenz zueinander stehen. Erstens gilt es, Bal-

Schema der Kernverschmelzung im ITER-Reaktor.



lungszentren mit Energie zu versorgen, und zweitens wird Experten zufolge der weltweite Energiebedarf bis zum Jahr 2050 auf das Zwei- bis Dreifache des Wertes von 1990 zunehmen. Es wird also genügend Energieabnehmer für beide Angebotsmöglichkeiten geben.

Erfreulicherweise sind sich die Fachleute in der Studie darüber einig, dass Kernfusionskraftwerke – im Unterschied zu den jetzigen Kernfissionskraftwerken, bei denen Uranatome gespalten werden – in-

härent sicher sind: Wenn etwas schief geht, hört der Kernverschmelzungsvorgang von selbst auf. Der größte anzunehmende Unfall würde eintreten, wenn die Kühlung schlagartig komplett ausfiel. Auch in diesem Fall würde der Brennvorgang sofort zum Erlöschen kommen. Und selbst wenn radioaktives Tritium und energiereiche Neutronen austräten, lägen die Werte unterhalb jener Strahlendosis, ab der eine Evakuierung der Gegend um das Kraftwerk notwendig wäre. Auch die Abfallprobleme wären verglichen mit denen der heutigen Kernkraftwerke minimal. Denn binnen 100 Jahren sinkt die Radioaktivität des aktivierten Materials auf ein Zehntausendstel des Ausgangswertes. Zudem könnte die Hälfte des Materials wieder verwendet werden, so dass eine Endlagerung begrenzt bliebe.

ITER-Funktionsprinzip

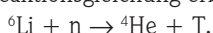
Zum Verständnis des oben Gesagten hier einiges zur Funktion von ITER. Im Innern der Sonne laufen Fusionsreaktionen unter hohem Druck und bei ca. 15 Millionen Grad ab. Unter den Randbedingungen auf der Erde wird das Plasma bei Temperaturen von über 100 Millionen Grad und bei extrem niedriger Dichte (ca. 250 000fach dünner als die Erdatmosphäre) durch starke Magnetfelder eingeschlossen.

Es sind eine Reihe von Fusionsreaktionen zwischen leichten Kernen denkbar. In der ersten Generation zukünftiger Fusionsleistungsreaktoren wird die Deuterium-Tritium Reaktion zur Anwendung kommen, die eine vergleichsweise hohe Fusionsleistungsdichte bietet: Der Kern des schweren Wasserstoffs Deuterium (ein Proton, ein Neutron) fusioniert mit dem Kern des überschweren Wasserstoffs Tritium (ein Proton, zwei Neutronen) zum Helium-4-Kern, dem α -Teilchen (zwei Protonen, zwei Neutronen) unter Aussendung eines Neutrons. Dabei wird pro Nucleon ca. viermal soviel Energie frei wie bei der Spaltung eines Urankerns. 80% dieser Energie ist an das Neutron gebunden, das als neutrales Teilchen das Plasma ungehindert verlassen kann.

Die Neutronen werden abgebremst, und zwar in der Reaktorwand und im Blanket – einer Spezialumhüllung aus einer Lithiumverbindung, die sowohl zur Optimierung der Energiegewinnung wie zur Erbrütung des Tritiums dient. So entsteht Wärme, die sich über einen konventionellen Dampfkreislauf in Elektrizität umwandeln lässt. Wenn die damit einhergehende Kühlung von Wänden und Blanket schlagartig ausfallen würde, änderten sich die Betriebsbedingungen des Reaktors beträchtlich – insbesondere den sensiblen Mix von Temperatur, Dichte und Einschlussdauer des Plasmas; das Produkt dieser Parameter ist als Lawson-Kriterium zur Aufrechterhaltung eines Fusionsplasmas bekannt. Die Störung dieser Bedingungen bringt über Plasmainstabilitäten den Brennvorgang sofort zum Erlöschen. Zudem befindet sich in der Brennkammer eines Fusionskraftwerkes nur soviel Brennstoff, wie zur Aufrechterhaltung der Betriebsbedingungen des Plasmas notwendig ist. In einem Volumen von 1000 Kubikmeter sind dies ca. ein Gramm Deuterium und Tritium. Trotz hoher Temperaturen von

über 100 Millionen Grad hat das Plasma eine niedrige Leistungsdichte, die in etwa mit der einer Glühbirne vergleichbar ist. Daher kommt es bei Ausfall der Kühlung nicht zum Schmelzen von Strukturmaterialien.

Der Jahresverbrauch eines Fusionskraftwerks mit einer Leistung von 1000 Megawatt beträgt 100 Kilogramm Deuterium und 150 Kilogramm Tritium (aus 300 Kilogramm Lithium erbrütet). Es fallen also praktisch keine Transporte für die Versorgung des Brennstoffes an. Ein Gramm Brennstoff könnte Energie freisetzen, die der Verbrennungswärme von elf Tonnen Kohle entspricht. Deuterium ist zu ca. 0,015 Prozent im natürlichen Wasser enthalten und somit fast unbegrenzt verfügbar. Tritium wird im Blanket des Fusionsreaktors durch Neutroneneinfang aus Lithium nach folgender Reaktionsgleichung erbrütet:



Lithium ist etwa gleichmäßig in der Erdkruste vorhanden, der Gesamtvorrat wird auf 100 Millionen Tonnen geschätzt.

Tokamak und Stellarator

Es gibt verschiedene Reaktortypen für Fusionsreaktoren. Die wichtigsten sind der Tokamak (Transliteration des russischen Begriffs „toroidale Kammer in Magnetspulen“ und der Stellarator. Die Magnetfelder im Tokamak – auch ITER gehört zu diesem Typ – bringt man in die notwendige Form, indem man in dem Plasma einen Strom induziert. Er heizt das Plasma und führt gleichzeitig zu einem verdrehten Magnetfeld, das das Plasma in Form hält. Da man den Strom in den großen Spulen, die über ihr Magnetfeld den Plasmastrom induzieren, nicht ständig steigern kann (eine Magnetfeldänderung induziert einen Strom), muss man den Reaktor diskontinuierlich betreiben, d.h. immer kurzzeitig abschalten.

Diesen Nachteil vermeidet ein Stellarator, dessen Name an Sterne (lateinisch stella: Stern) erinnern soll; er kann kontinuierlich betrieben werden. Der Einschluss des Plasmas geschieht durch Magnetfelder, die kompliziert geformte Spulen erzeugen. Diese Formen zu finden verhinderten bislang, dass dem Stellarator der Vorzug vor dem Tokamak gegeben wurde. Erst moderne Computertechnik lässt die notwendigen Geometrien errechnen. Der weltgrößte Stellarator ist Wendelstein 7-X. Es ist ein experimenteller Stellarator, der jetzt in Greifswald am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) aufgebaut wird und der 2012 fertiggestellt sein soll. Wendelstein 7-X (der erste US-Stellarator hieß „Matterhorn“, die ersten deutschen standen in Bayern...) hat die Aufgabe, die Kraftwerkseignung dieses Bautyps zu untersuchen. Mit bis zu 30 Minuten langen Entladungen soll er seine wichtige Fähigkeit zum Dauerbetrieb zeigen. Er ist noch nicht zur Energie-Nettoerzeugung ausgelegt, also kein Fusionsreaktor, und kostet ca. 300 Millionen Euro.

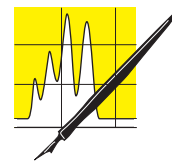
Alternative Entwicklungen

Die kontrollierte Zündung des Sonnenfeuers auf der Erde kann auch dadurch erfolgen, dass man kleine Brenn-

stoffkügelchen im Milligrammbereich – typischerweise gefrorener Wasserstoff aus geeigneten Isotopen – mit extrem starken Lasern von allen Seiten gleichzeitig beschießt. Dabei verdampfen die äußeren Teile der Kügelchen schlagartig und fliegen fort. Der dabei entstehende Rückstoß komprimiert den Rest so stark – auf etwa die 20fache Dichte von Blei, dass bei den durch den Beschuss gleichzeitig herrschenden Temperaturen von 100 bis 200 Millionen Grad Kelvin Kernfusion einsetzt. Diese Fusionsmethode nennt man Trägheitsfusion. Die Implosionsforschung des Zielkügelchens (Target) wie auch die Entwicklung von Hochleistungslasern kann gleichermaßen in der Militärtechnik (Kernwaffen, SDI-Laser) eingesetzt werden. Daher ist die internationale Zusammenarbeit bei dieser Art der Kernfusionsforschung eher gering. Eins der größten Experimente dieser Art heißt NIF (National Ignition Facility). Es wird am Lawrence Livermore National Laboratory in Livermore, Kalifornien, errichtet und um 2010 in Betrieb gehen. 192 Laserstrahlen schießen dann für wenige Nanosekunden eine Energie von mehreren Megajoule von allen Seiten auf ein Brennstoffkügelchen aus gefrorenem Deuterium-Tritium. Mit 1,8 Megajoule Leistung und 240 Laserstrahlen ähnlich dimensioniert wie NIF ist das französische Projekt „Laser Mégajoule“. Die Franzosen starteten später, bauten jedoch schneller und sind jetzt im Wettrennen mit den Amerikanern um die Inbetriebnahme.

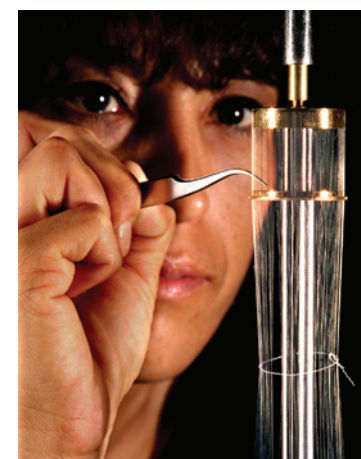
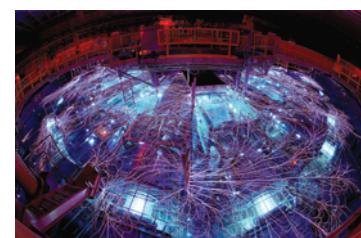
Ebenfalls in den USA, in den Sandia National Laboratories (SNL) in Albuquerque/New Mexico, steht die „Z-Maschine“. Es ist ein Zylinder von 32 Metern Durchmesser und 6 Metern Höhe. In dem Zylinder befinden sich 36 radial angeordnete elektrische Leiter mit einem Durchmesser von über einem Meter, und ganz innen ein Vakuumzylinder von drei Metern Durchmesser. Der wiederum enthält als Kern eine Anordnung von 300 Wolframdrähten, jeder mit dem Zehntel Durchmesser eines menschlichen Haars. Und in dieser garnspulgroßen Anordnung sitzt das pfefferkorngroße Target aus Deuterium und Tritium...

Was hier kompliziert klingt ist auch kompliziert, erst recht in seiner Funktion: Die Kompression des Target geschieht durch hochenergetische Röntgenstrahlung. Die wiederum entsteht, weil für Bruchteile einer Sekunde ein Strom von bis zu 20 Millionen Ampere durch die 36 Leiter geschickt wird. Der lässt die feinen Wolframdrähte verdampfen. Sie bilden ein Plasma, in dem zudem durch den Stromimpuls ein starkes Magnetfeld induziert wird. Das Plasma reagiert mit dem Wandmaterial des umgebenden Zylinders, was wiederum zur Aussendung eines Röntgenpulses von derzeit bis zu 290 Terawatt führt. Er ist durch geeigne-



AUFsätze

Unten: Bild der Z-Maschine (Titelbild) und ihres Kerns aus Wolframdrähten (ganz unten; siehe dazu Aktuelles auf Seite 161; Fotos: SNL).



te Geometrien in der Anlage (in Richtung z-Achse, daher der Name) so gerichtet, dass er auf das Target trifft...

Die Z-Maschine ist die leistungsfähigste Röntgenquelle der Welt und erreichte 2006 mit 2 Milliarden Kelvin die höchste Plasmatemperatur auf Erden. Zudem war die abgegebene Röntgenstrahlung viermal energiereicher, als es bei der zugeführten Menge Energie zu erwarten gewesen wäre – was auf Kernfusionen schließen lässt. Die Experimente sind jedoch noch nicht vollständig aufgeklärt. Geplant ist der Ausbau zu einer größeren „ZR-Maschine“. Mit ihr will man Röntgenpulse von bis zu 350 Terawatt, höhere Dichten und Temperaturen erzeugen und somit auch wesentlich größere Energiemengen gewinnen. Und jetzt noch etwas Science fiction: Kaum jemand kennt den deutschen Sprengstofftechniker und Physiker Burkhard Heim. Er lebte 1925 bis 2001, erblindete durch einen Sprengstoffunfall 1944, konnte in wenigen Wochen eine Fremdsprache lernen und sich Vorträge nahezu wörtlich merken. Er entwickelte eine „einheitliche strukturelle Quantenfeldtheorie der Materie und Gravitation“, die Heimsche Quantenfeldtheorie. Im Jahr 1959 wurde er international bekannt, als er ein neues Antriebssystem für die Raumfahrt vorschlug. Es beruht auf einer Einheit, die ein extrem starkes Magnetfeld erzeugt. Dieses wiederum ruft ein Gravitationsfeld hervor, das den Schub liefert. Werden bestimmte Feldstärken überschritten, schlüpft das Raumschiff in eine höhere Dimension, in der die kosmische Geschwindigkeitsbegrenzung nicht gilt. Und jetzt der interdisziplinäre Zusammenhang: Die Z-Maschine erreicht Magnetfeldstärken, die eine Überprüfung der Heim'schen Theorie ermöglichen könnten. Immerhin: Die NASA und die amerikanische Luftwaffe interessieren sich für die Heim'sche Theorie...

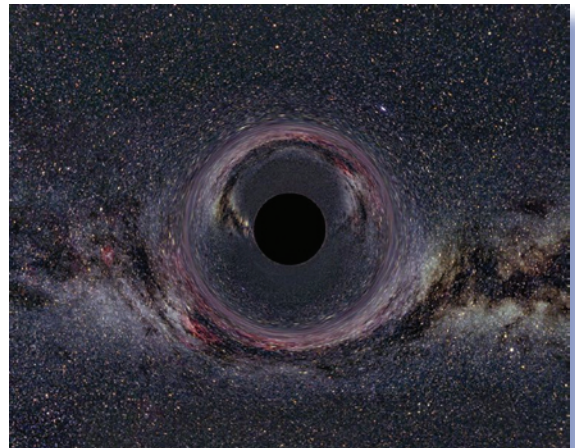
Science fiction?

Deutschland scheint für Science Fiction ein gutes Pflaster zu sein: Auch hinsichtlich der Umwandlung von Materie in Energie gibt es jetzt ein utopisches Konzept, ausgedacht von einem Frankfurter Physiker. Sein Kernpunkt sind Schwarze Löcher. Nein, nicht die alles fressenden Monster im Universum, vielmehr Mini-Schwarze Löcher, die in einem der größten Physik-Experimente der Welt entstehen könnten, dem „Large Hadron Collider“ (LHC) am CERN in Genf. Er geht wohl nächstes Jahr in Betrieb. In einem kreisförmigen Tunnel mit einem Durchmesser von 23 Kilometern bringt man Protonen auf nahezu Lichtgeschwindigkeit und lässt sie dann



Der Autor

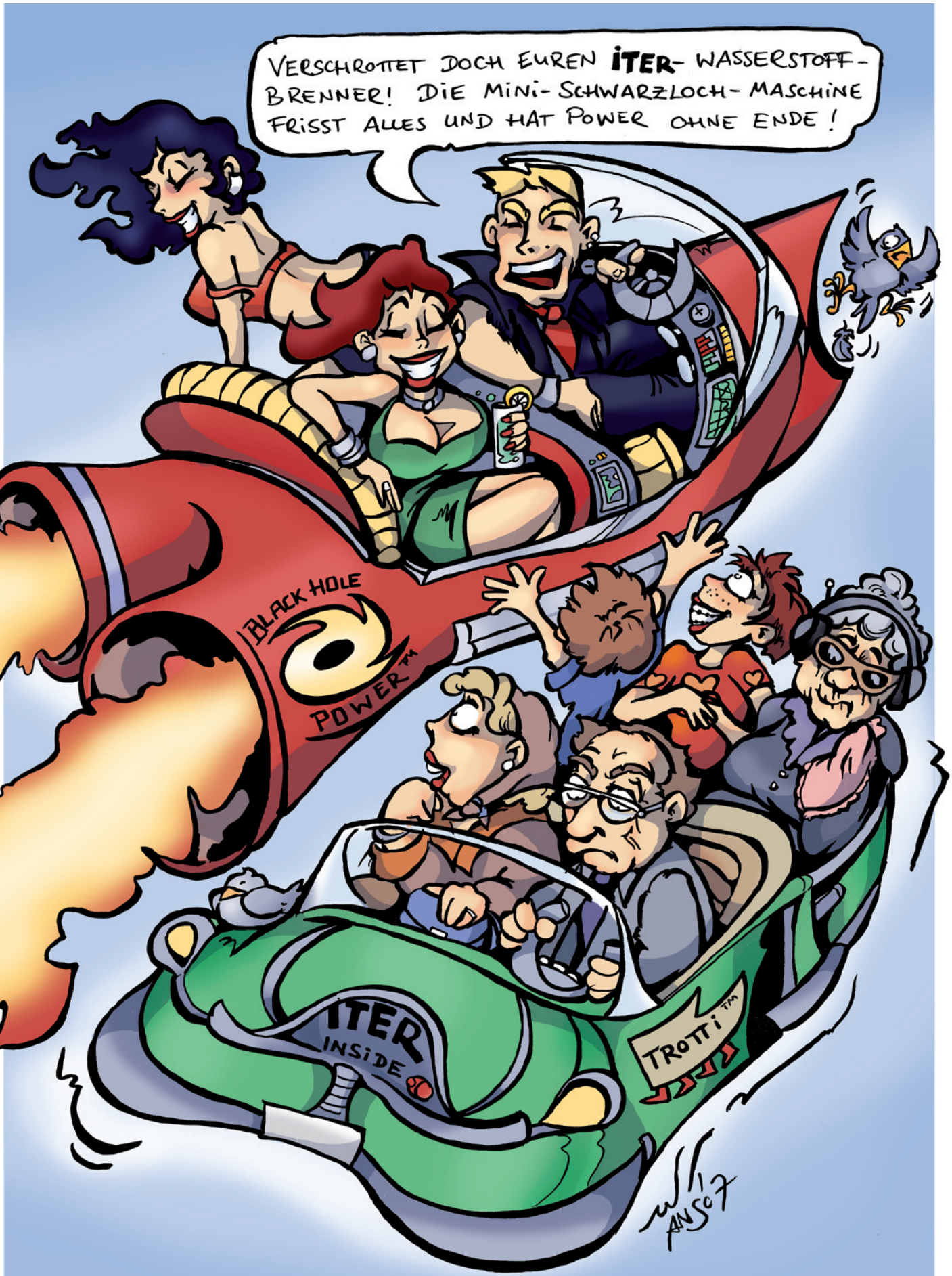
Rolf Kickuth ist Verleger der *CLB* und der *Jungen Wissenschaft* sowie Veranstalter wissenschaftlicher Symposien. Schon während seines Chemiestudiums war er etwa für *FAZ*, *Bild der Wissenschaft* und *Chemische Rundschau* wissenschaftsjournalistisch tätig. Später gab er die *AXON* für Anwendungen und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



Die Grafik veranschaulicht ein nichtrotierendes Schwarzes Loch von 10 Sonnenmassen, wie man es aus 600 Kilometern Entfernung sehen würde. Dabei muss man allerdings in einem Raumschiff sitzen, das einen mit der 400-millionenfachen Erdbeschleunigung gegen die Anziehungskraft des Schwarzen Lochs antreibt, um nicht hineingezogen zu werden. Die Milchstraße im Hintergrund erscheint durch die Raumzeitkrümmung verzerrt und doppelt. Der schwarze Bereich entspräche ohne Raumzeitkrümmung einem Radius von 75 Kilometern. Mini-Schwarze Löcher, die eventuell im LHC entstehen können, sind von ganz anderer Dimension. Hätten sie Erbsengröße, wäre ein Wasserstoffkern etwa so groß wie ein Gymnastikball (Grafik: Ute Kraus/Theor. Astrophysik Tübingen).

frontal zusammenstoßen – mit einer Bewegungsenergie, die derjenigen eines ICE-Zugs bei Tempo 140 entspricht. Dabei entstehen auf kleinstem Raum die höchsten Energiedichten, ein Zustand, wie er in der allerersten Billionstel Sekunde des Urknalls geherrscht haben soll, bei einer Temperatur von mehr als zehn Billionen Grad. Und es entstehen eventuell auch Mini-Schwarze Löcher, die gleich noch eine Reihe von physikalischen Theorien beweisen würden. Der Frankfurter Physiker beruft sich bei seiner Energieerzeugungs-Idee auf Stephen Hawking, der gezeigt hatte, dass auch aus Schwarzen Löchern Strahlung entweicht – und je kleiner, desto mehr.

Bei sehr kleinen Massen extrem verdichteter Materie – unter 1000 Protonenmassen – kann die Hawking-Strahlung jedoch aufhören, berechneten die Frankfurter Forscher. Übrig bliebe ein „Relikt“, möglicherweise eine neue Klasse stabiler Elementarteilchen im Zwischenbereich von Gravitation und Quantenphysik. Wenn es diese gibt, wäre ein Relikt-Konverter denkbar: Ein solches Relikt wandelt einen Strahl von niederenergetischen Teilchen, etwa Protonen, Neutronen oder auch ganze Atomkerne in Hawking-Strahlung um. Umwandlungseffizienz: 90 Prozent, da nur die ebenfalls produzierten Neutrinos und Gravitonen nicht in nutzbare Energie überführt werden könnten. Dies würde bedeuten: Der gesamte Weltjahresenergieverbrauch von ca. 10^{21} Joule ließe sich in einem solchen Relikt-Konverter mit nur zehn Tonnen normaler Materie erzeugen. Science Fiction? Der Frankfurter Physiker hat diesen Prozess jedoch zum Patent angemeldet. Und Professor Horst Stöcker, so sein Name, ist auch Vorstandsvorsitzender des Frankfurt Institute for Advanced Studies – und Vizepräsident der Universität... **CLB**



Funktionelle Oberflächen und Nanostrukturen

Rainer Schöftner, Michael Mühlberger, Wolfgang Schwinger, Steyr (Österreich)

Bei der Profactor Produktionsforschungs GmbH (Kurzportrait siehe CLB 04-2007, Seite 138) im österreichischen Steyr wurde der Bereich der Funktionellen Oberflächen und Nanostrukturen über die letzten Jahre aufgebaut. Bearbeitet werden Produktionsmethoden für funktionelle Oberflächen, Mikro- und Nanostrukturen und andererseits auch die dafür notwendige Nanomesstechnik.

Innerhalb dieser Nanotechnologiethemata wurden folgende Schwerpunkte etabliert:

- Sol-Gel Technologie mit Fokus auf dünnen Schichten und Nanopartikeln
- Nanoimprint Lithographie (NIL) mit Fokus auf die UV-Nanoimprint Lithographie (UV-NIL) sowie Mikro- und Nanokontakt drucken (μ/n -CP).

Mit der **Sol-Gel Technologie** ist es möglich, Oberflächen gezielt zu funktionalisieren und zu modifizieren. Dabei werden auf chemischem Wege anorganisch-organische Hybridmaterialien hergestellt, die bei Bedarf mit Nanopartikel kombiniert werden. Diese haften im Idealfall chemisch auf der zu beschichtenden Oberfläche. Dadurch können Oberflächeneigenschaften spezifisch an unterschiedlichste Anwendungen angepasst werden. Erzielbare Eigenschaften sind neben Anti-haft- auch harte, chemisch reaktive oder katalytisch wirkende Oberflächen.

Die Nanoimprint-Lithographie ist ein kostengünstiges Verfahren zu hochqualitativen und großflächigen Replikation von Nanostrukturen. Die vielfältigen Vorteile dieses Verfahrens erlauben einen extrem

breiten Einsatzbereich. Von Prozessen aus der Halbleiterfertigung bis hin zum direkten Strukturieren von funktionellen Materialien ist nahezu alles möglich. Die relative Einfachheit und auch die niedrigen Kosten des Verfahrens machen es zudem für Unternehmen interessant, die sonst kaum Zugang zu technisch anspruchsvoller Nanostrukturierung haben.

Mikro- und Nanokontakt drucken ist eine einfache Methode zum direkten und strukturierten Transfer unterschiedlichster Moleküle, um damit die Oberflächeneigenschaften zu modifizieren und zu funktionalisieren.

Sol-Gel-Technologie als Schlüssel für neue und verbesserte Oberflächeneigenschaften

Als Sol-Gel Verfahren bezeichnet man einen nass-chemischen Prozess, bei dem aus löslichen metall- oder siliziumorganischen Verbindungen ein Sol hergestellt wird. Diese stabile Suspension wird durch Hydrolyse von Alkoxiden oder Metallsalzen erzeugt. Je nach Wahl der Reaktionsbedingungen und Additive entstehen aus den Edukten Nanopartikel oder größere in Lösung befindliche Oligomere. Diese Sole können auf vielfältige Weise weiterverarbeitet werden (Abbildung 1):

- **Dünne Schichten:** Nach dem Auftragen des Sols mit unterschiedlichen Technologien wie zum Beispiel Tauchen, Spin coating, Sprühen sowie unterschiedlichen Druckverfahren entsteht ein dünner elastischer Film (Gel), der durch weitere Entfernung des Lösungsmittels zum Xerogel wird. Dabei laufen neben der Annäherung einzelner Partikel weitere Hydrolyse und Kondensationsreaktionen ab, die schließlich zu einer dreidimensionalen Vernetzung führen. Die Porosität der Xerogelschicht kann durch weiteres Trocknen bei höheren Temperaturen reduziert werden, wobei Schrumpfung auftritt.
- **Nanoskalares Pulver:** Es können Nanopartikel (SiO_2 , TiO_2) einstellbarer Größe in stabilen Dispersionen hergestellt werden. Durch drastische Änderung der Umgebungsparameter kann aber auch eine Destabilisierung des Sols erreicht werden, welche sich durch Ausfallen der Partikel bemerkbar macht.



Schöftner



Mühlberger



Schwinger

Autoren:

DI Dr. Rainer Schöftner, Chemiker, seit 2002 bei Profactor, Aufbau und Leitung des Fachbereichs Funktionelle Oberflächen und Nanostrukturen, Projektleiter und Koordinator diverser nationaler und europäischer Projekte.

DI Dr. Michael Mühlberger, Physiker, seit 2003 bei Profactor, Projektleiter und Koordinator diverser nationaler und europäischer Projekte, wissenschaftlich zuständig für UV-Nanoimprint Lithographie.

Mag. DI Wolfgang Schwinger, Physiker, seit 2004 bei Profactor, Projektleiter diverser nationaler Projekte, Wissenschaftlich zuständig Mikro- und Nanokontakt drucken.

- Aerogele sind hochporöse Festkörper, bei denen das Gelieren entweder in sehr langen Zeiträumen stattfindet, oder wie technisch durchgeführt, vorwiegend durch überkritisches Trocknen der Solen hergestellt werden.
- Wird das Sol einem Spinnprozess unterzogen und unmittelbar danach gebrannt, können auf diese Weise keramische Fasermaterialien hergestellt werden.

Die einzigartige Flexibilität der Sol-Gel-Technologie, insbesondere auf dem Sektor der Oberflächenbeschichtungen, beruht auf der Möglichkeit, die Schichteigenschaften im nasschemischen Verfahren auf relativ einfache Art und Weise zu modifizieren. Dabei werden die anwendungsrelevanten Modifikationen durch Wahl und Kombination der kommerziell erhältlichen Precursoren, Katalysatoren und Additiven sowie durch die Wahl der Prozessbedingungen durchgeführt.

Über die Modifikation des in Abbildung 2 dargestellten Restes R können zum Beispiel durch die Einführung von Alkylgruppen wasserabweisende, über die Einführung von Fluoralkylgruppen öl- und wasserabweisende Eigenschaften wie sie aus Anti-Graffiti oder Easy-to-Clean Beschichtungen bekannt sind erreicht werden. Bei letzteren findet eine Effizienzsteigerung durch strukturegebende eingebaute Nanopartikel statt. Kratzfestigkeit und Abriebbeständigkeit werden durch die Verwendung größerer Bereiche an anorganischen, polymeren Netzwerken oder von Nanopartikeln erzielt.

Denkt man an vor Korrosion schützende Schichten, werden zum Beispiel Heteroatome in die anorganischen Strukturen eingebaut. Für die selbstreinigenden Oberflächen lässt sich die photokatalytische Aktivität von TiO_2 (Anatas Struktur) nutzen, welches

über Sol-Gel Prozesse in der für transparente Flächen interessanten Größenskala hergestellt wird.

Bei diesen selbstreinigenden Schichten wird in Anwesenheit von Wasser durch die Bestrahlung mit Sonnenlicht organischer Schmutz oxidativ abgebaut. Die Grundlage dieses Verfahrens ist die Photokatalyse, die auf der Halbleiterstruktur des Titandioxids (TiO_2) beruht. Licht im kurzwelligigen UV-Bereich erzeugt Elektron-Loch-Paare. Diese Elektronen oder Löcher können an die Oberfläche diffundieren und dort Radikale erzeugen, die imstande sind, organische Bestandteile auf der Oberfläche oxidativ in Kohlendioxid und Wasser zu zersetzen. Ein weiterer Effekt ist die Superhydrophilie, die sich in einem geringen Kontaktwinkel ($<1^\circ$) mit Wasser äußert. Die superhydrophilen Eigenschaften der Oberfläche kommen durch Sauerstoff-Leerstellen am TiO_2 zustande. In diesen Bereichen des Partikels werden Hydroxylgruppen gebunden, die zur guten Benetzung mit Wasser führen.

Die Bandbreite der bei Profactor getätigten und laufenden Entwicklungen beginnt bei Protein-anti-adhäsiven Schichten auf Kunststoffen für mikrofluidische Anwendungen in der Bioanalytik. Dabei wird die unspezifische Bindung von Proteinen an Chip-Oberflächen deutlich reduziert. Dadurch wird die Hintergrundfluoreszenz deutlich zurückgedrängt, was eine verbesserte Nachweisgrenze zur Folge hat.

Sol-Gel Modifizierte Hölzer stellen im Fußbodenbereich eine weitere Wahlmöglichkeit zu den am Markt befindlichen geölten Fußböden und den Polyurethan- und Acrylatversiegelungen dar. Dabei wird unter dem Anspruch der weitgehenden Beibehaltung der Haptik von Holz, eine leichtere Reinigung und Unempfindlichkeit gegenüber alltäglichen Einflüssen

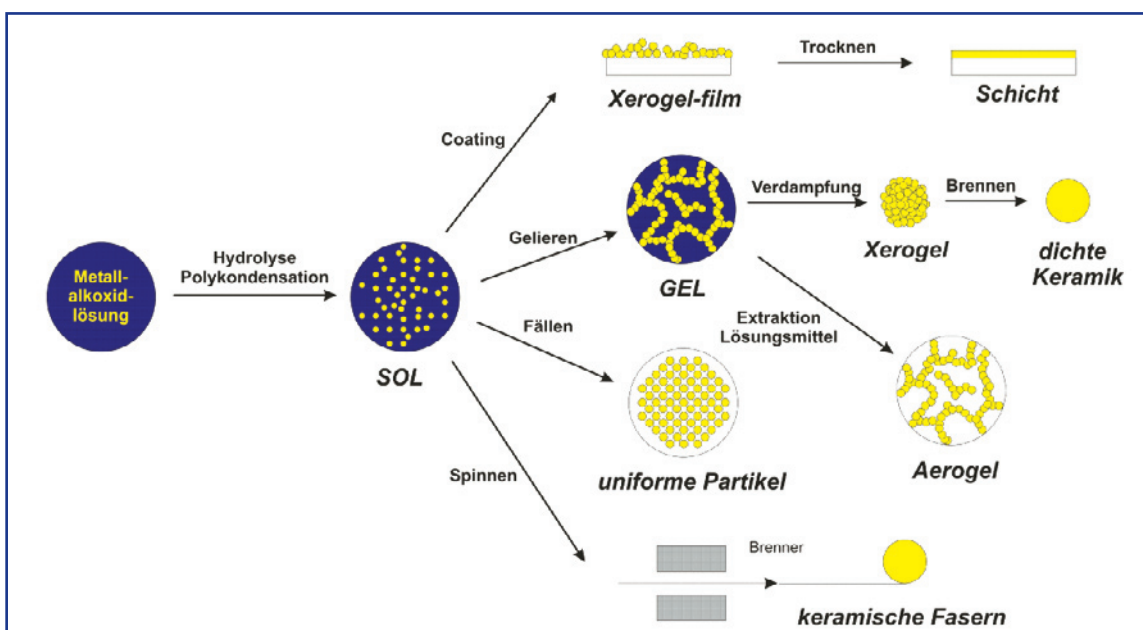


Abbildung 1: Verarbeitungsmöglichkeiten in der Sol-Gel Technologie (Quelle: Fraunhofer, ISC).

sen, wie verschütteten Flüssigkeiten oder mechanischen Belastungen im Vergleich zu geölten Böden angestrebt. Darüberhinaus üben diese offenporigen Systeme einen positiven Einfluss auf das Wohnklima aus, da sie feuchtigkeitsregulierend wirken. Eventuell eingedrungene Flüssigkeit kann verdunsten, so dass es zu keiner dauerhaften Schädigung des Fußbodens kommt.

Katalytische Schichten auf Basis der Sol-Gel-Technologie ermöglichen kostengünstige Substrate für das Carbon-Nano-Tube (CNT) Wachstum. Dabei werden die für das Wachstum erforderlichen Katalysator-Nanopartikel in situ hergestellt und in einer Sol-Gel-Matrix eingebettet. Das vergleichsweise kostengünstige Sol wird auf das Substrat aufgesponnen, getrocknet und für das CNT-Wachstum verwendet.

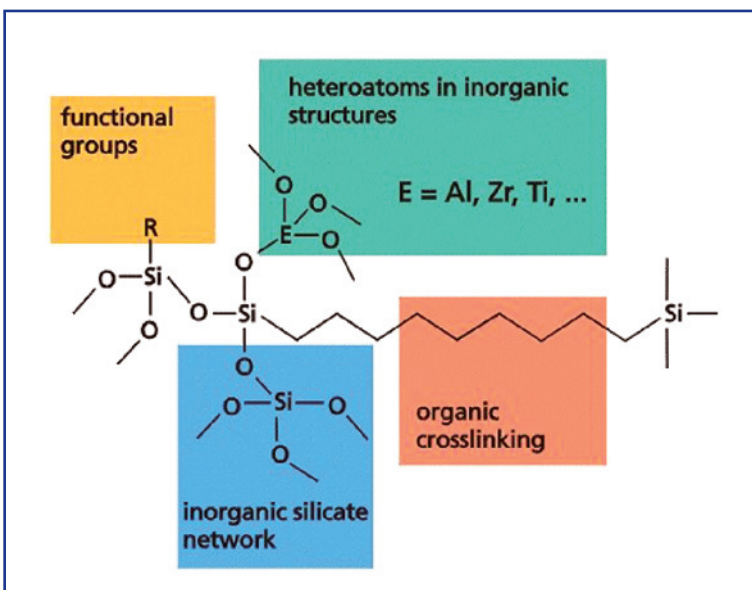
Ein Vorteil ist, dass mit Hilfe dieser Katalysatoren, auf für die CNT-Herstellung großen Flächen, homogen und ausgerichtet Nanotubes wachsen können. Dabei werden die für das Wachstum erforderlichen Katalysator-Nanopartikel in einer Sol-Gel Matrix eingebettet und in-situ aktiviert. In weiterer Folge werden für unterschiedliche Anwendungen diese Katalysatorschichten strukturiert aufgetragen.

Weiters ermöglichen wasser- und ölabweisende Kunststoffbeschichtungen neue technische Lösungen, die in mit der Industrie durchgeführten Projekten neue Produkte ermöglichen.

Strukturierung von Oberflächen mittels Nanoimprintlithographie (NIL)

Abbildung 2: Möglichkeiten zur Funktionalisierung und anwendungsrelevanten Modifikation von Sol-Gel Beschichtungssystemen (Quelle: Fraunhofer, ISC).

Nanoimprintlithographie (NIL) wurde Anfang der 1990er Jahre von S.Y. Chou erfunden. Im Nanoimprintprozess wird ein nanostrukturierter Stempel kontrolliert mit einem Substrat in Kontakt gebracht, um die auf dem Stempel vorhandenen (Nano-) Strukturen zu übertragen.



Bei der Nanoimprintlithographie können im Prinzip drei Formen unterschieden werden:

- Hot Embossing
- UV-basierte Nanoimprintlithographie (UV-NIL) und
- micro-contact printing (μ CP).

Bei Hot Embossing und UV-NIL wird das Substrat mit einem Polymer beschichtet, das entweder bei erhöhter Temperatur (hot embossing) oder Raumtemperatur (UV-NIL) flüssig ist. Der Stempel wird dann in das flüssige Material gepresst. Noch während der Stempel in Kontakt mit dem Polymer ist, wird dieses ausgehärtet, was entweder durch Abkühlen unter die Glasübergangstemperatur (hot embossing) oder durch Bestrahlung mit UV-Licht (UV-NIL) geschieht. Danach werden Stempel und Substrat getrennt und die Struktur des Stempels ist übertragen.

Je nach Anwendung kommen dabei die unterschiedlichsten Materialien zum Einsatz. Soll die Struktur nach dem Imprintvorgang durch einen Ätzvorgang in das Substrat übertragen werden, ist meist eine niedrige Viskosität mit einer entsprechenden Resistenz gegenüber der zu verwendenden Ätzchemie gefragt (zum Beispiel in einem Prozess, wie er für die Halbleiterindustrie typisch wäre).

Stellt die geprägte Struktur schon das fertige Bauelement zusammen, hat das nanostrukturierte Polymer bereits funktionelle Eigenschaften zu erfüllen, beispielsweise gewisse optische Eigenschaften für Anwendungen im Bereich mikro- oder nano-optischen Bauteilen, oder aber auch spezielle biologische Eigenschaften.

Es wurde schon kurz nach der Erfindung dieses Verfahrens gezeigt, dass mittels NIL Strukturen unter 10 nm getreu dem Original übertragbar sind, und diese Auflösung im Wesentlichen nur durch die Qualität des verwendeten Stempels beschränkt ist.

Beim Mikrokontaktdrucken (microcontact Printing, μ CP) wird, wie bei der Verwendung eines normalen Bürostempels, ein strukturierter Stempel dazu verwendet, Substanzen auf einem Substrat abzulegen. Die dabei erzielte Auflösung und Präzision übertrifft die des konventionellen Stempels bei weitem und liegt im Sub-Mikrometer Bereich. Mit speziell geformten Stempeln ist es auch möglich, Strukturen im Bereich von 100 nm herzustellen, in diesem Fall spricht man von Nanokontaktdrucken (nCP).

Der Stempel selbst besteht aus einem elastischen Material wie zum Beispiel PDMS (Poly(dimethylsiloxan)) und wird durch ein spezielles Abgussverfahren in hoher Präzision und Güte von einem Master gewonnen. Dieser besteht meist aus Silizium und ist durch konventionelle Verfahren wie Photolithographie, aber auch Nanoimprintlithographie und einem anschließenden Ätzschritt strukturiert worden. Die benötigte Ätztiefe hängt dabei von der Strukturgröße ab. Auch Mikrofrästechniken in Teflon kommen hier teilweise zum Einsatz. Der

Master enthält die negative Form des Stempels und kann beliebig oft abgeformt werden.

UV-NanoImprint Lithographie (UV-NIL)

Der Vorteil von UV-NIL liegt vor allem darin, dass, sobald einmal der nanostrukturierte Stempel vorhanden ist, die Nanostrukturen sehr schnell und kostengünstig vervielfältigt werden können.

Der zeitliche, materielle und maschinelle Aufwand für die Stempelherstellung kann sehr hoch sein, je nach Anforderungen der gewünschten Applikation. Um typische nanostrukturierte Stempel herzustellen, kommt zum Beispiel Elektronenstrahl-Lithographie und reaktives Ionen-Ätzen oder fokussierte Ionenstrahl-Lithographie zum Einsatz, beides relativ langsame Verfahren, die hochspezialisiertes Equipment erfordern. Während also die Stempelherstellung sehr teuer und zeitaufwändig ist, ist der Imprint-Prozess selbst dann schnell und kostengünstig und die aufwändig hergestellten Nanostrukturen können günstig mit höchster Qualität repliziert werden.

Hervorzuheben ist, dass der Stempel auch komplizierte 2.5-dimensionale Strukturen enthalten kann, also Strukturen, die gekrümmte oder schiefe Flächen enthalten können. Solche Muster sind vor allem im Bereich von Mikro- und Nanooptischen Bauteilen von Interesse. Nach der einmaligen, ebenfalls sehr aufwändigen Herstellung solcher Stempel bietet die Replikation mittels NIL eine kostengünstige und schnelle Vervielfältigung.

Ein weiterer Vorteil des UV-NIL Prozesses ist, dass dieser bei Raumtemperatur stattfindet und damit ei-

ne problemlose Replikation möglich ist, und auch temperaturempfindliche Substrate verwendet werden können.

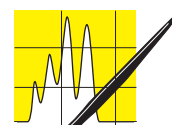
Bei Profactor ist ein EVG® 620 Mask-Aligner mit Nanoimprint-Ausstattung im Reinraum im Einsatz. Es werden sowohl weiche als auch harte Stempel verwendet, deren Größe bis zu 100 mm im Durchmesser beziehungsweise 1x1 Zoll sein kann. Typische laterale Abmessungen der Strukturen reichen von unter 100 nm bis mehreren μm (Abbildung 5) und Imprinttiefen von 200 nm bis 1.5 μm .

Profactor beschäftigt sich dabei mit den verschiedenen Aspekten des UV-NIL Prozesses, die insbesondere die applikationsspezifische Prozessentwicklung beinhalten.

Das reicht von der Ermittlung der Prozessparameter für neue Imprintpolymere bis hin zur Optimierung von Anti-Haft Schichten auf dem Stempel, die das strukturtreue Trennen von Stempel und Substrat nach der Belichtung erleichtern.

Von Profactor wurde im Rahmen eines EU-Projektes eine Methode zum hochgenauen lateralen Ausrichten von Stempel zu Substrat („Alignment“) getestet. Schicht-zu-Schicht-Alignment-Genauigkeiten unter 100 nm wurden mit speziell entworfenen Alignment Markierungen und einer einfachen optischen Methode erreicht.

Eine weitere Herausforderung ist die Herstellung großflächig homogener Nanostrukturen, die durch Ätzen in das Substrat übertragen werden sollen. Hier ist der gute konformale Kontakt zwischen Stempel und Substrat der Schlüssel zum Erfolg. Die Gleichmäßigkeit der Schichtdicke im gesamten Stempel-



AUFSÄTZE

Abbildung 3: Wassertropfen auf beschichtetem Glas (links) und auf beschichtetem, modifiziertem Holz .



Abbildung 4: Sol-Gel Katalysatoren gewachsener, 20 μm hoher, ausgerichteter „CNT-Rasen“ (links-SEM), einzelnes multi-walled CNT mit ca. 12nm Durchmesser (mitte-HR-SEM) und Wassertropfen auf dem CNT Rasen (rechts).

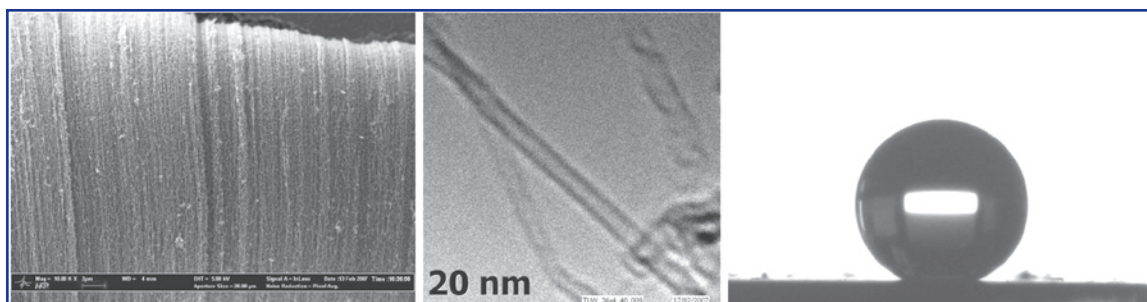


Abbildung 5:
Aufnahmen mit
einem optischen
Mikroskop
von geprägten
„Profactor“ Logos
(kleinste Struktur:
300 nm) und
Linien und
Schachbrett-
Muster (kleinste
Strukturen
100 nm)



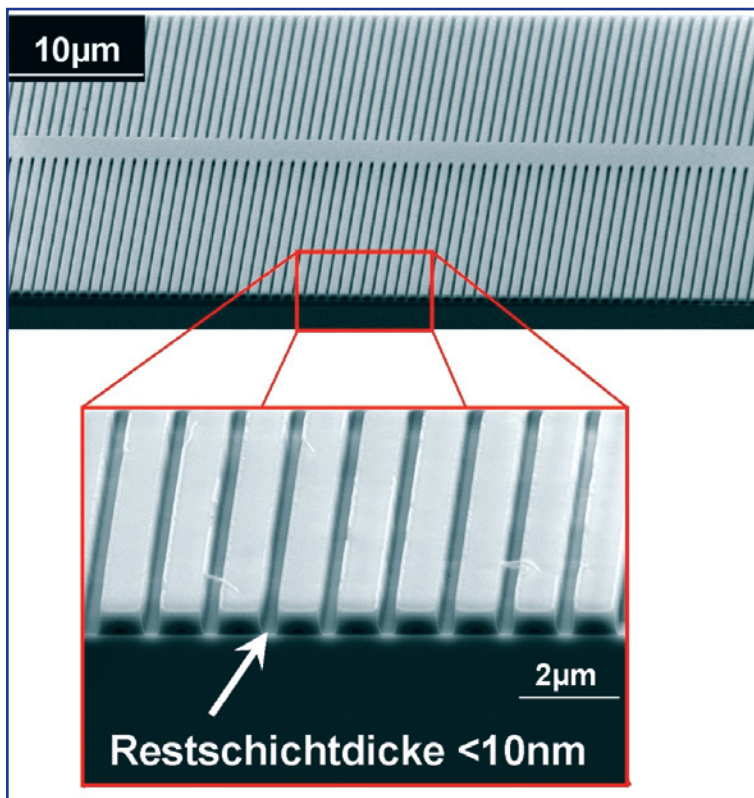
bereich ist ausschlaggebend für die Qualität der endgültigen Struktur. Besonders wichtig ist dabei die Restschicht, also die Polymerschicht, die nach dem Imprint-Vorgang in jenen Bereichen übrig bleibt, wo am Stempel erhabene Strukturen waren. Diese Schicht muss so dünn wie möglich sein, bei gleichzeitigem Einsatz eines möglichst niedrigen Imprintdrucks, um die mechanische Belastung des Stempels gering zu halten.

Das Aufbringen des Imprint-Polymers kann wie in der Halbleiterindustrie üblich mittels Rotationsbeschichtung („spin coating“) erfolgen. Hier ist es Pro-

factor gelungen, einen Imprint Prozess zu etablieren, in dem spin-belackte Substrate (zum Beispiel Si-Wafer) verarbeitet werden und dabei auf der gesamten Stempelfläche (25x25 mm² für harte Quarzstempel) eine Restschichtdicke von < 10 nm erreicht (Abbildung 5) wird. Die Strukturen konnten erfolgreich mittels reaktivem Ionenätzen in das Siliziumsubstrat übertragen werden.

Durch die bestechenden Vorteile von NIL sind die Anwendungen sehr breit gestreut und reichen von mikro- und nano-optischen Elementen, wie sie in bildgebenden Sensoren zur Anwendung kommen (Digitalkameras) und Photonik über MEMS (Mikro-Elektro-Mechanische Systeme) und NEMS (Nano-Elektro-Mechanische Systeme) bis hin zu typischen Halbleiterbauelementen. Auch das direkte Strukturieren von organischen Halbleitern und von anderen funktionellen UV-aushärtbaren Polymeren ist möglich, zum Beispiel mit Anwendungen in Bereichen wie Biophysik oder Biomedizin.

Abbildung 6: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von geprägten Linienmustern für photonische Anwendungen. Sehr gute Homogenität über den gesamten Imprintbereich und eine geringe Restschichtdicke (<10nm) kann erreicht werden



Mikro- und Nanokontaktdrucken (µ/n-CP)

Mikrokontaktdrucken ist eine einfache und effektive Methode zum direkten Übertrag von Molekülen (funktionelle Moleküle, Biomoleküle,...) auf verschiedene Substrate wie zum Beispiel Objektträger oder Silizium. Die gedruckten Substanzen modifizieren die Oberflächeneigenschaften in gewünschter Weise und können so als Ätzmaske oder als Bindungsstellen für andere Biomoleküle dienen.

Das Beladen des Stempels erfolgt durch die Adsorption der gewünschten Moleküle aus einer entsprechenden Lösung. Nach einer eventuell nötigen Nachbehandlung des Stempels (Abspülen und Trocknen) wird dieser in Kontakt mit der zu bedruckenden Oberfläche gebracht. Durch Adhäsionskräfte werden die Moleküle vom Stempel auf die Substratoberfläche übertragen. Dieser Transfer ist der entscheidende Faktor für die Qualität des µCP. Neben der Konzentration der Moleküle in der Ausgangslösung spielen die Kontaktzeit, der Kon-

taktdruck und die Vorbehandlung des Stempels hinsichtlich seiner Oberflächenfunktionalität eine entscheidende Rolle.

Es können eine Reihe von Bio-Molekülen (für Zelladhäsion, Antikörper oder Enzyme) auf unterschiedliche Substrate gedruckt werden, ohne ihre Aktivität zu zerstören. Dies erlaubt die Herstellung funktionaler Strukturen, bei denen, sofern gewünscht, auch weniger als 1000 Moleküle in definierten Bereichen auf Oberflächen abgelegt werden können. Dabei sind bei der Verwendung entsprechender Stempel Auflösungen von 100 nm möglich.

Da beim Mikrokontaktdrucken Stempel aus elastischem Material Verwendung finden, weshalb μ CP auch als "soft lithography" bezeichnet wird, können sich diese einem eventuell unebenen Substrat anpassen und dessen Oberflächenrauigkeit ausgleichen. So ist es möglich, mit einer Auflösung im Mikrometerbereich Flächen bis zu 10 cm im Durchmesser in einem Vorgang zu bestempeln.

Strukturierung von Gold

Eine Anwendung von μ CP ist das Drucken von Alkanthiolen ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{SH}$) auf Goldoberflächen, um diese gezielt strukturieren zu können. Als Substrate werden zum Beispiel Gold beschichtete Objektträger oder mit Gold beschichtete 100 mm Silizium-Wafer verwendet.

Das Relief der PDMS Stempeloberfläche wird mit einer Lösung aus Thiolen belegt, und gibt diese beim Druckprozess an die Goldoberfläche des Substrates weiter, an der sich eine geordnete, selbstorganisierte und monomolekulare Schicht (self assembled monolayer; SAM) ausbildet.

Die so strukturierten SAM's dienen als Ätzmaske für einen nachfolgenden nasschemischen Ätzschritt unter Verwendung einer Eisennitrat und Thioharnstoff Lösung. Dabei werden die mit Thiolen abgedeckten Bereiche geschützt und verbleiben nach dem Ätzen als Goldstruktur. Abschließend werden die Thiole

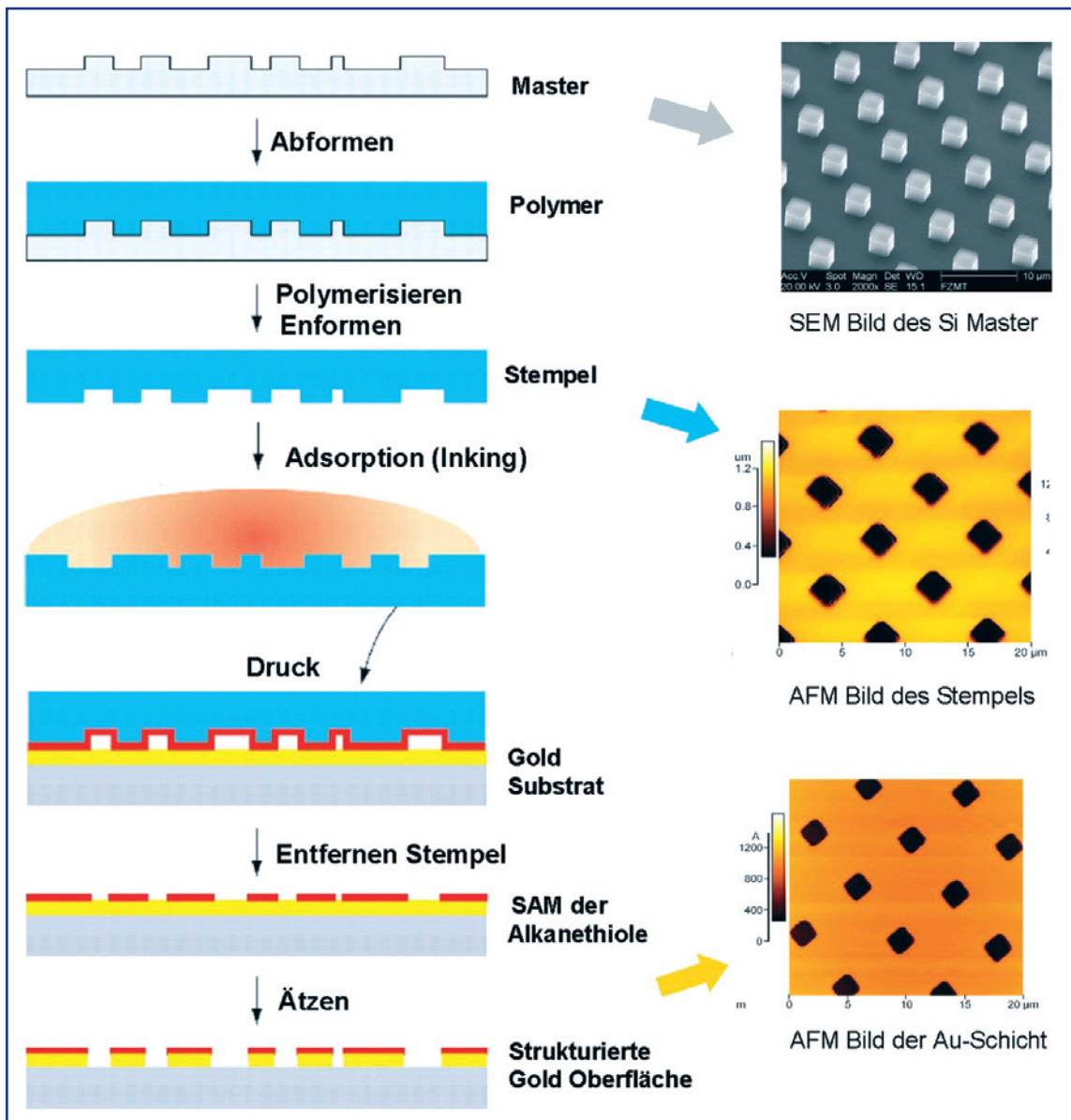
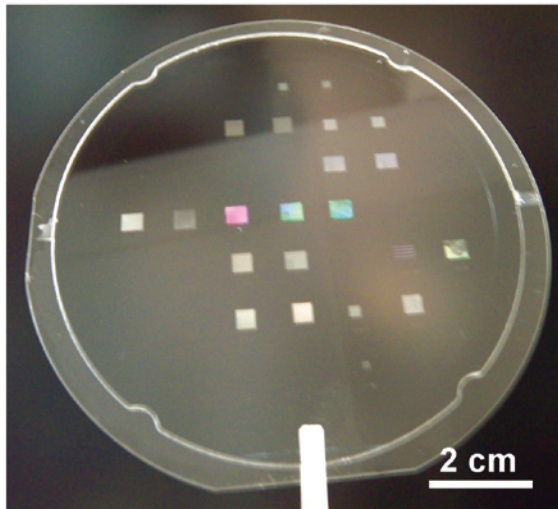


Abbildung 7: links: Prinzip μ CP von Thiolen auf Au; rechts: REM / AFM Bilder des Master, PDMS Stempels und Au-Schicht (Quelle: IBM, Profactor).

Abbildung 8:
PDMS Stempel
für μ CP.



thermisch oder nasschemisch entfernt, um die Goldoberfläche wieder freizulegen. Wie vergleichende Rasterelektronen- und Atomkraftmikroskopaufnahmen zeigen, erfolgt ausgehend vom Master über den Stempel bis hin zur fertig strukturierten Goldoberfläche eine exakte Übertragung der gewünschten Struktur während des gesamten Prozesses (Abbildung 7).

Vor kurzem wurden mit speziell hergestellten Stempeln flächig kreisrunde Goldstrukturen mit Durchmessern von unter 100 nm in Abständen von mehreren μ m hergestellt.

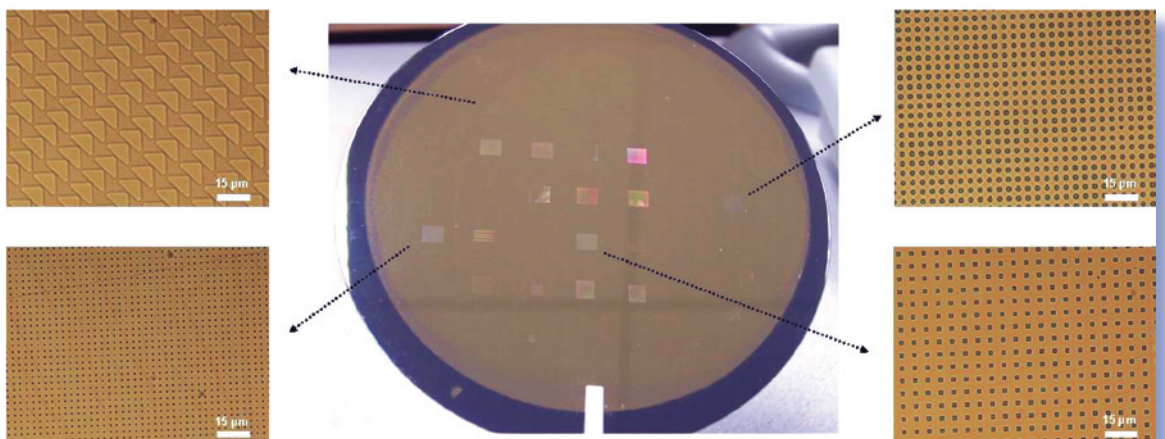
Voraussetzung dafür ist neben einem qualitativ hochwertigen Master, eine exakte Abformung zur Stempelherstellung. Dafür steht bei Profactor ein spezielles Tool zur Verfügung, mit dem die verwendeten Stempel abgeformt werden (Abbildung 8). Für den Stempelvorgang selbst werden Stempel und Substrat im zuvor beschriebenen NIL-Gerät geladen, das eine exakte Kontrolle der Prozessparameter erlaubt. Um eine unerwünschte Kontamination des Stempels oder des Substrates zu vermeiden werden beim Mikrokontaktdrucker alle Arbeiten im Reinraum durchgeführt.

Mögliche Applikationen für μ CP reichen neben der Mikro- und Nanostrukturierung von Gold von

der Substratstrukturierung für das Wachstum von Zellkulturen über das Drucken von Proteinen bis hin zum Drucken von organischen Halbleitern. Ein wichtiger Vorteil von μ /n-CP für Anwendungen im Life-Science Bereich ist, dass die notwendigen Strukturgrößen typischerweise im Bereich von 2 - 500 μ m liegen, und somit die für Masterherstellung notwendigen Masken kostengünstig mittels hochauflösenden Laser- beziehungsweise Tintenstrahl-Druckern herstellbar sind. Beispiele für solche, auf Gold abgeformte Strukturen sind in Abbildung 9 ersichtlich.

Durch die Möglichkeit der präzisen Ausrichtung aufeinander folgender Druckschritte mit dem Nanoimprinter ist es möglich, zwei oder mehrere Abdrucke mit unterschiedlichen Substanzen auf ein Substrat aufzubringen, um neuartige multifunktionale Substrate zu erzeugen. Dies eröffnet eine neue, einfache und zuverlässige Methode, um multifunktionale, zeit- und kostenoptimierte Testsubstrate beispielsweise in den Bereichen der Physik, sowie Bio- und Life-Science herzustellen. **CLB**

Abbildung 9: Großflächig abgeformte Gold-Mikrostrukturen für Bioanalytische Anwendungen (weißer Balken 10 μ m).



CLB – Memory

Die CLB-Beilage für Ausbildung in Chemie, Labortechnik,
Chemietechnik, Biologie und Biotechnik
Mai 2007

Studie zu Studiumswünschen

Chemie/Pharmazie/Biologie verlieren

Einen Schulabschluss zu haben, der alle Möglichkeiten offen lässt, ist der von den Studienberechtigten am häufigsten genannte Grund für den Erwerb der Hochschulreife (77 %). Daneben steht vor allem die pragmatische „Verwertbarkeit“ der Hochschulreife für Studium und Berufsausbildung im Vordergrund. Dies ist ein zentrales Ergebnis der von der HIS Hochschul-Informationssystem GmbH zum zweiten Mal durchgeführten Befragung von angehenden Studienberechtigten zu ihren Studien- und Berufsausbildungsplänen ein halbes Jahr vor dem Erwerb der Hochschulreife.

Die Hochschulzugangsberechtigung wird von vielen als unerlässliche Voraussetzung für ein Studium gesehen (58 %) bzw. als Einstieg für jede anspruchsvolle berufliche Ausbildung (37 %) sowie zur Chancenverbesserung bei der Ausbildungsplatzsuche (36 %). Letztgenannter Grund hat im Vergleich zum Jahrgang 2005 erheblich an Bedeutung gewonnen.

Die Studierneigung der zum Befragungszeitpunkt noch zukünftigen Studienberechtigten 2006 bewegt sich zwischen 63 % und 75 %.

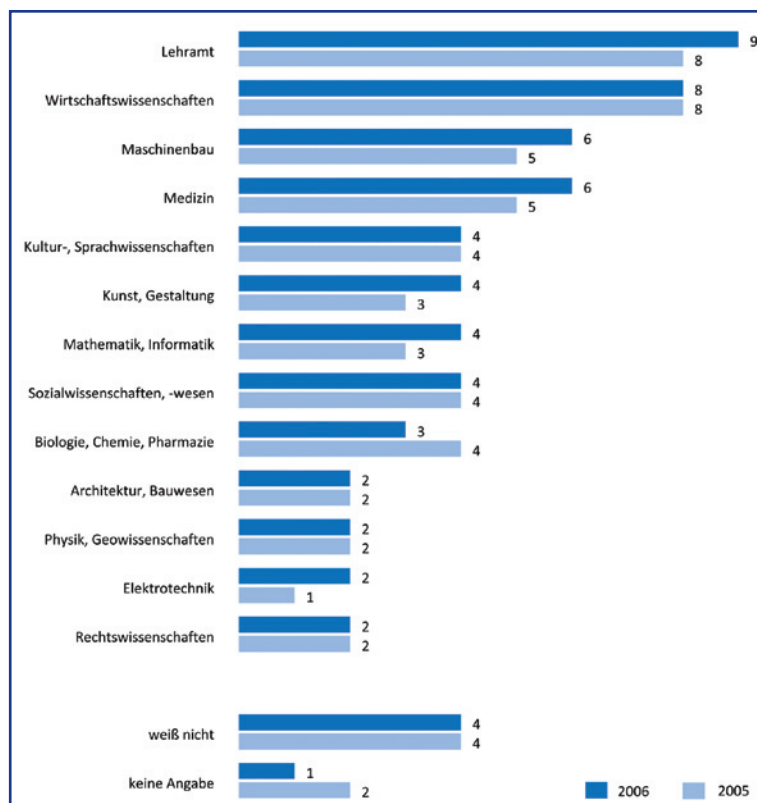
16 % der Schülerinnen und Schüler werden voraussichtlich gänzlich auf ihre Studienoption verzichten. 9 % haben ein halbes Jahr vor dem Verlassen der Schule noch keine

konkreten Vorstellungen über ihren Bildungsweg. Es zeigt sich, dass der familiäre Bildungshintergrund auch nach dem Abitur wichtig ist: Kinder von Akademikern wollen zu 70 % studieren, andere nur zu 55 %.

Beliebteste Studienrichtung sind bei den Studienberechtigten 2006 die Lehramtsstudiengänge mit 9 %, dicht gefolgt von den Wirtschaftswissenschaften mit 8 %. In der Rangfolge der Fächerpräferenzen

schließen sich mit jeweils 6 % Medizin und Maschinenbau an.

Wie in allen Schulabschlussjahrgängen entscheidet sich auch ein Teil der Studienberechtigten 2006 (zunächst) gegen die durch die Hochschulreife erlangte Studienoption und für die Aufnahme einer beruflichen Ausbildung. Insgesamt bewegt sich der Anteil derjenigen, die diesen Qualifikationsschritt wählen, in einer Bandbreite zwischen 24 % und 27 %.



Biologie, Chemie und Pharmazie haben gegenüber 2005 weiter an Beliebtheit verloren: Nur drei Prozent der Schüler/innen geben ein halbes Jahr vor ihrem Abitur an, solche Studiengänge aufzunehmen (Grafik: HIS).

Wer war zuerst: Newton oder Leibniz?

Über die Entstehung der Infinitesimalrechnung und die Notwendigkeit des Veröffentlichens wissenschaftlicher Ergebnisse

Von Prof. Wolfgang Ebeling und Prof. Klaus Hulek

Seite an Seite blicken Isaac Newton und Gottfried Wilhelm Leibniz heute von der Wand des Arbeitszimmers des Präsidenten der Royal Society in London – doch so einvernehmlich ging es zwischen den Beiden nicht immer zu. Viele Jahrzehnte tobte ein Streit darum, wer die Infinitesimalrechnung zuerst entwickelt hatte. Wie es dazu kam und warum Publizieren in der Wissenschaft so wichtig ist, beschreiben die Mathematikprofessoren Wolfgang Ebeling und Klaus Hulek von der Leibniz Universität Hannover.

Die Entwicklung von Leibniz und Newton

Einige Fragen, die wir heute der Infinitesimalrechnung zurechnen, gehen bereits auf das Altertum zurück. So hat sich bereits Archimedes (287 – 212 v. Chr.) mit Fragen der Flächen- und Längenmessung beschäftigt. In der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts wurden die folgenden Fragen als zentrale Probleme betrachtet:

- Wie bestimmt man bei einem bewegten Körper zu jedem Zeitpunkt Geschwindigkeit und Beschleunigung?
- Wie bestimmt man Tangenten an vorgegebene Kurven?
- Wie berechnet man Maxima und Minima?
- Wie berechnet man die Länge von Kurven, Flächeninhalte und Volumina?

Anhand des ersten Problems können sehr gut die Schwierigkeiten beschrieben werden, die bei diesen Fragestellungen entstehen: Geschwindigkeit ist der Quotient aus zurückgelegtem Weg, geteilt durch die verstrichene Zeit. Bewegt sich also ein Körper gleichförmig entlang einer Geraden, die man als y-Achse ansehen kann, so ist die Geschwindigkeit durch den Quotienten

$$v = \frac{y(t_1) - y(t_2)}{t_1 - t_2} = \frac{\Delta y}{\Delta t}$$

gegeben. Hierbei kann man beliebige Zeiten t_1 und t_2 verwenden, um die Geschwindigkeit zu bestimmen. Was passiert aber bei einer beschleunigten Bewegung? Zunächst ist es physikalisch sofort einsichtig, dass der Körper zu jedem Zeitpunkt eine wohl bestimmte Geschwindigkeit besitzt. Doch wie kann man sie messen? Man wird versuchen, die beiden Zeitpunkte t_1 und t_2 immer näher bei einander zu wählen, das heißt also das Zeitintervall Δt , und damit auch den Abstand Δy , gegen Null gehen zu lassen. Dies führt, zunächst rein formal, zu einem Quotienten der Form

$$V = \frac{dy}{dt},$$

wobei dy und dt „unendlich kleine“ Abstände beziehungsweise Zeiten sind. Wir erhalten also letztlich einen Ausdruck der Form $0/0$. Das Hauptproblem ist nun, diesem Ausdruck einen geeigneten endlichen Wert (also die Geschwindigkeit zu einem festen Zeitpunkt) zuzuordnen. Dies ist in der Tat ein gedanklich durchaus schwieriges Problem. Ein gutes konzeptionelles Verständnis dieses Problems zu erarbeiten, ist auch heute für alle angehenden Mathematiker, Naturwissenschaftler und Techniker ein wichtiger Schritt ihrer Grundausbildung.

Heute ordnen wir die ersten drei der oben aufgeführten Probleme der Differential- und das letzte Problem der Integralrechnung zu. Gerade im Bereich der Flächen- und Volumenmessung hatte Archimedes bereits seine „Ausschöpfungsmethode“ entwickelt, bei der die zu messende Fläche durch linear begrenzte Flächenstücke approximiert wird.

Seine Schriften erzielten durch neue Übersetzungen und Kommentierungen erheblichen Einfluss. Es gab im Laufe des 17. Jahrhunderts darüber hinaus eine Vielzahl von Arbeiten zur Infinitesimalrechnung. So hat sich etwa Johannes Kepler zu Beginn des 17. Jahrhunderts mit der Berechnung des Volumens von Weinfässern beschäftigt (Keplersche Fassregel). Auch Galileo Galilei entwickelte eine ganz ähnliche Methode. Bonaventura Cavalieri, Blaise Pascal und Christiaan Huygens entwickelten geometrisch orientierte Verfahren, während Pierre de Fermat und James Gregory einen eher algebraisch orientierten Zugang verfolgten. So wusste etwa Fermat schon vor 1640 wie man die Funktion x^n integriert. In Isaac Barrows Buch Geometrical Lectures findet man einen Zusammenhang zwischen dem Problem, eine Tangente zu bestimmen und der Berechnung von Flächen. Heute ist dies Teil des Hauptsatzes der Differential- und Integralrechnung. Barrow war allerdings die volle Tragweite seiner Beobachtung wohl nicht klar. Er war Professor in Cambridge und dort Lehrer von Newton. Später trat er zu Gunsten von Newton von seiner Professur zurück. Zu nennen ist auch John Wallis und sein Buch Arithmetica Infinitorum (1655). Wallis hat, mit Ausnahme von Leibniz und Newton, die vielleicht wichtigsten Beiträge geliefert.

Insgesamt stellt sich die Situation so dar, dass auch vor Leibniz und Newton sehr viele Spezialfälle behandelt und gelöst worden waren. Allerdings verlangte jedes Problem neue, oft sehr subtile, Überlegungen. Was fehlte, war ein allgemein gültiger Zugang, der die einzelnen partikulären Lösungen zu einem

Gesamtsystem zusammenfügte. Und genau hierin liegen die Leistungen von Leibniz und Newton. Sie entwickelten eine allgemeine Methode, in der die oben genannten Probleme alle einheitlich behandelt werden konnten. Es ist vor allem das Verdienst von Leibniz, einen Kalkül (im Englischen hat sich der Begriff Calculus durchgesetzt) geschaffen zu haben, der eine fast „mechanische“ Behandlung der Probleme erlaubt. Dies ist die Grundlage unzähliger Anwendungen in den Natur- und Ingenieurwissenschaften.

Der Beitrag von Leibniz

Im Jahre 1672 schickte der Kurfürst von Mainz Leibniz in politischer Mission nach Paris. Dort begann Leibniz sich mit Mathematik zu beschäftigen. Er verfolgte hier ein Ziel, das in ähnlicher Weise auch seine Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Themen prägte, nämlich möglichst universelle Methoden zu finden, um somit viele Fragen gleichzeitig beantworten zu können. In Paris lernte er die Arbeiten von Pascal kennen. Leibniz sah, dass die Methode von Pascal nicht nur in den von ihm betrachteten Fällen, sondern ganz allgemein anwendbar war. Um die Entdeckungen von Leibniz darzustellen, benutzen wir wie üblich die Variable x anstelle der Variablen t , die oben für die Zeit stand, und betrachten die Ordinate y als Funktion von x .

Leibniz führt die infinitesimal kleinen Größen dx und dy ein. Er ordnet dem Quotienten dy/dx den Wert zu, gegen den der Quotient $\Delta y/\Delta x$ strebt, wenn man Δx (und in Abhängigkeit davon auch Δy) immer kleiner werden lässt. In heutiger Formelsprache bedeutet das:

$$\frac{dy}{dx} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x}.$$

Dieser Wert entspricht der Steigung der Tangente (oder der Momentangeschwindigkeit V). Das Revolutionäre seiner Entdeckung besteht darin, dass er zeigt, dass man mit den infinitesimal kleinen Größen genauso rechnen kann wie mit echten Zahlen. Der Prozess des Differenzierens kann nun umge-

kehrt werden: Die Ordinate y kann aus der Summe der Ordinaten-differenzen

$y = \sum \Delta y$
rekonstruiert werden. Lässt man nun Δx und damit auch Δy beliebig klein werden, so geht die Summe in das Integral

$$y = \int dy$$

über. Leibniz führt damit auch das Integralzeichen ein. Rechnet man nun mit dx und dy wie mit echten Zahlen, so gilt

$$dy = \frac{dy}{dx} dx.$$

Setzt man dies in das Integral ein, so erhält man

$$y = \int \frac{dy}{dx} dx.$$

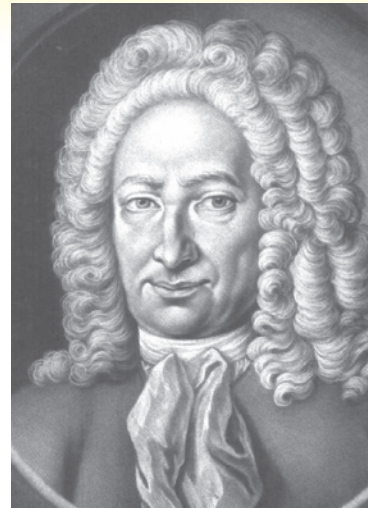
Damit war das heute als Hauptsatz der Differential- und Integralrechnung bezeichnete Resultat gefunden: Differenzieren und Integrieren erweisen sich als zueinander inverse Operationen. Geometrisch kann das Integral als Flächeninhalt unter der Kurve gedeutet werden und es können damit Längen, Flächen und Volumina berechnet werden.

Wie sehr Leibniz von der Idee eines universellen Kalküls durchdrungen war, wird auch daran deutlich, dass er in Analogie zu der Formel $d(y+z) = dy + dz$ zunächst dachte, es müsse $d(yz) = dydz$ gelten, eine Formel, die geometrisch keinen Sinn macht. Erst später fand er die korrekte Formel

$$d(yz) = ydz + zdy,$$

die heute nach ihm benannt ist.

Im Gegensatz zu Leibniz ging Newton stärker von physikalischen Überlegungen aus. Er entwickelte seine Theorie der



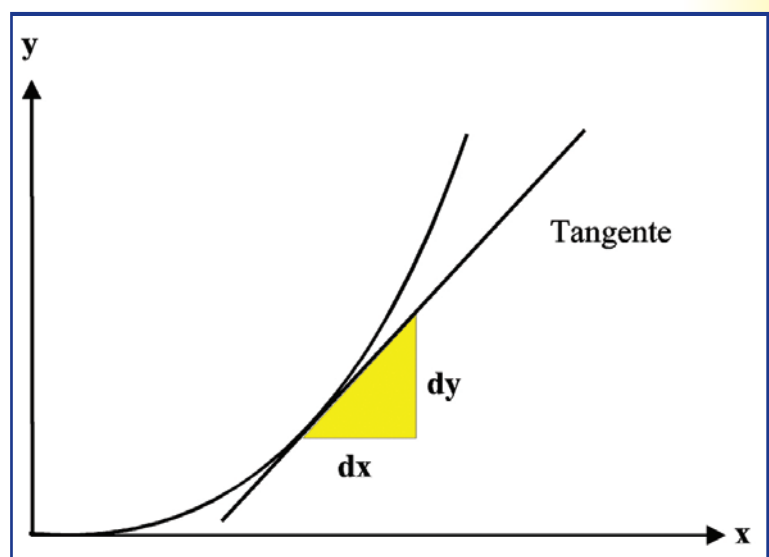
Gottfried Wilhelm Freiherr von Leibniz, (1646 bis 1716) entwickelte die heute übliche Schreibweise der Infinitesimalrechnung.

Fluxionen, die er dann auf Probleme der Himmelsmechanik anwenden konnte. Seine Theorie stellte er in dem berühmten Werk *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* dar, einem der Schlüsselwerke in der Geschichte der Physik.

Der Prioritätsstreit zwischen Newton und Leibniz

Um den Prioritätsstreit mit Newton verstehen, muss man sich zunächst die Publikationskultur der Zeit vergegenwärtigen. Zu Zeiten von Leibniz und Newton gab es keine Fachzeitschriften im heutigen Sinn. Journale wie die *Acta Eruditorum*, in denen Leibniz mehrfach veröffentlichte, waren erst im Entstehen. Auch lagen zwischen einer Entdeckung und ihrer Veröffentlichung oft viele Jahre. So begann Leibniz sich während seines Pariser Aufenthalts ab 1672 mit der Infinitesimalrechnung zu

Die Steigung einer Tangente an einer Kurve.



beschäftigen. Seine erste Veröffentlichung hierzu erschien aber erst 1684 [1]. Ähnlich verhält es sich bei Newton: er unterrichtete zwar seine Freunde, etwa Barrow, über seine Ergebnisse, die er ab 1665 erzielt hatte, seine erste einschlägige Publikation stammt aber aus dem Jahr 1687. Oft geschah der Austausch wissenschaftlicher Informationen durch Briefe der Gelehrten untereinander. Aber auch in diesen Briefen wurden die eigenen Methoden, aus Angst, dass andere sie sich aneignen könnten, selten klar dargestellt, bestenfalls angedeutet und in manchen Fällen auch verschlüsselt dargestellt.

Die erste Begegnung zwischen Leibniz und englischen Mathematikern erfolgte 1673, als Leibniz nach London reiste. Bei einem Besuch auf dem Landgut des Chemikers Robert Boyle berichtete Leibniz vor mehreren Zuhörern über einige seiner Ergebnisse zur Konvergenz von Reihen. Dabei kam es zu einem für Leibniz peinlichen Zwischenfall: Der englische Mathematiker John Pell machte ihn nämlich darauf aufmerksam, dass der französische Mathematiker François Regnaud eines seiner Ergebnisse bereits veröffentlicht hatte. Diese Publikation war Leibniz, der in der Mathematik Autodidakt war, unbekannt gewesen. Man kann diesen Vorfall als Beginn der Verstimmungen zwischen Leibniz und einigen englischen Mathematikern sehen.

Über viele Jahre war das Verhältnis zwischen Leibniz und Newton ohne größere Spannungen. Die Probleme begannen damit, dass Leibniz, der als erster veröffentlicht hatte, als der Erfinder der Differential- und Integralrechnung gefeiert wurde. Vor allem die Gebrüder Jacob und

Johannes Bernoulli nahmen seine Ideen begierig auf und verbreiteten sie in ganz Europa. Dies missfiel vor allem John Wallis, der sehr bestrebt war, die Entdeckungen englischer Mathematiker herauszustellen. Gemeinsam mit Nicolas Fatio de

Duillier und David Gregory begann er eine

Kampagne gegen

Leibniz und in

einem 1695

erschienenen

Buch sprache

er erstmals den

Plagiatsvorwurf

öffentlich aus.

Newton

verhielt sich

zu diesem Zeitpunkt

noch sehr

besonnen, gab aber

1704 zwei seiner früheren

mathematischen Arbeiten heraus.

Die Rezension dieser Arbeiten, die

von Leibniz (anonym) in den Acta

Eruditorum veröffentlicht wurde,

erweckte allerdings seinen Ärger.

Danach blieb es bis 1708 ruhig. In

diesem Jahr veröffentlichte John

Keill eine Schrift, in der er Leibniz

der Fälschung bezichtigte. Dies wiederholte

er 1710 in einem von der Royal Society

veröffentlichten Aufsatz, den Leibniz

1711 zu sehen bekam. Daraufhin bat

dieser die Royal Society um eine

Untersuchung. Inzwischen hatte sich

allerdings Newton den Streit zu

Eigenem gemacht. Die anschließend

eingesetzte Untersuchungskommission

stand zwar unter der Leitung von

Keill, aber auch unter dem Einfluss

von Newton. Sie kam zu dem wenig

überraschenden Schluss, dass

Newton die Priorität gehöre. Dieser

Streit setzte sich dann noch fast

200 Jahre fort und nahm durchaus

nationalistische Züge an. Eine

Konsequenz war, dass britische

Mathematiker für längere Zeit,

zumindest teilweise, von der

gesamteuropäischen Entwicklung

abgeschnitten waren - mit durchaus

negativen Folgen für die britische

Mathematik.



Es dauerte lange Zeit, bis es zu einer weniger emotionalen Sichtweise kam. Im Jahr 1948 stellte schließlich der Mathematikhistoriker Joseph Ehrenfried Hofmann in einer eingehenden Untersuchung fest, dass Leibniz seine Entdeckungen unabhängig von Newton gemacht hatte. Heute ist dieser Streit endgültig beigelegt: Als der Mathematiker Sir Michael Atiyah 1990 zum Präsidenten der Royal Society gewählt wurde, verfügte er, dass in seinem Arbeitszimmer Portraits von Leibniz und Newton aufgehängt werden sollten.

Isaac Newton (1643 bis 1727) entwickelte die Infinitesimalrechnung unabhängig von Leibniz, ging dabei aber stärker von physikalischen Überlegungen aus.

Literatur

- [1] Leibniz, G.W.: Nova methodus pro maximis et minimis. Acta eruditorum 1684, S. 466-473.
- [2] Arnold, V.I.: Huygens and Barrow, Newton and Hooke. Birkhäuser-Verlag, Basel Boston Berlin 1990.
- [3] Finster, R., van den Heuvel, G.: Gottfried Wilhelm Leibniz. Rowohlt Monographie, Rowohlt Verlag, Reinbek 1990
- [4] Hirsch, E. Ch.: Der berühmte Herr Leibniz. Verlag C.H.Beck, München 2000.
- [5] Kline, M.: Mathematical thought from ancient to modern times. Oxford University Press, New York 1972.

Nützliche Ratgeber 84 – 88

Von Arbeit bis Zukunft

Die Welt im Kopf

„Was Hänschen nicht lernt, das lernt Hans nimmermehr“ sagt der Volksmund. Falsch. Selbst Uropa Hans kann lernen, auch wenn es ihm schwerer fällt. Das Gehirn bleibt ein Leben lang wandlungsfähig – und diese Eigenschaft ist die Voraussetzung für Lernprozesse. Am Berliner Max-Planck-Institut für Bildungsforschung untersuchen Forscher, wie sich die Wandlungsfähigkeit des Denkkorgans verändert. Das Ziel: Wege zu finden, um den Geist möglichst lange fit zu halten. Dies ist ein Thema der neuen Ausgabe der „MaxPlanckForschung“ (www.magazin-dt.mpg.de).



Arbeitssicherheit

Die altersgerechte Gestaltung der Arbeit, Nanopartikel und Feinstäube, Risikobewertung sowie eine ganzheitliche Vorsorge für besonders hoch belastete Erwerbstätige gehören zu den elf strategischen Punkten des Arbeitsprogramms 2007–2010 der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). Wie ein roter Faden zieht sich die Vision durch das Programm: Sicherheit und Gesundheit für alle in einer menschengerechten und wettbewerbsfähigen Arbeitswelt. Bei der Umsetzung ist die Initiative „Neue Qualität der Arbeit“ ein Instrument für den Wissenstransfer zwischen Forschung, Politik und Unternehmen. Eine PDF-Version des Programms befindet sich in der Rubrik „Über die BAuA“ (www.baua.de).

Naturstoff-Forschung

In der Broschüre „Vorbild Natur – Stand und Perspektiven der Naturstoff-Forschung in Deutschland“ versucht die Dechema eine Brücke zwischen der vertieften Auseinandersetzung mit Naturstoffen und ihrer gewerblichen Nutzung zu schlagen. Die Ausblicke orientieren sich am aktuellen Wissensstand und skizzieren Zukunftsvisionen. Es werden nur dort Fachbegriffe verwendet, wo es unvermeidbar ist. Jedem Kapitel ist außerdem ein ausführliches Glossar zugeordnet, in dem die Fachbegriffe erklärt werden. Der Experte findet darüber hinaus im Anhang eine vollständige Zusammenstellung der Strukturformeln aller im Text genannten Naturstoffe (biotech.dechema.de/publikationen).



Studienführer

Mehr als 250 Universitäten und Fachhochschulen hat das Centrum für Hochschulentwicklung (CHE) untersucht. Eine Auswahl der wichtigsten Ergebnisse erscheint im Zeit-Studienführer 2007/08. In diesem Jahr wurden unter anderem die Fächer Architektur, Erziehungswissenschaft, Geschichte, Maschinenbau und Verfahrenstechnik/Chemieingenieurwesen neu bewertet. In Letzterem sind die Studierenden der TU Darmstadt und Uni Karlsruhe sehr zufrieden. Beide Hochschulen werden auch neben der RWTH Aachen, der ETH Zürich sowie der TU München und der Uni Stuttgart als in der Forschung führend angesehen. Für ein FH-Studium empfehlen die Professoren die Hochschule in Mannheim. Das CHE-Hochschulranking wird durch die Deutsche Telekom Stiftung gefördert und in Kooperation mit „Die Zeit“ publiziert (www.zeit.de/hochschulranking, www.che.de).

Fachinformationen für die Umsetzung von Reach

Hilfe bei der Informationssuche zum Erfüllen der EU-Verordnung Reach (Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals) leisten Fachinformationsquellen wie die thermophysikalische Datenbank Infotherm, die Reaktionsdatenbank ChemInform RX und weitere fachspezifische Datenbanken aus dem FIZ Chemie Berlin. Für die Informationssuche im Internet gibt es Spezialsuchmaschinen. Diese greifen ausschließlich auf evaluierte Internetquellen zu, was zu Antworten in hoher Qualität führt. Die Angebote der gemeinnützigen Serviceeinrichtung für Wirtschaft und Wissenschaft sind teilweise kostenpflichtig, teilweise kostenlos.

In Infotherm sind thermophysikalische Kenngrößen von etwa 7400 Reinstoffen und 29 000 Gemischen gespeichert. Sie sind mit bis zu 150 Stoffeigenschaften zu verknüpfen, zum Beispiel mit Siedepunkten, PVT-Verhalten,

Phasengleichgewichten, Transport- oder Oberflächeneigenschaften. Die Ergebnisse lassen sich als komprimierte Tabelle oder interaktive Grafik anzeigen (www.infotherm.de).

ChemInform liefert Kurzbeschreibungen von Synthesen, Methoden und Verfahren, die in circa 200 internationalen Fachpublikationen beschrieben werden. Diese Daten werden elektronisch aufbereitet, so dass Informationen gezielt abgerufen werden können. So bietet sich die Möglichkeit, bei der Synthesepaltung verschiedene Alternativen durchzuspielen (www.cheminform.com).

Um einen schnellen Überblick über Toxikologie und Ökotoxikologie von Stoffen zu bekommen, empfehlen sich die Spezialsuchmaschinen ChemGuide und MedPharmGuide. Sie greifen ausschließlich auf Internetquellen zu, die von Fachleuten geprüft wurden (www.fiz-chemie.de/guides).

Die Jugend forscht-Bundessieger 2007 stehen fest Von Magnesit bis Benzylbromid

Die Endausscheidung des Wettbewerbs Jugend forscht fand Mitte Mai in Hamburg statt. Insgesamt meldeten 4389 Jugendliche 2474 Projekte an. Besonders beliebt war das Fachgebiet Biologie mit 962 Teilnehmenden. An zweiter Stelle stand die Chemie (832), gefolgt von Physik (648).

In diesem Jahr bestachen die Siegerprojekte durch fachübergreifende Forschungsfragen und Antworten mit chemischem Inhalt: Ein herausragendes Beispiel ist das Chemieprojekt von Milan (18) und Dragana Gerovac (17) aus Hessen. Die beiden entwickelten ein Verfahren, mit dem Bauern mit Pilzkulturen und Stroh aus Gülle einen hochwertigen Dünger produzieren können. Die Geschwister zeigten dabei, dass Umweltschutz wirtschaftlich sein kann. Die Jury belohnte sie mit dem Preis der Bundesministerin für Bildung und Forschung für die beste interdisziplinäre Arbeit.

Über den Chemiebundessieg freut sich Johannes Wandt aus Bayern. Der 18-jährige befasste sich mit Magnetit. Das magnetische Eisenoxid entsteht in alkalischer Lösung durch Oxidation von Eisensulfat. Die mehrstufige Reaktion läuft nicht spontan sondern mit Verzögerung an. Wandt hat herausgefunden, weshalb dies so ist: In den ersten Sekunden bildet sich eine Vorstufe, erst dann setzt die Oxidation zum Magnetit ein. Um

Johannes Wandt untersuchte die Magnetitdarstellung in ammoniakalkalischer Lösung aus Eisen(II)-sulfat.



die Reaktion zu beobachten und sekundengenau aufzuzeichnen, baute er eine Versuchsanordnung aus Reaktionsraum, Magnet und Präzisionswaage. Dabei stellte er fest, dass die Bildung des Magnetits stark von der Ammoniakkonzentration abhängt. Einiges deutet darauf hin, dass Ammoniak nicht nur als Lösungsmittel fungiert, sondern direkt in die Reaktion eingreift.

Viele Hobbyfotografen verwenden Inkjet-Papier zum Ausdrucken ihrer Fotos. Diese Tatsache veranlasste Kevin Siff (16) aus Rheinland-Pfalz, sich näher mit dem zugrunde liegenden Verfahren und den chemischen Zusammenhängen zu beschäftigen. Er entwickelte eine Inkjet-Beschichtung, die sich auf nahezu jedes Papier auftragen lässt. Fotos von Digitalkameras sind so in hoher Qualität druckbar. Siff erhielt dafür den zweiten Preis in Chemie.

Die Grünalge Chlorella produziert um so mehr Sauerstoff, je sauberer das Wasser ist, in dem sie lebt. Dies nutzten Philomena Apitzsch (18) und Tobias Hahn (19) aus Sachsen-Anhalt für den Bau eines Biosensors zur Bestimmung der Wassergüte. Sie beschichteten eine Sauerstoffelektrode mit Algenkonzentrat und bestrahlten sie mit Leuchtdioden. Der Algen-sensor ist empfindlich und robust: Schon geringe Mengen Kupfersulfat bremsen die Photosynthese und damit die Sauerstoffproduktion messbar. Auch das Abwasser aus einer Waschmaschine hemmt die Aktivität der Alge. Nach einigen Stunden in sauberem Wasser haben die Algen sich wieder erholt. Damit ist der Biosensor für Serienmessungen gut geeignet.

Ablagerungen aus Salzen (Metallbäume) wachsen scheinbar chaotisch. Dennoch lassen sich die verschiedenen Bäume ihren jeweiligen Metallen zuordnen. Dieser Ordnung wollten die 19-jährigen Rheinland-Pfälzer Johannes Ewald



V. r.: Andreas Storm, Staatssekretär im Bundesbildungsministerium mit Dragana und Milan Gerovac.

und Andreas Krawitz auf den Grund gehen. Sie erstellten ein Computerprogramm, mit dem sich die Metallbäume simulieren und mathematisch analysieren lassen. Dafür erhielten sie den vierten Preis in Chemie.

Den fünften Preis bekam Jeffrey Hammann (19) aus Bayern. Er untersuchte bei Benzylbromid, an welcher Stelle Brom bindet und unter welchen Bedingungen besonders stabile Verbindungen entstehen. Messungen der Leitfähigkeit ergaben Geschwindigkeitskonstanten, Reaktionsenthalpie und -entropie. Die Daten belegen, dass die Bindung um so fester wird, je stabiler der Übergangszustand zwischen Halogen und Benzylrest ist. Durch solche Berechnungen ließe sich abschätzen, wie eine pharmazeutische Substanz innerhalb des Körpers wirkt: Je schneller die Reaktion und je fester die Bindung, um so stärker die Wirkung.

Digital in Farbe und Raum

Dominik Schubert aus Bayern erhielt den Preis des Bundespräsidenten für eine außergewöhnliche Arbeit. Aus preisgünstigen Bauteilen konstruierte der 16-Jährige im Fachgebiet Physik ein abbildendes Prismenspektrometer. Ähnlich einer Digitalkamera nimmt es ein Bild auf, analysiert aber zusätzlich

für jedes Pixel die Farbzusammensetzung. Damit lassen sich Mineralien identifizieren, Verunreinigungen im Wasser erkennen oder der Gesundheitszustand der Vegetation überprüfen.

Im Fach Technik siegte Florian Schnös aus Bayern. Der 18-jährige entwickelte eine 3-D-Kamera, die mit zwei Objektiven neben Farben auch digitale Informationen zur Tiefe aufzeichnet. Von Robotik bis Medizin – ein zukünftiger Einsatz des Gerätes ist in vielen Gebieten denkbar und das bei Materialkosten von nur 35 Euro.

Zu Schweiß und Schlupfwespen

Mirjam (13) und Benjamin (16) Lenz spielen Geige und wollten wissen, welche Faktoren die Abnutzung der Saiten beeinflussen. Sie bauten eine Versuchsgeige und befragten Orchestermittglieder. Sie testeten Schweißproben unterschiedlicher Spieler und begutachteten abgenutzte Saiten im Rasterelektronenmikroskop. Ergebnis: Sowohl der Greifdruck als auch der Fingerschweiß bewirken die Zerstörung der Saiten. Das Material hat dabei erheblichen Einfluss auf die Geschwindigkeit der Zersetzung. Sie erhielten in der Kategorie Arbeitswelt dafür den fünften Preis.

Die Biologie-Siegerin Ajescha Prozell (15) aus Berlin zeigte, dass Schlupfwespen wegen ihrer Empfindlichkeit gegenüber chemischen Verbindungen als Biosensoren für einen kostengünstigen Schnelltest, um Belastungen durch Insektizide in Klassenräumen nachzuweisen.

Meteoriten fliegen auf die Halde

Den Preis der Bundeskanzlerin für die originellste Arbeit gewann Raphael Errani (17) aus Niedersachsen. In seinem Projekt aus dem Fach Geo- und Raumwissenschaften analysierte er die Wahrscheinlichkeit, dass größere Meteoriten die Erde treffen.

Jürgen Stadelmaier (19), Matthias Müller (22) und Ralph Strobel (21) aus Baden-Württemberg konstruierten einen computergesteuerten Simulator für den Segelflug.

Vor allem die Möglichkeit, sich beliebig oft um die eigene Achse zu drehen, vermittelt das Gefühl, tatsächlich zu fliegen.

Im Fach Geo- und Raumwissenschaften siegte Max Frenzel (18) aus Sachsen. Er untersuchte die Verwitterung und Neubildung von Mineralien auf der Halde eines ehemaligen Nickelbergwerks.

Physik und Informatik

In Physik ging der Bundessieger an Florian Ostermaier (18) und Henrike Wilms (19) aus Baden-Württemberg. Sie zeigten, dass Regentropfen im Fallen periodisch ihre Form verändern. In einer Tropfsteinhöhle beobachteten sie, wie jeder fallende Tropfen in einer bestimmten Höhe aufblitzte. Mit Pipette, Lampe und Lichtschranke bannten sie den Effekt auf den Chip einer Digitalkamera. Dabei bemerkten sie, dass die Lichtmuster von der Tropfenform abhängen. Sie verändert sich während des Falls, was sich durch ein rhythmisches Blitzen verrät.

Martin Maas (19) aus Sachsen-Anhalt überzeugte mit einer selbst programmierten Software, die verschlüsselte Daten so versteckt, dass ihre Übertragung via Internet nicht bemerkt wird. Er war in Mathematik/Informatik erfolgreich.

Ausgezeichnete Schule

Das Heinrich-Hertz-Gymnasium aus Berlin hat den Sonderpreis „Jugend forscht Schule 2007“ erhalten. Es wurde für seine umfassenden und erfolgreichen Aktivitäten ausgezeichnet, junge Menschen zu Höchstleistungen in der Forschung zu motivieren.

Andreas Storm, Staatssekretär im Bundesbildungsministerium, übergab den besten Jungforscherinnen und Jungforschern im Theater Neue Flora in Hamburg die Preise. Ausrichter des 42. Finales waren die Stiftung Jugend forscht und Beiersdorf. Das diesjährige Bundespatenunternehmen veranstaltete das Finale anlässlich seines 125-jährigen Jubiläums auf dem Gelände des Hautforschungszentrums. mb

Aus der Bildungslandschaft

- Die Uni Regensburg garantiert **Abiturienten** mit einer Note besser als 1,4 ab dem kommenden Wintersemester ein dreijähriges Chemiestudium ohne die sonst üblichen 500 Euro Studiengebühren pro Semester. Nach sehr gutem Abschluss ist auch der zweijährige Masterstudiengang von den Gebühren befreit (www.chemie.uni-regensburg.de).
- An der Uni Paderborn wird vom 16. Juli bis 7. September 2007 erstmals eine gebührenfreie **Sommerschule** Chemie eingerichtet. Die so erworbene Vorbildung qualifiziert zum kommenden Wintersemester zur Aufnahme eines Chemiestudiums mit der Einstufung in das zweite Fachsemester (chemie.upb.de).
- Die **Graduiertenschule** „Berlin International Graduate School of Natural Sciences and Engineering“ bietet ein organisatorisches Dach für die Doktoranden-ausbildung. Beteiligt sind etwa 50 natur- und ingenieurwissenschaftliche Arbeitsgruppen der Technischen Universität Berlin, der Freien Universität Berlin, der Humboldt-Universität zu Berlin, der Universität Potsdam, des Fritz-Haber-Instituts der Max-Planck-Gesellschaft und des Max-Planck-Instituts für Kolloid- und Grenzflächenforschung in Potsdam (www.tu-berlin.de/foreign-relations/BIGNSE/programm.htm).
- Beim neunsemestrigen Diplomstudiengang **Umweltwissenschaften** der Uni Greifswald steht eine ganzheitliche Betrachtung der Umwelt im Vordergrund. Die Disziplinen Physik und Chemie sind durch Ökologie, Mikrobiologie, Geologie und Mathematik ergänzt. Hinzu kommen die Fächer Rechtswissenschaft und Betriebswirtschaftslehre sowie Umweltethik (www.umweltwissenschaften.uni-greifswald.de).
- Die Fächer **Chemie und Physik** der Universität des Saarlandes bieten künftig Bachelor- und Masterstudiengänge an. Insgesamt führt die Universität 19 neue Bachelorstudienfächer ein. Damit sind zum Wintersemester 2007/2008 an der Universität des Saarlandes 78 Prozent der geeigneten Studiengänge in die neue Studienstruktur überführt.
- Bis Mitte April haben die Studierenden der Universität Würzburg rund 6,7 Millionen Euro an **Studienbeiträgen** für das Sommersemester überwiesen. Rund 2,6 Prozent behält die Uni für den Verwaltungsaufwand, der durch die Einführung der Studienbeiträge entstanden ist. Von dem verbleibenden Geld gehen 65 Prozent an die zwölf Fakultäten. Je mehr Studierende eine Fakultät hat, desto mehr Geld bekam sie zugewiesen: z. B. die Medizinische Fakultät 477 624 Euro und die Fakultät für Chemie und Pharmazie 318 937 Euro. Wie die Fakultäten mit den Beiträgen die Lehre verbessern wollen, entscheiden sie selbst – jeweils unter paritätischer Mitsprache der Studierenden. Um die restlichen 35 Prozent der Studienbeiträge konnten sich die Fakultäten sowie Unibibliothek, Rechenzentrum, Verwaltung und Sprachenzentrum bewerben.

Qualitative Analyse – Trennungsgänge

Identifizieren von Kohlenstoffverbindungen

1 Was sollte der erste Schritt zur Ermittlung der Identität einer organischen Substanz sein?

- A** Gemisch trennen.
- B** Schmelzpunkt feststellen.
- C** Äußere Beschaffenheit ermitteln.
- D** Na-Aufschluss.
- E** Beilstein-Probe.

2 Ist die Analysesubstanz farbig, ist dies ein Hinweis auf ...

- A** Alkane.
- B** Chinone.
- C** Phenole.
- D** Hexosen.
- E** Azoverbindungen.

3 Ein Fruchtgeruch deutet auf ...

- A** Aldehyde.
- B** niedere Ketone.
- C** aromatische Nitroverbindungen.
- D** Ester aliphatischer Alkohole.
- E** Terpene.

4 Hat die Substanz eine scharfe Schmelztemperatur, ...

- A** liegt wahrscheinlich eine reine Substanz vor.
- B** sollte als nächstes eine chromatographische Trennung durchgeführt werden.
- C** ist mit baldiger Sublimation zu rechnen.
- D** prüft man anschließend auf Brennbarkeit.
- E** liegt keine Kohlenstoffverbindung vor.

5 Brennt die Probe mit blauer Flamme, kann dies folgende Verbindungsklassen anzeigen:

- A** Alkohole
- B** Ether
- C** Acetylene
- D** Aromatische Kohlenwasserstoffe.
- E** Carbonsäuren.

6 Bringt man etwas Substanz an einem ausgeglühten Kupferdraht in die Flamme, um die Abwesenheit von Halogenen sicherzustellen, nennt man dies ...

- A** Glühprobe.
- B** Cu-Aufschluss.
- C** Lassaigne-Probe
- D** Iodoformprobe.
- E** Beilstein-Probe.

7 Zur Bestimmung der Löslichkeit dienen als Lösungsmittel

- 1) Alkohol, 2) Ether, 3) Natronlauge, 4) Salzsäure, 5) Wasser in welcher Reihenfolge?
- A** 1), 2), 3), 4), 5)
- B** 5), 4), 3), 2), 1)
- C** 5), 2), 3), 4), 1)
- D** 5), 3), 4), 1), 2)
- E** 1), 2), 5), 4), 3)

8 Ist eine Substanz weder in Wasser noch in Ether löslich, deutet dies auf ...

- A** makromolekulare Verbindungen.
- B** Kohlenhydrate.
- C** Lactone.
- D** Phenole.
- E** Anthrachinone.

9 Die wässrige Lösung der Analysesubstanz reagiert sauer. Dies deutet auf ...

- A** Oxime.
- B** Pyridine.
- C** Dicarbonsäuren.
- D** Zucker.
- E** Sulfonsäuren.

10 Hinweise auf ungesättigte Verbindungen findet man mit einer Umsetzung mit...

- A** Brom.
- B** Chloroform und ammoniakalischer Silbersalzlösung.
- C** Kaliumpermanganat.
- D** Kupfersalzen.
- E** Chloroform.

11 Sowohl die Umsetzung mit Brom als auch die mit Salpetersäure sowie die mit Chloroform und Aluminiumchlorid sind positiv. Welche Verbindungsklasse liegt möglicherweise vor?

- A** Aldehyde.
- B** Aromaten.

- C** Acetale.
- D** Aldosen.
- E** Anthocyane.

12 Man löst die Substanz in verdünnter Natronlauge und gibt wenig Kupfersulfatlösung hinzu. Bildet sich kein Kupferhydroxidniederschlag, deutet dies auf

- A** Phenole.
- B** mehrwertige Alkohole.
- C** aliphatische Enole.
- D** primäre Alkohole.
- E** Kohle.

13 Die Substanz färbt sich bei Anwesenheit einer Aminosäure mit Ninhydrinlösung violett. Welche Stoffe können stören, da sie ähnliche Färbungen zeigen?

- A** Thiole.
- B** Chinone.
- C** Ketone.
- D** Nitroverbindungen.
- E** Amine.

14 Weitere Hinweise auf die Identität der Analysesubstanz gibt ...

- A** die Herstellung von Derivaten mit Ermittlung der Schmelztemperatur.
- B** eine Molmassenbestimmung.
- C** die IR-Spektroskopie.
- D** die NMR-Spektroskopie.
- E** eine Titration mit Natronlauge.

Lösungen zu Seite M32 (CLB 04/2007):

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

(Alle Lösungen zu Seite M40 finden Sie in CLB 06/2007 sowie auf www.clb.de)

Mit der Winzigkeit ändern sich die Eigenschaften



Wolfgang Hasenpusch, Universität Siegen

Mit Erfindung der Raster- und Transmissions-Elektronenmikroskope trat das „Reich der Zwerge“ (lat. nanus = Zwerg; 10^{-9} m) aus seiner Verborgenheit heraus, offenbarte erstaunliche Effekte und zeigte veränderte Parameter, die von den Kenngrößen der Makrowelt zum Teil erheblich abweichen. In den Nanomaterialien stecken derart viele Marktpotenziale, dass man schon von einem Nano-Boom und einem Nano-Fieber sprechen kann. Was fasziniert die Wissenschaftler so an dieser Mikrowelt im Größenbereich unter 100 Nanometer (nm)? Wie lukrativ sind die Nanomaterialien für unsere Zukunft? Warum fließen Forschungsgelder aus Deutschland, Europa und auch weltweit in die Nanotechnik?

Prognosen

Was die Nanotechnik betrifft, klingen die Prognosen der „Wirtschaftsweisen“ einhellig positiv. Umsatzerwartungen korrigieren sie jedes Jahr zu höheren Werten als noch zuvor erwartet. Lagen die Umsätze für Nanomaterialien im Jahre 2000 noch weltweit bei 500 Mio US-\$, so stiegen sie 2005 auf 900 Mio. US-\$ und für das Jahr 2020 ist bereits von 2,2 Mrd. US-\$ zu lesen [1].

Noch imposanter bestechen die Erwartungen, die der gesamten Nanotechnik Spalier stehen: in nicht einmal 10 Jahren erwarten namhafte Zukunftsforschungsinstitute und Banken, dass die 1 000 Mrd.-US-\$-Marke überschritten sein wird (Abbildung 1).

Kein Wunder also, wenn die Forschungsgelder auf allen Ebenen nur so strömen: im Jahre 1997 waren es noch weltweit 430 Mio. US-\$, 2000 mit 830 US-\$ fast das Doppelte und in den beiden Folgejahren gaben die westlichen Industrieländer sogar 1,5 und 2,2 Mrd. US-\$ für die Erforschung der Nanotechnik in der gesamten Breite aus. Dazu zählen auch die Entwicklung von Analysenmethoden und Herstellungsverfahren für Nanomaterialien sowie diverse Anwendungen und die Kommunikation über Ergebnisse und Zielrichtungen in Publikationen und auf Tagungen.

Mittlerweile bietet der Kommunikationsmarkt eine unüberschaubare Anzahl von Artikeln, Patenten, Zeitschriften, Büchern und Konferenzen zur Nanotechnik an.

Damit junge Leute bereits in der Schule und an Universitäten fundiert über die Nanotechnik unterrichtet

werden, hat der Fonds der Chemischen Industrie bereits 2005 eine „Nanobox“ herausgebracht. Mit dem umfangreichen Lehrmaterial (Abbildung 2) sollte es engagierten Lehrkräften nicht schwer fallen, einen fundierten Einstieg in einen interessanten Unterricht zu finden.

Eigenschaften von Nanomaterialien

Viele der erstaunlichen Abweichungen von makroskopischen Parametern, wie Schmelzpunkt, Magnetismus, Gitterkonstanten sowie die mechanischen und katalytischen Eigenschaften verdanken die Nanopartikel dem hohen Anteil der Oberflächenatome oder -moleküle.

Von etwa 30 Mio. Atomen, die ein Nanopartikel mit einem Durchmesser von 100 nm enthält befinden sich 2 % auf der Oberfläche. 10 nm-Partikel enthalten etwa 30 000 Atome, von denen 20 % die Oberfläche einnehmen. Der hypothetische 1 nm-Kristall hätte nur noch 30 Atome, von denen fast alle (99 %) die Oberfläche besetzen (Abbildung 3).

Elektronische Eigenschaften

Unterhalb von 50 nm wandeln sich die makroskopischen Eigenschaften und Materialkonstanten in Variable um, deren Abweichung mit kleiner werdenden Partikeln wächst.

Der hohe Anteil der Oberflächenatome bewirkt bei Metallen und Legierungen eine freiere Beweglichkeit der Elektronen. Sie sind in der metallischen Bindung als „Elektronengas“, anders als in der Platzzuordnung bei der ionischen- und der kovalenten Bindung, in einem höheren Energiebereich („Leitungsband“) mit gewissem Energieabstand zum Grundzustand („Va-

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.



lenzband“). Die Lücke zwischen den Energieniveaus („Bändern“) ist im Nanomaterial deutlich vergrößert: bei Cadmiumselenid-Pulver (CdSe) beispielsweise mit einer durchschnittlichen Korngröße von 20 nm nimmt sie bereits einen Wert von 1,7 Elektronenvolt ein, bei 2 nm steigt sie auf 2,4 eV.

Analog sind Änderungen in der Lumineszenz zu erklären. Die verbesserten Halbleitereigenschaften von Nanopulvern haben ganz offensichtliche Vorteile für die Anwendung:

- geringerer Energiebedarf,
- geringere Wärmeerzeugung und
- geringere Bauteildimensionen.

Magnetische Eigenschaften

Der französische Physiker Pierre Weiss (1865 -1940) stellte bereits fest, dass ferromagnetische Werkstoffe in winzige Bereiche eingeteilt sind, in denen sich die atomaren magnetischen Dipole gleichgerichtet haben. Diese 1-100 nm³ großen Domänen, die auch „Weiss ´sche Bezirke“ genannt werden, lassen sich im Elektronenmikroskop mit Eisenpulver im Nanobereich erkennen. Zu den Ferromagnetischen Stoffen gehören neben dem Eisen auch das Kobalt und Nickel sowie

einige Oxide: der Magnetit, Fe₃O₄, das Chromdioxid, CrO₂ oder auch das Europiumoxid, Eu₂O₃. Aber auch Verbindungen, wie Bariumtitanat, BaTiO₃, oder Lithiumniobat, LiNbO₃, behalten nach Anlegen eines Magnetfeldes und wieder Ausschalten ihre Magnetisierung bei.

Nanopulver besitzen die Größenordnung dieser Weiss ´schen Bezirke. Sie können sich wesentlich besser und unbeeinflusst ausrichten, als in einem makroskopischen Materialverbund (Abbildung 4). So liegt beispielsweise die Koerzitivität (Magnetstärke nach Ausschalten des äußeren Magnetfeldes) beim grobem Eisenpulver bei 10 Oerstedt (= 800 A/m), bei einem 13 nm-Eisenpulver bei 900 Oe (= 71.640 A/m).

Auch die Curie-Temperatur, der Übergang vom Ferromagnetismus zum Paramagnetismus ändert sich mit der Teilchengröße von Pulvern: sie liegt beim kompakten Nickel bei 358°C. Bei 70nm-Pulver liegt der Curiepunkt bereits um 40 °C tiefer.

Eine starke Beeinflussung des elektrischen Widerstandes ist in wechselnden Nanoschichten von ferromagnetischen und nicht-ferromagnetischen Metallen, wie Eisen und Chrom, durch Anlegen eines magnetischen Feldes möglich. Durch Ausrichtung der Elektromagneten reduziert sich die Streuung der Elektronen, und die Leitfähigkeit erhöht sich beträchtlich. Dieser Effekt lässt sich für Sensoren und Datenspeicher nutzen.

Kristalleigenschaften

Die Fehlstellen im Gitter nehmen mit der Temperatur zu. Es entstehen mehr Versetzungen und Poren. Eine derartige Zunahme beobachtet man auch beim Übergang vom Makro-, über den Mikro- in den Nanobereich.

Ein weiterer Effekt ist die Verringerung der Gitterkonstanten, die Abmessungen der Atom- oder Molekülelementarzellen, mit kleiner werdenden Partikeln.

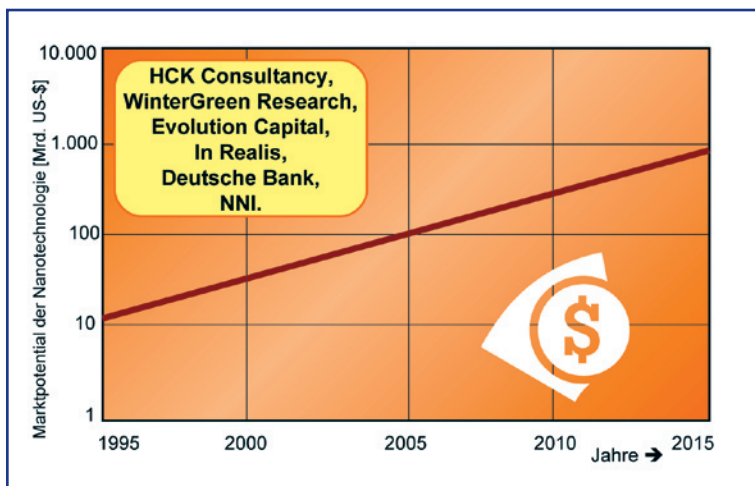
Aluminium beispielsweise kristallisiert in der kubisch dichtesten Kugelpackung, also flächenzentriert. Die Literatur gibt die Länge der Elementarzelle (= Gitterkonstante) mit 0,40495 nm bei Raumtemperatur an [2]. Ab 30 nm abwärts verringert sich die Gitterkonstante zunehmend, um schließlich bei 1 nm 2,5 % niedriger zu liegen, bei 0,395 nm (Abbildung 5). Das Kristallgitter zieht sich zusammen, wird dichter. Es hat nicht mehr die Fernwirkung in alle Richtungen. Der hohe Anteil der Oberflächenatome macht sich bemerkbar (Abbildung 6).

Kubisch raumzentrierte Gitter wechseln im Nanobereich in kubisch flächenzentrierte oder hexagonale Strukturen. Diese weisen eine kleinere Oberflächenenergie und ein geringeres spezifisches Volumen aus (Abbildung 7).

So entstehen aus makroskopischen Pulvern von Niob, Molybdän, Wolfram und Tantal beim Übergang in Pulverkorngrößen von 5 bis 10 nm neue Materialeigenschaften.

Abbildung 1: Einschätzung des Marktpotenzials der Nanotechnik (NMTC, VDI Technologiezentrum GmbH).

Abbildung 2 (unten): Nanobox des FCI.



des Fonds der Chemischen Industrie, Frankfurt:

Inhalt:

- Schulfilm-DVD, 19 Min.
- Unterrichtsmaterial, 15 Folien,
- Nanopigmentfolie,
- Nano-beschichtetes Textil,
- 5 Pipetten,
- Begleitheft, 24 Seiten.

1. Auflage: September 2005
www.fonds.vci.de

Aber auch der Verlust makroskopischer Eigenschaften wurde beobachtet: so verliert das ferromagnetische Bariumtitanat, BaTiO_3 , das im Perowskit-Gitter (CaTiO_3) kristallisiert, in kubischen Nanopartikeln die magnetische Eigenschaft.

Sehr gravierend sind die Schmelzpunktniedrigungen in Nanopartikeln. Cadmiumsulfid zum Beispiel mit einem Literaturschmelzpunkt aus dem „Handbook“ von 1750°C bei 100 atm schmilzt als Nanopulver mit einem Durchschnittskorn von 2,4 nm bei 300°C ; die Thermische Stabilität wird allerdings auch geringer.

Auch der Schmelzpunkt von Gold sinkt unterhalb von Partikelgrößen von 100 nm von 1064°C bis auf 250°C bei 5 nm erheblich ab. Es landet damit im Bereich der Weichlote.

Zinn zeichnet sich durch einen relativ niedrigen Schmelzpunkt von 232°C aus. Ab 25 nm sinkt er deutlich ab, um mit 10 nm im siedenden Wasser von 100°C zu schmelzen (Abbildung 8).

Auch wurde eine verbesserte Löslichkeit von Fremdionen in Nanopulvern beobachtet und gemessen, beispielsweise von Wismut und Eisen in Kupfer. Sogar die Löslichkeit von Gasen in Metallen steigert sich mit abnehmender Korngröße: beispielsweise von Wasserstoff in Palladium.

Ist schon herkömmliches Platingruppenmetallpulver mitunter selbstentzündlich, unter bestimmten Bedingungen gar explosiv, wie vorsichtig ist dann erst mit diesen Pulvern im Nanobereich umzugehen?!

Mechanische Eigenschaften

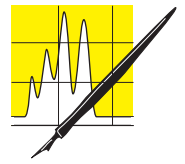
Nanomaterial zeichnet sich durch eine sehr hohe Dichte an Korngrenzen aus. 6 nm-Partikel beispielsweise weisen 50% Korngrenzen im cm^3 auf, wenn die durchschnittliche Korngrenze eine Dicke von 1 nm hat. Diese hohe Korngrenzenkonzentration behindert das Wandern von Versetzungen, was wiederum Voraussetzung für plastische Verformungen ist. Vickershärte und Zugfestigkeit vergrößern sich auf das Zwei- bis Fünffache im Nanomaterial.

Beim Titanoxid vermindert sich allerdings die Härte im Nanomaterial: ein 1300 nm- TiO_2 -Pulver besitzt eine höhere Härte als das 12 nm- TiO_2 -Pulver.

Die plastische Verformbarkeit erhöht sich beim Titanoxidpulver deutlich: ein Zylinder mit einem Nanopulverpressling verformt sich bei 600 bis 800°C von 3,5 auf 2,0 mm.

Katalytische Eigenschaften

Durch die hohe Oberfläche von Nanomaterialien ist auch eine höhere Selektivität bei Katalysen zu erwarten. Sie befinden sich in einer Zwischenstufe zwischen Reinmetallkatalysatoren und Homogenkatalysatoren, die molekulardispers in den Reaktionslösungen gelöst vorliegen.



AUFSÄTZE

Abbildung 3: Hohe spezifische Oberfläche bei kleinen Nanopartikeln.

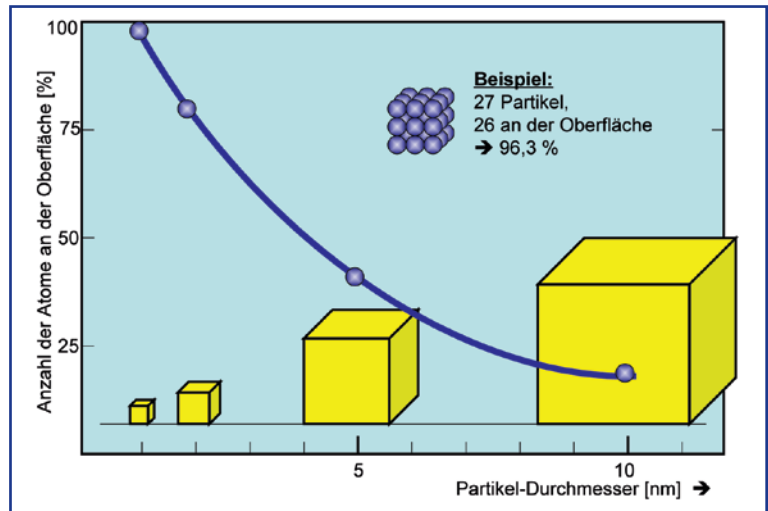


Abbildung 4: Statistische Verteilung der Dipole im Eisen-Nanopulver von der Größe der „Weiss’schen“ Bezirke, etwa 10 bis 100 nm³.

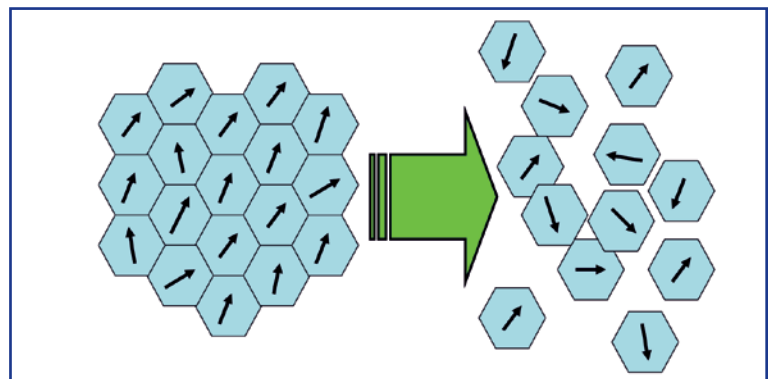
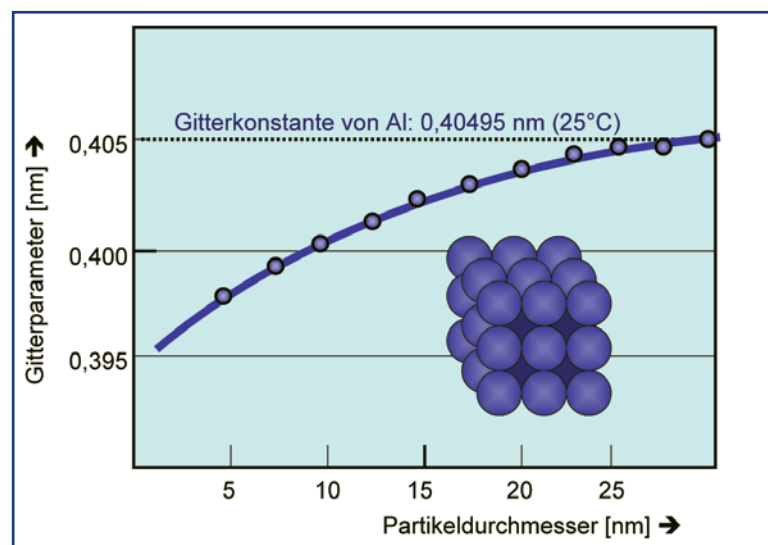


Abbildung 5: „Gitterkonstante“ von Aluminium als Funktion der Partikelgröße.



Lithium/Magnesiumoxid-Katalysatoren sind im Nanobereich mit 300°C schon ebenso aktiv, wie herkömmliche Pulver mit 500°C.

Auch die beschichteten Katalysatoren auf den Monolithen in den Fahrzeugen enthalten die Katalysa-

tormetalle Platin, Palladium und Rhodium als fein verteilte Nanopartikel in die Oberfläche („Washcoat“) fest eingebaut.

Ähnliches gilt für die mit Platin und Carbon Black (synthetischer Industrierauß) beschichteten Membrane in Brennstoffzellen, an denen der Wasserstoff sich unter Stromabgabe mit Sauerstoff diffusionsmäßig vereinen soll.

Abbildung 6: Verringerung der Gitterkonstanten im Nano-Partikel.

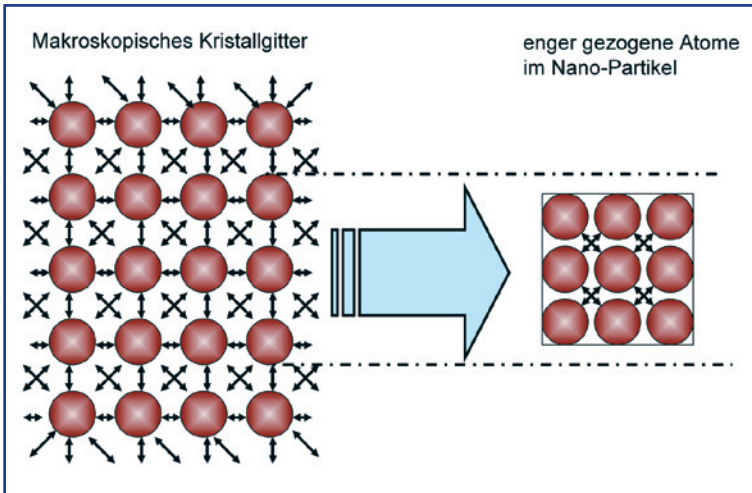


Abbildung 7: Übergang zur dichtesten Kugelpackung bei 5 bis 10 nm mit geringerer Gitterkonstante.

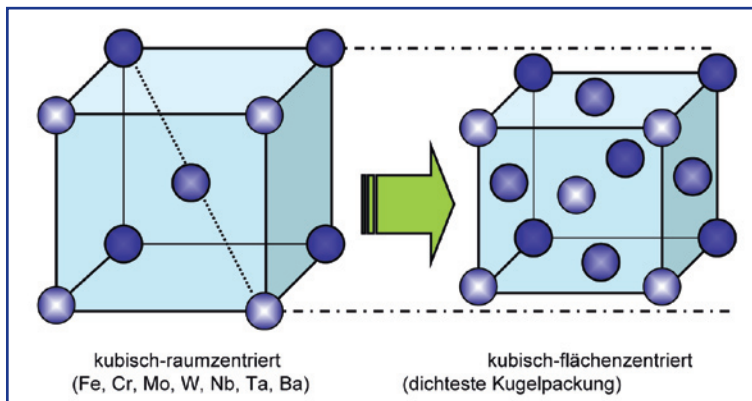
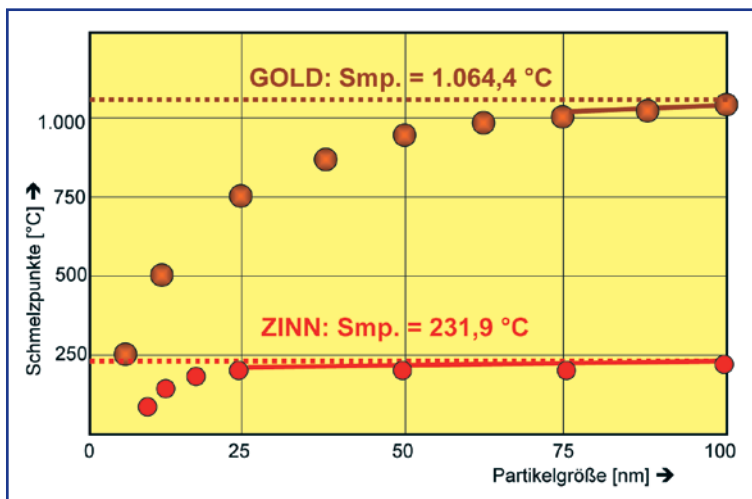


Abbildung 8: Verringerung der Schmelzpunkte von Nanopulvern.



Weitere Eigenschaften

Die Natur macht uns vor, wie selbstreinigende Oberflächen beschaffen sein müssen. Feine Wachsknoten im Nanobereich bewirken auf der Oberfläche von Blättern beispielsweise, dass sich kein Staub ansammeln kann (Abbildung 9). Er wird mit dem Regen restlos entfernt. Selbst Honig und UHU perlen von Blättern ab. Professor Barthlot fand diese selbstreinigende Eigenschaft von Blättern in seinem Bonner Botanischen Garten und nannte ihn „Lotus-Effekt“, weil er sich an den großen runden Lotosblättern erstmals zeigen ließ.

Hersteller von Fotoemulsionen wissen genau, wie sich die Silberverbindungen in feinkörnige Belichtungsprodukte verwandeln lassen, und auch die Edelmetallpräparatebetriebe hatten noch vor dem zweiten Weltkrieg über einhundert verschiedene Pulverrezepturen in ihren Sammlungen an Herstellvorschriften. Sie wurden kaum charakterisiert, reichten jedoch mit Sicherheit auch in den Nanobereich hinab.

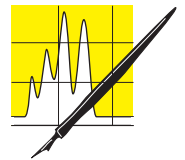
Mit den heutigen Analysemethoden haben die Silberpulver in der Nano-Konfektion eine Renaissance erfahren. Sie stecken in Windeln, Strümpfen, Achseln und Schuh- bzw. Einlegesohlen, um nur ein paar Beispiele aufzuführen.

Die keimtötende und desodorierende Wirkung des Silbers ist seit langem bekannt. Erst durch die definierte Metallverteilung im Nanobereich entfaltet die „Oligodynamische Wirkung“ (= keimtötende Wirkung mit kleinsten Mengen) des Silbers die hinreichende keimtötende und damit geruchsunterbindende Wirkung.

Biologen entdeckten auch die Nanomagnete in lebendem Material und klärten den Weg der Biomineralisation von Magnetit-Nanokristalliten auf. Sie dienen der Orientierung vieler Lebewesen, von den Zugvögeln bis hinab zu den Bakterien (Abbildung 10).

Die Literatur weist Berichte über die unterschiedlichsten Materialien auf: über Schichten, Membranen, Röhren und Nano-Bänder sowie strukturierte und selbstorganisierende Oberflächen. In die Praxis großtechnisch umgesetzt hat die BASF nanostrukturierte Gitterstrukturen, die große Mengen von Gasen, wie Wasserstoff und Methan absorbieren können. Die porösen Gitter bauen sich um sechsfach koordinierte Metallkomplexe mit Terephthalsäure-Doppelliganden orthogonal auf. In ihren Hohlräumen können mehr Gase eingelagert werden als in den herkömmlichen Zeolithen auf der Basis von Alumosilikaten.

Abbildung 11 zeigt vereinfacht die zweidimensionale Struktur der Zink-Terephthalsäure-Komplexe, die leicht und gut kristallin herzustellen sind (Abbildung 12).



AUFSÄTZE

Herstellverfahren

An Präparationsverfahren für nanoskalige Partikel stehen grundsätzlich vier Methodenbereiche zur Verfügung: die Gasphasen-Synthese, die Herstellung in Flüssigkeiten, das Verdüsen von Flüssigkeiten und das mechanische Zerkleinern.

Vielfach werden in der Nanowelt erstaunliche Selbstorganisationen beobachtet, die in Abhängigkeit von den Reaktionsparametern zu unterschiedlichen reproduzierbaren Formen führen.

Mahltechniken und Spray-Methoden erreichen den mittleren Nanobereich. Üblicherweise entstehen Pulver mit einem breiten Korngrößenspektrum. Bei Metallen besteht die Gefahr der Legierungsbildung und des Zusammensinterns. Der Energieaufwand ist relativ groß und Kontaminationen durch die Mahlwerkzeuge sind kaum zu vermeiden.

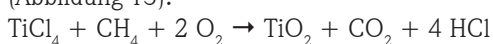
Bis in die kleinsten Bereiche vermögen die Gasphasen-Methoden und die Fällungen aus Lösungen vorzudringen.

Gasphasen-Methoden

Neben den lange bestehenden Sputtertechniken, bei denen Metall im hohen Spannungsfeld abgetragen und auf Substrate im Vakuum aufgedampft werden, sind es vor allem die Flammenreaktoren, die mit ihren Thermoreaktionen in verdünnten Gasströmen Nanopartikel erzeugen.

Schon die rußende Flamme, die aus einem organischen schmelzbarem Material, dem Kerzenwachs, die schwarzen Rußpartikel im Nanometerbereich erzeugt, gewährt einen Eindruck von den mannigfachen Verfahrensvariationen, mit denen man in Flammen Synthesen kultivieren kann.

Im Jahre 2001 wurden mit Flammenreaktoren 8 Mio. t Carbon Black (Syntheseruß), 2 Mio. t Titanoxid, 0,6 Mio. t Zinkoxid und 0,2 Mio. t amorphe synthetische Kieselsäure sowie etwa 50 000 t an Nickel- und Eisennanopulvern aus Metallcarbonylen erzeugt [1]. Ausgangsmaterialien bei diesen Oxiden sind in der Regel die Chloride, Methan und Luft-Sauerstoff, der gleich 79% Inertgas mitliefert. Als Brutto-Reaktion lässt sich der chemische Ablauf am Beispiel der Titandioxidbildung in folgender Weise darstellen (Abbildung 13):



Statt des Methans können auch andere Brennstoffe, wie Erdgas oder Wasserstoff verwendet werden, um unterschiedliche Reaktionstemperaturen zu erreichen.

Die Chloride haben den Vorteil, dass sie leicht herzustellen sind. Titan-tetrachlorid schmilzt bei -25°C

Abbildung 9: Die Wachscheidungen an der Oberfläche eines Blattes verleihen ihm den selbstreinigenden „Lotus-Effekt“.

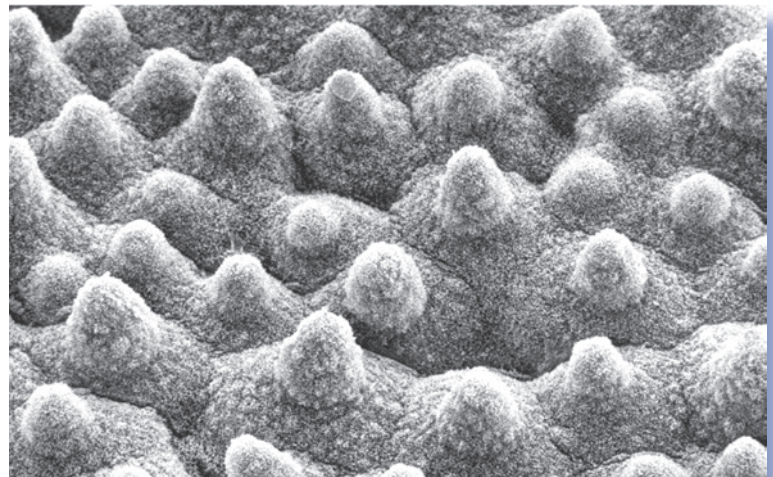


Abbildung 10: Bandartig aufgereichte Magnetit-Nanokristalle in Mikroorganismen, zum Beispiel in magnetotaktischen Bakterien.

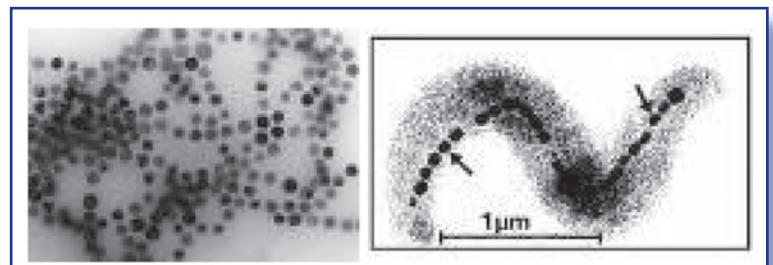
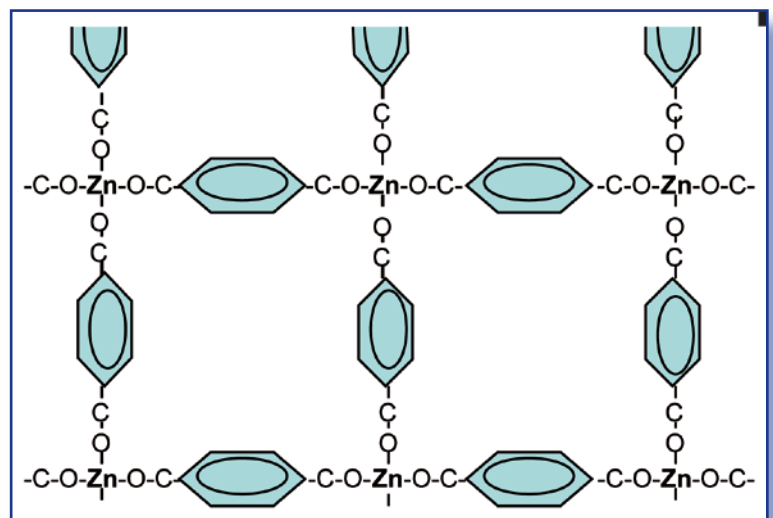


Abbildung 11: Kubisches Gitter des Zink-Terephthalato-Komplexes (vereinfacht).



und siedet bei 136,4°C. Die analogen Schmelz- und Siedepunkte für $ZnCl_2$ und $SiCl_4$ sind 283 und 732°C sowie -70 und 57,6°C.

Eisenmetalle, die sich leicht in die Carbonyle überführen lassen, werden als solche für die Nanopulverherstellung eingesetzt. Nickeltetracarbonyl schmilzt bei -25°C und siedet bei 43°C. Die entsprechenden Parameter vom Eisenpentacarbonyl liegen bei -21 und 103°C. Kobalttetracarbonyl schmilzt und zersetzt sich bei 51°C.

Weitere Synthesewege der Nanopulverherstellung gehen von Organometallverbindungen aus, die als Lösung in die Flamme gesprüht werden. Der Vorteil der Gasphasenreaktionen liegt in dem direkten Erhalt des Produktpulvers, ohne Trennung, Reinigung und Trocknung. Abwasser fällt nicht an und das Scale-up aus der Technikumsanlage in den Betriebsmaßstab ist unproblematisch. Allerdings bedingen die hohen Gasvolumenströme umfangreiche Zyclone und Filteranlagen sowie einen hohen apparativen Aufwand.

Nanopartikel aus Lösungen

Nanopartikel lassen sich aus wässrigen wie auch aus nicht-wässrigen Lösungen ausfällen. Dabei kann es sich um Reduktionen in kalten viskosen Lösungen handeln, bei denen die Reaktionspartner in niedrigen Konzentrationen in Wasser vorliegen. Hydrolysen eignen sich naturgemäß besonders gut in wässrigen Medien (Abbildung 14).

Der Nachteil liegt in einer niedrigen thermischen Stabilität des Nanomaterials sowie in der Nachbehandlung. Beim Trocknen kann sich das Pulver aggregieren, agglomerieren, Phasenumwandlungen erleiden oder auch chemisch verändern.

Auf Katalysatorträger von hoher Porosität und Oberfläche, wie es beispielsweise bei der „Washcoat“ von Autoabgaskatalysatoren der Fall ist, kristallisieren die Platingruppenmetalle Platin, Palladium und Rhodium in einer hohen Verteilung nach dem Tränken und einer anschließenden thermischen Zersetzung oder Reduktion mit einem Wasserstoff/Stickstoff-Gemisch.

Galvanische Schichten werden, stromunterstützt, katalytisch oder stromlos, in hauchdünnen Oberflächen aus wässrigen Lösungen auf die verschiedensten Substrate porenfrei aufgetragen.

Eine breite Palette an Möglichkeiten, Nanopulver zu synthetisieren, bieten die Reaktionen in organischen Lösungsmitteln (Abbildung 15). Auch hier bieten sich viskose Lösungen von Glykolen an. Sie können inert

Abbildung 13: Synthese-Variationen der Nano-TiO₂-Herstellung im Flammenreaktor.

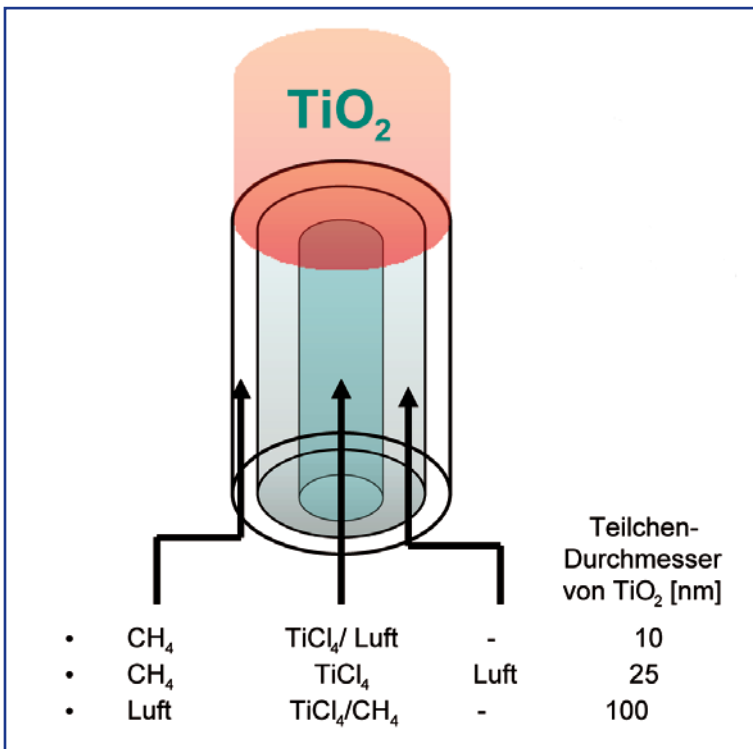


Abbildung 14: Nanometall- und -Legierungspulver aus wässrigen Lösungen.

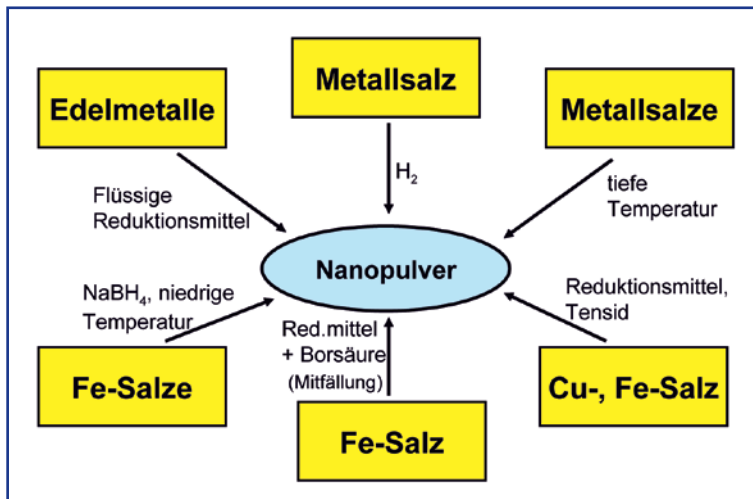
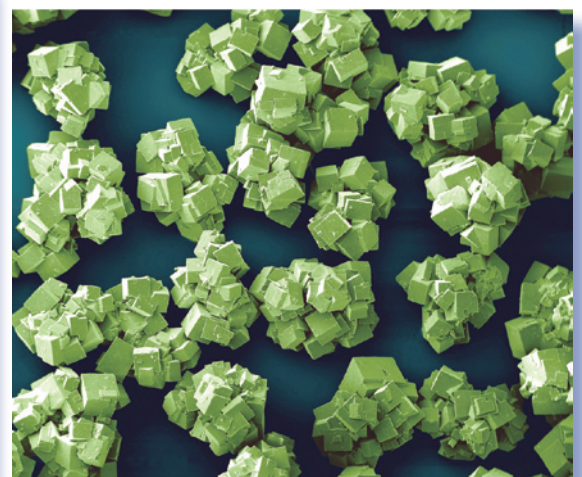


Abbildung 12: Kristalle des Zink-Terephthalato-Komplexes mit Nanoporen zum Einlagern von Wasserstoff und Erdgas.



als reines Lösungsmittel fungieren oder aber auch als Reduktionsmittel, wie beispielsweise Glycerin und seine Derivate.

Gekühlte Lösungen mit leicht verdampfbaren Medien erleichtern allerdings die Isolierung der Nanopulver und das Lösemittel-Recycling.

Ausblick

„What´s next for International Nanomarkets“ lautet das Kongressmotto für das beispielsweise im November 2007 stattfindende 4. Nanotechnikforum Hessen. Im Mittelpunkt stehen auch wieder intelligente energiesparende Lösungen mit Nanomaterialien, Nanostrukturen und Nanobeschichtungen, Reflexionen aus der Wirtschaft sowie die aktuellen Perspektiven für internationale Märkte.

Gemeinsam mit der Fachkonferenz und dem Netzwerktreffen für Entscheider aus Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft werden auch zwei Fachmessen auf dem Frankfurter Messegelände veranstaltet [3]:

- NanoSolutions – Europäische Leitmesse für das Nano-Business und
- Material Vision – Internationale Konferenz und Fachmesse mit Nanomaterialien für Produktentwicklung, Design und Architektur.

Da die Nanomaterial-Wissenschaften eine interdisziplinäre Zusammenarbeit erfordern wie in kaum einem anderen Gebiet, sind auch internationale Netzwerke zwingend notwendig. Abbildung 16 zeigt nur einige der Hauptfachrichtungen, in denen Nanomaterialien eine immer höhere Bedeutung gewinnen.

Fast alle wissenschaftlichen Zeitschriften widmen sich auch den Nanomaterialien in unzähligen Artikeln. Eines der literarischen Sprachrohre, die sich ausschließlich mit den Nanostoffen beschäftigen, ist die Monatszeitschrift „small“ [4].

Parallel zu den sich überschlagenden Erfolgsmeldungen über immer wieder neue Anwendungen in der industriellen Technik und in der Medizin sowie äußerst positiven Marktprognosen, verstummen auch nicht die Stimmen, die vor einem bedenkenlosen und unkontrollierten Einsatz vieler Nanomaterialien warnen.

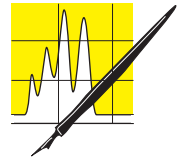
Untersuchungen wie das „NanoCare-Projekt“ [5] sollen mehr Licht in potenzielle gesundheitliche Gefahren bei der Tätigkeit mit winzigen Partikeln bringen. An weiteren Projekten, wie zum Beispiel „Nanosafe II“, „Nanoderm“ und „Tracer“ ist die chemische Industrie maßgeblich beteiligt.

Der Verband der Chemischen Industrie hat einen „Leitfaden für Tätigkeiten mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz“ erarbeitet [6], der allgemeine Regelungen zum Arbeitsschutz, Schutzmaßnahmen und Stand der Messtechnik behandelt.

CLB

Literatur:

- [1] Ullmann´s Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. 22, Wiley-VCH, Weinheim, 2003
- [2] West, A. R., „Grundlagen der Festkörperchemie“, VCH, Weinheim, 1992
- [3] www.nanotech-material-week.de, www.nanosolutions-frankfurt.de, www.material-vision.messefrankfurt.de.
- [4] Horley, G. (Ed.), „small“ (NANO/ MIKRO), Wiley-VCH, Weinheim, www.small-journal.com.
- [5] „NanoCare“ untersucht als vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördertes Kooperationsprojekt von Unternehmen der chemischen Industrie und der Wissenschaft das Agglomerationsverhalten und die Stabilität der Agglomerate und verfügbare Messmethoden für nanoskalige Primärpartikel. Ferner sollen Methoden zur Bestimmung der „Staubungskennzahl“ weiterentwickelt werden.
- [6] VCI, Frankfurt: „Leitfaden für Tätigkeiten mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz“, 2007



AUFsätze

Abbildung 15: Nanometall- und -Legierungspulver aus organischen Lösungen.

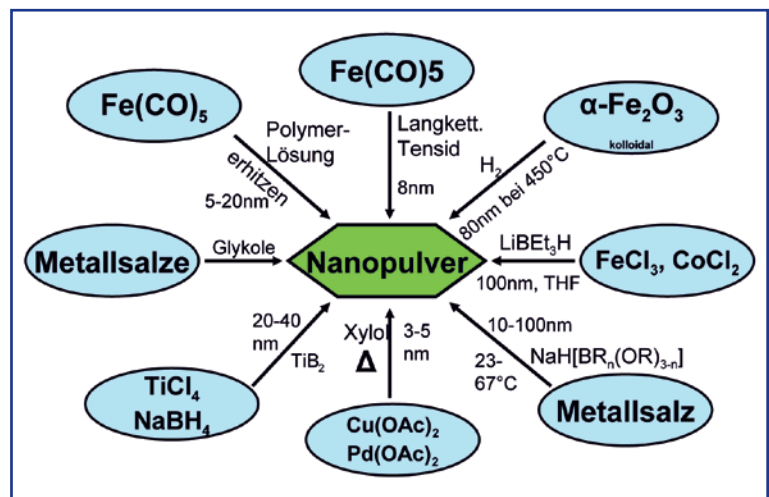
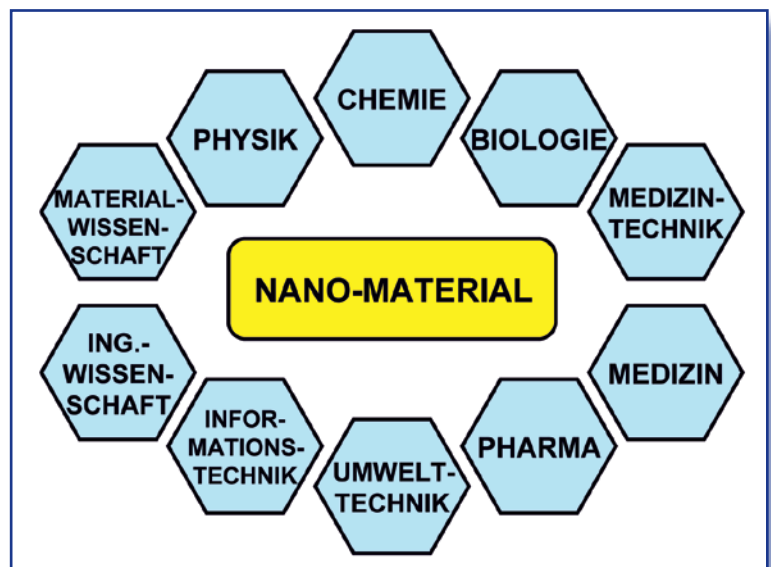


Abbildung 16: Interdisziplinäre Zusammenarbeit der Fachdisziplinen.



Können uns Nanopartikel gefährlich werden?

Mechthild Kässer, Diekholzen

Die Nanotechnik (nano, griech. Zwerg), seit Jahren als eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts ausgelobt, soll uns einen wahren Wachstumsschub und breit gestreute technische Fortschritte vor allem bei neuen Materialien, in der Informationstechnik, der Medizin und Pharmazie bringen. Jetzt mehren sich Stimmen über Risiken der Nanotechnik. In welchem Maße sind sie gerechtfertigt?

Die Begeisterung über die Möglichkeiten und Fortschritte auf fast allen Gebieten ist wahrlich ansteckend: Die unsichtbar winzigen Partikel des Nanometerbereichs (10^{-9} m; siehe Abb.1) sind etwa so groß wie Viren und ungeheuer vielseitig begabt. Sie machen Oberflächen schmutz- und nässeabweisend oder keimtötend, Verpackungen gas- und lichtdicht; sie hemmen in Textilien und Schuhen Schweißgeruch, wehren als Bestandteil von Sonnencremes das UV-Licht ab und lassen Auto-Innenspiegel bei Blendung dunkel werden; andere bereichern die Liste hochwirksamer Katalysatoren oder superharter oder sehr leichter Materialien. Und das ist erst der Anfang, die Zahl der Anwendungen wird in Zukunft exponentiell ansteigen.

Schon längst hat die Nanotechnik in Form von etwa 300 verschiedenen Produkten Einzug in unseren Alltag gehalten, auch wenn das für viele unbemerkt blieb, und ein Großteil der Bevölkerung gar nicht weiß, was er sich unter Nanomaterialien vorstellen soll.

Manche der nützlichen Eigenschaften neuartiger Nanoprodukte werden durch hauchdünne Schichten oder eine bestimmte, ultrafeine Strukturierung der Oberfläche erreicht (Lotuseffekt, elektronische und diagnostische Chips), andere durch Einlagerung

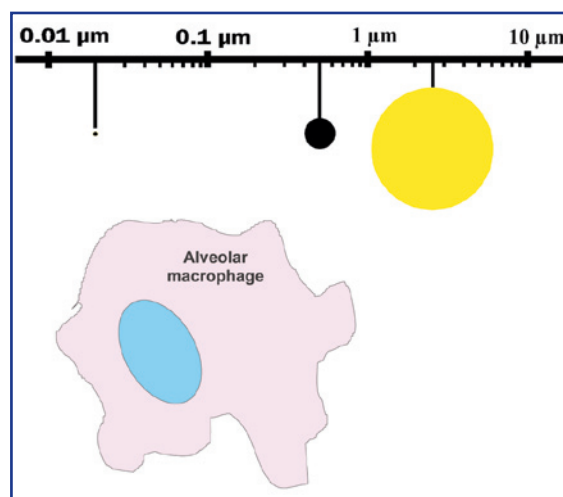


Abbildung 1: Größenvergleich von Teilchen mit einer Größe von 20 nm (= 0,02 µm), 500 nm und 2,5 µm sowie einem Alveolarmakrophagen (Abb. auf diesen Seiten: BIA)..

von Nanopartikeln in die Werkstoffe (keimtötende Silbernanoteilchen in Kunststoffen oder Textilfasern) oder in Suspensionen (TiO_2 in Kosmetika, Silikate in Salz und Ketchup).

Risiken

Sehr viel nüchterner als die hoch gestimmten Hersteller und Entwickler betrachten die großen Versicherungen die neue Technologie. Sie, die hauptberuflich Risiken beurteilen und kalkulierbar machen müssen, sind auf einen offenen Wissensaustausch mit allen Vertretern der Risikogemeinschaft angewiesen und haben daher bereits vor Jahren zu Länder übergreifender Zusammenarbeit zwischen Unternehmen, Forschungsinstituten und Gesetzgebern aufgerufen und erste vorsichtige Einschätzungen veröffentlicht.[1] Immerhin platzten in die anhaltende Nano-Euphorie Berichte über giftige Auswirkung von Nanopartikeln: Fullerene im Wasser zerstörten Gehirne von Fischen [2], nanoskaliger Kohlenstoff in Röhren- und Fußballform dringe in kultivierte Zellen ein und beeinträchtige dort die Gen-Tätigkeit [3], den Zellzyklus, den Stofftransport. Bei Ratten fanden sich eingeatmete Nanoteilchen im Hirn wieder, sie hatten die schüt-



Die Autorin:

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

zende Blut-Hirnschranke überwunden. Könnten da Carbon-Nanoröhrchen nicht ebenso schädlich sein wie Asbestfasern, denen sie ja in Form und Größe ähneln? Zweifel und Ängste kamen auf. 2003 forderte in Kanada die Umweltorganisation ETC sogar ein völliges Verbot jeder Nanoforschung für mindestens zwei Jahre mit der Begründung, nationale und internationale Kontrollinstanzen und die Gesetzgebung hinkten den wissenschaftlichen Entwicklungen hinterher. Möglichen Gefahren durch die neue Technik war zu lange keine Aufmerksamkeit geschenkt worden.

„In einem Forschungsgebiet mit 12 000 Literaturnachweisen pro Jahr stellen wir mit Erstaunen fest, dass bisher keine Modelle zur Risikoabschätzung von Nanomaterialien entwickelt und keine toxikologischen Studien über synthetische Nanomaterialien durchgeführt worden sind“, begründete 2001 Vicky L. Colvin, Professorin an der Rice Universität, Houston, den Start des dort angesiedelten Center for Biological and Environmental Nanotechnology CBEN (www.rice.edu/cben). [4]

Inzwischen sind sich alle beteiligten Interessengruppen einig, dass man gemeinsam die Gefahren der neuen Technik untersuchen und sogar offen legen muss. Alles sei zu tun, um Risiken möglichst gering zu halten. Schließlich ist die Sorge groß, dass Verbraucher – wie bei der Gentechnik erlebt – die Nanotechnik aus Unsicherheit und Furcht vor Gefährdung von Gesundheit und Umwelt ablehnen und boykottieren könnten.

Regulierung der Nanotechnologie

2004 gab eine Studie der Britain's Royal Society and Royal Academy of Engineering mit dem Titel „Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties“ [5] einen starken Anstoß zur Aufstellung von Sicherheitsregeln im Umgang mit Nanomaterialien innerhalb und außerhalb der Laboratorien. Man forderte toxikologische Untersuchungen und die Einrichtung von Datenbanken, in denen das Verhalten der Nanoteilchen selbst und der fertigen Produkte in Zellen, Luft, Wasser und Erde gesammelt werden sollte, sowie eine Kennzeichnung.

Denn Nanoteilchen sind etwas umwälzend Neues. Während bei der heute allgemein verbreiteten Miniaturisierung – etwa von Rechnern und Telefonen – die Eigenschaften der Geräte im Wesentlichen erhalten bleiben, sind Stoffe, die auf die Größe von 1-100 nm zerkleinert werden, kaum wieder zu erkennen. Ihr Verhalten ändert sich sprunghaft, äußerst interessante und nützliche Eigenschaften tauchen auf. Die klassischen physikalischen Gesetze gelten im Bereich von 10^9 Metern nicht mehr, sie werden abgelöst von den Gesetzen der Quantenphysik. Verblüffende Folge: unlösliche Stoffe werden löslich, elektrische Isolatoren leiten den Strom, andere ändern ihre Farbe oder werden durchsichtig

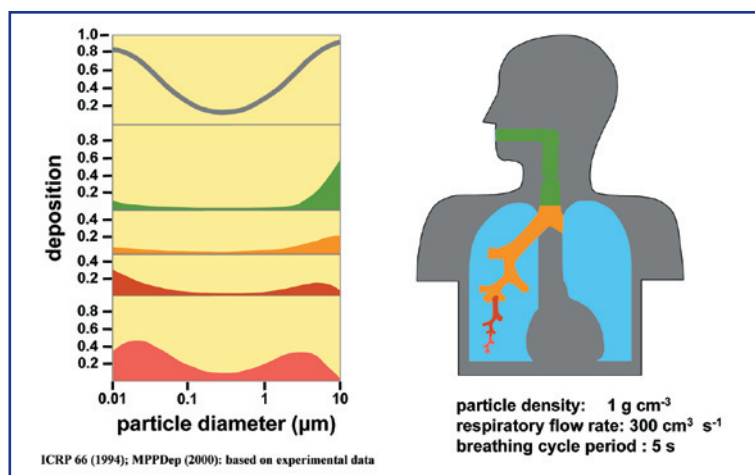
wie TiO_2 in der Sonnencreme. Selbst inerte Materialien wie Gold werden in Form von feinstem Staub reaktionsfreudig, da ihr Anteil an reaktiven Oberflächenatomen pro Masse riesig ist. Für Katalysatoren ist genau dies erwünscht. Im menschlichen Körper aber können Nanopartikel die gefürchteten Radikale verursachen, die alle Gewebe angreifen.

Sind Nanopartikel neu? Jeder kennt natürliche Vertreter z. B. winzige Salzkristalle in der Meeresluft, die so gesund für die Atemwege sind, oder die ultrafein verteilte Sahne in Milch oder Rauch von Zigaretten oder Holzfeuern. Die einen lösen sich in Körperflüssigkeiten oder schmelzen und werden verdaut, Rauchteilchen klumpen leicht zusammen und verlieren so die Eigenschaften von Nanopartikeln. Anders die künstlich hergestellten: Sie werden bewusst derart zubereitet, dass sie nicht durch Zusammenklumpen ihre Wirkung einbüßen.

Damit erhalten diese feinsten Stäube eine fast uneingeschränkte Beweglichkeit. Sie sinken nicht zu Boden, sondern reisen fast schwerelos mit dem Wind um den Globus, in Wasser verteilen sie sich, passieren ungebremst die Bodenschichten bis ins Grundwasser und sind von keinem Filter aufzuhalten. Niemand weiß, wie sie auf Bodenorganismen wirken. Wenn sie nicht fest in eine Matrix eingebaut sind, haben sie zum menschlichen Körper uneingeschränkten Zugang: Über die Atemwege können sie bis tief in die Lungenbläschen und weiter ins



Abbildung 2: Partikeldeposition bei gesunden Personen. Die Depositionsdaten basieren vor allem auf der Zusammenstellung der International Commission on Radiological Protection (ICRP). Die obere Kurve stellt die Gesamtdepositionswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit vom Teilchendurchmesser dar. Die Abscheidewahrscheinlichkeit im gesamten Atemtrakt ist bei großen Teilchen und bei ultrafeinen Teilchen hoch und hat ein Minimum bei etwa 0,5 Mikrometer. Die weiteren Kurven geben die Verhältnisse in den verschiedenen Regionen wieder: In den oberen Atemwegen scheiden sich vor allem die großen Teilchen ab. Dies gilt im Wesentlichen auch noch für die Region der großen Bronchien. Im Bereich der kleinen Bronchiolen und vor allem der Alveolen haben insbesondere die ultrafeinen Partikel eine recht hohe Abscheidewahrscheinlichkeit.



Blut vordringen und von da in Blutzellen und alle Gewebe wandern (Abbildung 2). Sie erreichen von der Nasenschleimhaut aus gar das Riechzentrum im Hirn, und überwinden auch andere Barrieren wie Haut und Darmwand, oft ohne von der Immunabwehr bemerkt zu werden. Wie der menschliche Organismus auf diese Invasion reagiert, weiß noch niemand abzuschätzen.

Die technisch hergestellten Nanoteilchen sind völlig neue Materialien. Bei der toxikologischen Beurteilung wird man ihnen nicht gerecht, wenn man – wie bisher – bestehende Richtlinien zum sicheren Umgang mit einer Chemikalie (REACH-Verordnung) und deren Grenzwerte unbesehen auf kleinste Teilchen des gleichen Materials ausweitet, denn REACH liegt der chemische Aufbau, nicht aber die Größe zugrunde. Schon bei Asbest zeigte sich: Der Werkstoff an sich ist harmlos, gefährlich und krebserregend sind nur die winzigen Asbestfasern, die mit der Atemluft in die Lunge gelangen. Auch mit C-Nanoröhrchen oder anders geformten C-Nanopartikeln verhält es sich ähnlich. Ihre Giftigkeit ist nicht unbedingt identisch mit der von Graphit, der typischen, unschädlichen Form des Kohlenstoffs.

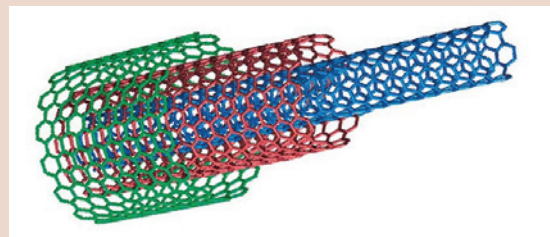
Um zu einer gesonderten toxikologischen Beurteilung von Nanoteilchen zu kommen, wurden zahlreiche Projekte von Einzelstaaten und EU wie Nanosafe, Nanorisk, Nanoderm, Nanotox oder INOS

gestartet, die zur Zeit alle Sorten von Nanopartikeln testen, sie definieren, die Untersuchungsmethoden normen und die Ergebnisse in Datenbanken zusammentragen. Der Arbeitsaufwand ist gewaltig. Schon die Entscheidung, wie man die Teilchenzwerge auf ihre Giftigkeit prüfen soll, stößt auf Probleme. Soll man Ein-Nanometer-Teilchen, Zehn-Nanometer- oder 50-Nanometer-Teilchen untersuchen? Oder alle drei? Außerdem ist zu unterscheiden, in welcher Form sie vorliegen, frei, beschichtet oder eingebettet in einer Matrix? Auch ihre Veränderungen im Lauf ihres „Lebens“ wären zu berücksichtigen. Auf der „NanoRegulation“-Konferenz in St. Gallen im Sommer 2006 kam der Eindruck auf, dass die Nanotoxikologie erst ganz am Anfang steht. Oder wie Qasim Chaudhry von der Universität York, GB es ausdrückte: „Wir wissen eigentlich nichts und können derzeit nur eine ganz grobe Risikobewertung vornehmen.“

Zu ähnlicher Einschätzung kommt eine Studie der Versicherung SwissReinsurance Company [1]. Sie klingt sehr besorgt. Die Nanotechnik sei eine risikotechnisch revolutionäre Entwicklung, man könne weder auf toxikologische Studien noch auf Langzeiterfahrungen zurückgreifen – Fördergelder fließen leider fast vollständig in Entwicklung und Patente. „Das Ausmaß der möglichen Schäden kann falsch oder gar nicht eingeschätzt werden.“ Serien- und

Nanoröhrchen: Nutzen und Gefahren eines neuen Wirtschaftsgutes

Erst im Jahre 1991 entdeckte eine japanische Forschergruppe, dass sich Kohlenstoffatome zu winzigen Röhrchen formen können, deren Wände nur eine Atomlage dick sind. Seitdem sind diese Nanoröhren zu einem der wichtigsten Forschungsobjekte der Nanotechnik geworden – und werden nun zu Wirtschaftsgütern. Bayer betreibt eine Pilotanlage für Carbon-Nanoröhren mit einer Jahreskapazität von 30 Tonnen (Abbildung unten: Bayer Material Sciences). Eine Jahresproduktion von 3000 Tonnen steht in Aussicht. Die „Baytubes“ sind – bei einem Viertel des Gewichts – fünfmal stabiler als Stahl. Damit eignen sie sich sehr gut als Verstärkungsmaterial für Kunststoffe. Inzwischen sind Skistöcke, Eishockey-, Baseball- und Tennisschläger mit den Carbon-Nanotubes (CNT) auf dem Markt zu haben. Beispielsweise Sportler der Nordischen Ski-WM 2007 in Sapporo verwendeten solches Material. Auf einem Workshop des Schweizer Nanoscience Institut (SNI) im Februar in Basel warnte man jedoch vor Risiken der Nanoröhren. Dr. Peter Wick von der Empa in St. Gallen untersucht mit seiner Forschungsgruppe die Toxizität von CNTs an Zellkultursystemen. Die Wissenschaftler stellten dabei fest, dass CNTs von den Zellen aufgenommen und nicht abgebaut werden. CNTs in den Zellen verursachen vermutlich oxidativen Stress und wirken somit toxisch. Unterschiedliche Testsysteme mit verschiedenen CNTs wiesen dabei verschiedene Aufnahmezeiten und damit auch unterschiedliche Zytotoxizität auf. Wick betonte, dass es nun wichtig sei, die Mechanismen dieser Auswirkungen genau zu studieren. Prof. Laszlo Forro von der EPF Lausanne untersuchte in Zusammenarbeit mit Prof. Schwaller (Histologisches Institut Fribourg) und Dr. Pasquier (Cytopath Labor in Genf) die Toxizität von CNTs. In seinen Studien starben durch Zugabe von gereinigten CNTs etwa 50 Prozent der Zellen innerhalb des Untersuchungszeitraums von vier Tagen (Konzentration 0,2mg/ml). Zwischen verschiedenen Nanoröhrchen gab es dabei aber große Unterschiede: Vielwandige Nanoröhrchen waren weniger toxisch als solche mit einer Wand. Durch Oxidation der Oberfläche erhöhte sich die Giftigkeit. Jedoch: Nicht nur Neuentwicklungen bergen Gefahren. Besonders toxisch wirkte „Carbon Black“ – winzige Russteilchen, die schon seit vielen Jahren Autoreifen beigemischt werden, um diese abriebfest und gut haftend zu machen... RK



Kumulschäden seien wahrscheinlich. Gesundheitliche Schäden würden höchstwahrscheinlich nicht von akuter, sondern von chronischer Natur sein und sich erst – wie bei Asbest – mit jahrelanger Verzögerung zeigen.

Aber es gibt auch zuversichtliche Stimmen. Nanotechnologen um Andrew D. Maynard [6] sind überzeugt, dass durch eine Reihe von Maßnahmen eine verantwortliche Nanotechnik möglich ist. Sie fordern in weltweiter Zusammenarbeit:

1. Instrumente zur Registrierung von künstlichen Nanopartikeln in Wasser und Luft sowie intelligente Sensoren, die mögliche Gefahren anzeigen,

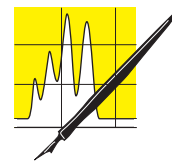
2. Klärung, ob die Faserform von Teilchen an sich schon ein Gesundheitsrisiko darstellt, Protokollierung von Hochdurchsatz-Tests auf Toxizität und Alternativen für in-vivo-Toxizitätstests

3. Modelle zur Vorhersage, wie sich künstliche Nanomaterialien in Mensch und Umwelt verhalten, Herstellungsmethoden für schon vom Entwurf her sichere Nanomaterialien

4. Abschätzung ihrer Einflüsse „von der Wiege bis zur Bahre“,

5. strategische Forschungsprogramme.

Dank technischer Möglichkeiten wie noch nie und unserer globalen Forschungsinfrastruktur sollte es mit Hilfe dieser Maßnahmen nach Meinung der Autoren gelingen, dass wir uns auf eine in Zukunft sichere Nanotechnologie freuen können. **CLB**



AUFSÄTZE

Literatur:

- [1] [http://www.swissre.com/INTERNET/pwsfilpr.nsf/vwFile-byIDKEYLu/ULUR-5YNGCZ/\\$FILE/Publ04_Nanotech_de.pdf](http://www.swissre.com/INTERNET/pwsfilpr.nsf/vwFile-byIDKEYLu/ULUR-5YNGCZ/$FILE/Publ04_Nanotech_de.pdf)
- [2] E. Oberdörster "Manufactured Nanomaterials (Fullerenes, C60) Induce Oxidative Stress in the Brain of Juvenile Largemouth Bass" *Environmental Health Perspectives* 112 (2004) 1058-1062
- [3] Xiongce Zhao et al. "C60 Binds to and Deforms Nucleotides" *Biophysical Journal* 89:3856-3862 (2005)
- [4] „Responsible Nanotechnology: Looking Beyond the Good News“ in *EurekaAlert! Nanotechnology in context* Nov 2002. www.eurekaalert.org
- [5] <http://www.nanotec.org.uk/finalReport.htm>
- [6] A. D. Maynard et al. "Safe handling of nanotechnology" *Nature* 444 (2006) 267-269

**NEWS
ANALYTIK**

ONLINE-STELLENMARKT

Die Stellenbörse für Wissenschaftler und Techniker im Labor.

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

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

Nationale Ausscheidung des Grand Prix Chimique 2007 Knappe Entscheidung auf hohem Niveau

Sören Plag belegte den ersten Platz der nationalen Ausscheidung des Grand Prix Chimique, die vom 21. bis zum 23. Mai bei Provalids im Industriepark Höchst in Frankfurt ausgetragen wurde. Nach dem bei Procter & Gamble beschäftigten Sieger belegte Nina Lang, Sanofi-Aventis, den zweiten Platz, gefolgt von Steffen Amann aus Pforzheim. Alle drei – zur Zeit noch in Ausbildung – nehmen an der internationalen Ausscheidung vom 25. bis zum 30. August in Zagreb, Kroatien, teil.

„Es war knapp“ kommentierte Melanie Fleckenstein, Ausbilderin bei Provalids und Organisatorin dieser Ausscheidung, das Ergebnis. Insgesamt sei das Niveau der Arbeiten der 19 teilnehmenden Chemielaboranten – alle im Alter zwischen 18 und 23 Jahren – hoch gewesen. Kein Wunder: Allein bei Sanofi-Aventis befanden sich etwa 150 Laboranten in der Vorauswahl, von denen drei an der nationalen Ausscheidung teilnahmen.

Der Grand Prix Chimique wurde 1991 erstmals durchgeführt. Damals nahmen sieben Länder teil, in diesem Jahr werden es 13 sein. „Der Erfolg des Wettbewerbs gründet in seiner Idee“, meinte dazu Wolfgang Flad, Leiter des Instituts Dr. Flad in Stuttgart und Initiator des Wettbewerbs. „Statt Blitzpräparate herzustellen und circensische Kunststücke vorzuführen sollen die Teilnehmer zeigen, dass sie alltägliche Aufgaben überdurchschnittlich gut beherrschen. Daher ist der Wettbewerb geeignet für CTAs, Chemielaboranten und für Chemiestudenten in den Grundsemestern.“ Diese Teilnehmer-Zusammensetzung gebe gute Möglichkeiten zu einem Erfahrungsaustausch, der bei dem internationalen Treffen länderübergreifend fortgeführt werden könne. *RK*



Die drei Erstplatzierten (2.v.l.: Sören Plag, dann Nina Lang und Steffen Amann) trennten nur wenige Punkte, so Organisatorin Melanie Fleckenstein (links) mit Hinweis auf die detaillierten Checklisten (Abb. unten: Seite 1 von 3). Heimvorteil ;-). Provalids-Geschäftsführer Dr. Udo Lemke (2.v.r.) freute sich, dass zwei der Sieger durch sein Unternehmen geschult wurden. Wolfgang Flad (rechts), Initiator des Wettbewerbs, ist jetzt gespannt auf die internationale Endrunde in Zagreb (Foto: Kickuth).

Extraktion von Ferrocen mit UV/VIS-Quantifizierung		
Checkliste für Juroren		
Name des Teilnehmers	ggf. Eingriff durch Juror	
	1	ja
	0	nein
Aufbau der Soxhletapparatur	ja	nein
Aufbau von unten nach oben		
Wasserschläuche richtig angeschlossen		
Schiffte gefettet		
Apparatur stabil		
Apparatur senkrecht		
Siedeperlen zugefügt		
Dichtigkeit Wasserschläuche getestet		
Extraktionsverlauf	ja	nein
Einfüllen des Extraktionsmittels ohne Heizpilz		
Trichter benutzt		
Kühlwasser aufgedreht		
Erkennen der vollständigen Extraktion/Zeit eingehalten		
Extrakt erkalten lassen		
Apparatur nicht unbeaufsichtigt gelassen		
Isolierung Extrakt	ja	nein
Schiff fett vom Kolben mit Papier entfernt		
Trichter verwendet		
Kolben mit wenig Lösemittel nachgespült		
Trichter nachgespült		
exaktes Auffüllen auf die Messmarke		
Homogenisieren der Lösung		
Herstellung der verdünnten Probelösung	ja	nein
richtige Verdünnung		
Hinweis für Juror: 1:10, 25 mL VP ad 100 mL		
Pipette mit Lösung gespült		
Lösung über Messmarke aufziehen		
Pipette von außen abwischen		
Pipette genau auf Messmarke einstellen		
Flüssigkeit senkrecht ablaufen lassen		
Nachlaufzeit beachten		
exaktes Auffüllen auf die Messmarke		
Doppelbestimmung vorbereitet		



Links: Ganz locker präsentierten sich die Teilnehmer der nationalen Ausscheidung zu einem Gruppenfoto (Foto: RK). Die internationale Endrunde des alle zwei Jahre durchgeführten Grand Prix Chimique fand bislang erst einmal, bei der ersten Durchführung 1991, in Deutschland statt (oben). Damals hatte die Dame in der Mitte einen kleinen Heimvorteil: Die „Fladianerin“ Birgit Hösl erzielte den 1. Platz (Foto: Grand Prix Chimique).

Fest-Flüssig-Extraktion von Ferrocen mit anschließender fotometrischer Quantifizierung

Dies war die Analytik-Aufgabe der Bundesausscheidung des Grand Prix Chimique. Zuvor hatten die Teilnehmer bereits eine präparative Aufgabe bewältigt: Die Darstellung von 2-Chlorterephthalsäure mit anschließender Produktkontrolle. Bei der hier gezeigten Aufgabe waren noch angegeben: R+S-Sätze der Chemikalien, Tabelle β (Ferrocen) der Kalibrierlösungen sowie eine Skizze der Extraktionsapparatur.

Aufgabenstellung: Mittels Fest-Flüssig-Extraktion und anschließender fotometrischer Bestimmung soll die Masse an Ferrocen ermittelt werden.

Prinzip: Die Probe enthält ein Gemisch aus Seesand sowie die zu quantifizierende Substanz Ferrocen. Mit Hilfe einer Fest-Flüssig-Extraktion soll das Ferrocen aus der Probe extrahiert werden. Zur Quantifizierung werden Ferrocen-Kalibrierlösungen hergestellt und deren Extinktionen bestimmt. Die Abhängigkeit der Extinktion von der jeweiligen Konzentration an Ferrocen wird grafisch in einem Diagramm aufgetragen und mit Hilfe der „linearen Regression“ die Regressionsgerade berechnet und der Gehalt an Ferrocen in der Probe bestimmt.

Material: Analysenwaage, 250 mL- und 100 mL-Messkolben, Vollpipette, Bürette, Bürettentrichter, Soxhlet-Apparatur, Quarzglasküvetten, UV/Vis Zweistrahl-Spektrofotometer.

Chemikalien: Ferrocen; Essigsäureethylester; Probe (bestehend aus Ferrocen und Seesand).

Herstellung der Kalibrierlösungen: Ca. 1,25 g Ferrocen-Standardsubstanz werden genau mit Essigsäureethylester in einen 250 mL-Messkolben quantitativ überspült und auf die Messmarke aufgefüllt (Lösung 1). Aus der Lösung 1 werden mit Hilfe einer Bürette 5 equidistante Kalibrierlösungen (Volumen jeweils 100 mL) hergestellt, so dass sich die in der Tabelle 1 angegebenen Massenkonzentrationen ergeben. Alle 100 mL-Messkolben werden jeweils mit Essigsäureethylester bis zur Marke aufgefüllt.

Probenvorbereitung: Die mit Probe befüllte Extraktionshülse wird in den Soxhlet-Aufsatz gesetzt, welcher mit einem Intensivkühler versehen wird. In den 500 mL-Einhalsrundkolben werden 230 mL Essigsäureethylester eingefüllt. Mittels Heizkorb wird das

Extraktionsmittel zum Sieden erhitzt und das Ferrocen aus der Probe extrahiert, bis das aus dem Heberrohr ablaufende Extraktionsmittel keine Färbung mehr aufweist. Der erkaltete Extrakt wird quantitativ in einen 250 mL-Messkolben überspült mit Essigsäureethylester bis zur Messmarke aufgefüllt. Die Probe ist mit Hilfe einer Vollpipette so zu verdünnen, dass sich die Massenkonzentration der entstehenden Lösung im mittleren Bereich der Kalibrierreihe befindet (Doppelbestimmung). Es ist davon auszugehen, dass die Probe circa 1 g Ferrocen enthält!

Durchführung der spektroskopischen Messung: Von der Kalibrierlösung 5 ist zwischen 600 und 400 nm gegen eine geeignete Leerwertlösung (Blindlösung) mit Hilfe von Glasküvetten die Wellenlänge zu ermitteln, bei der die Extinktion ihren Maximalwert besitzt. Nach der Nullpunktkorrektur mit der Leerwertlösung ist von den Kalibrierlösungen und den Probelösungen die Extinktion zu bestimmen. Am Schluss wird nochmals die Leerwertlösung in die Probenküvette gefüllt. Die Extinktion sollte Null betragen (Abweichungen bis zu $\pm 0,003$ sind tolerierbar).

Berechnung: Die Abhängigkeit der Extinktion von der Konzentration an Ferrocen in den fünf Kalibrierlösungen ist auf Millimeterpapier zu zeichnen. Es ist auf einen linearen Verlauf der Kennlinie zu achten. Die Extinktionen der Probe werden in das Diagramm eingetragen und der Gehalt an Ferrocen in der verdünnten Probenlösung abgelesen. Alternativ kann mit Hilfe der linearen Regression (z. B. mit Hilfe eines leeren Excel-Arbeitsblattes) die Geradengleichung bestimmt und die Probe rechnerisch erfasst werden. Durch Einsetzen der Probenextinktion in die Geradengleichung wird der genaue Ferrocen-Gehalt in der Probenlösung direkt berechnet. Mit Hilfe des Verdünnungsfaktors wird der Gehalt an Ferrocen in der Gesamprobe berechnet.

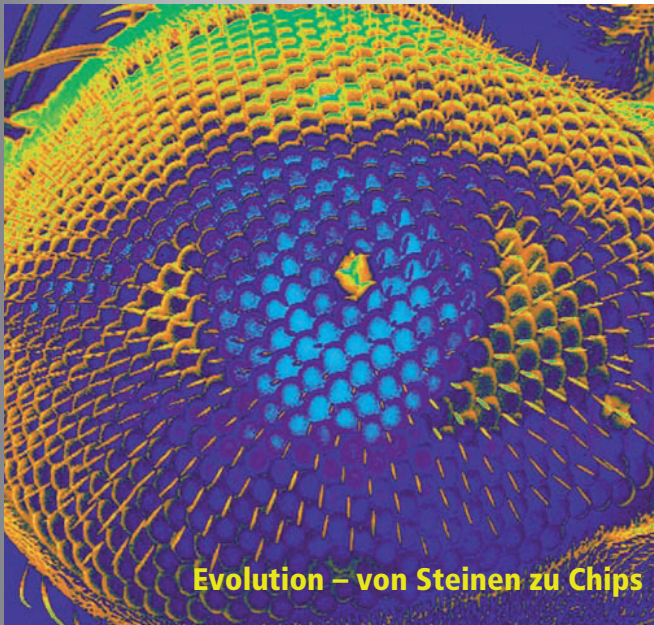
Auswertung: Bitte tragen Sie in das beiliegende Ergebnisblatt die gefundene Masse an Ferrocen in der Probe ein. Zusätzlich sind gesondert alle Berechnungen, evtl. Abweichungen von der Versuchsvorschrift sowie die Millimeterpapier- oder Excel-Auswertung abzugeben.

Junge Wissenschaft

D 2006 E
Ausgabe 76
22. Jahrgang • 01 / 2007

Young Researcher
The Journal of Science and Technology

Jugend forscht in Natur und Technik



Evolution – von Steinen zu Chips

Im Wissenschaftsteil: Sieben Beiträge junger Forscher

- Wie man einen Bücherscanner baut
- Pseudoprimezahlen sorgen für Sicherheit
- Ein Holzvergaser hilft beim Rasen mähen
- Ob der Aralsee austrocknet
- Entwicklung eines Refraktometers
- Ein Büchereiprogramm für Schulen
- Seifenblasen – mathematisch schön

FAX-Hotline:
06223-9707-41

Für 30 Euro pro Jahr (incl. 7 % MWSt., zzgl. Versandkosten) erhalten Sie als persönlicher Abonnent vierteljährlich die „Junge Wissenschaft“.

Dazu als Abogeschenk das CLB-Buch Alles Repetitio...



... das Buch gibt es natürlich auch bei einem Abo der CLB!

Abo-Bestellcoupon

- JA, ich möchte die „Junge Wissenschaft“ abonnieren. Ich erhalte als persönlicher Abonnent die Zeitschrift zunächst für ein Jahr (=4 Ausgaben) zum Preis von 30,00 Euro zzgl. Versandkosten (Inland: 4,80 Euro, Ausland: 8,20 Euro). Das Abonnement verlängert sich automatisch um ein weiteres Jahr, wenn es nicht bis acht Wochen vor Ende des Bezugsjahres gekündigt wird.

Datum / 1. Unterschrift

Name / Vorname

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

Straße / Postfach

Land / PLZ / Ort

Datum / 2. Unterschrift

Telefon oder e-Mail

Abo-Bestellcoupon

- JA, ich möchte die CLB abonnieren. Ich erhalte als persönlicher Abonnent die CLB zunächst für ein Jahr (=12 Ausgaben) zum Preis von 91,35 Euro zzgl. Versandkosten (Inland: 12,80 Euro, Ausland: 23,20 Euro). Das Abonnement verlängert sich automatisch um ein weiteres Jahr, wenn es nicht bis acht Wochen vor Ende des Bezugsjahres gekündigt wird.

Datum / 1. Unterschrift

Name / Vorname

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

Straße / Postfach

Land / PLZ / Ort

Datum / 2. Unterschrift

Telefon oder e-Mail

MTA-Preis 2007

Für Krebs-Analytik

Sandra Hoffarth aus Harxheim bei Mainz ist die Gewinnerin des Deutschen MTA-Preises 2007.

Sie analysierte die Wirkung des Tumorsuppressor-Gens pp32/PHAP1, ein menschliches Gen, das

das Wachstum von Krebsgeschwüren hemmen kann. Der Nachwuchs-Preis wurde für eine Arbeit über die Analytik von Nierengewebe an drei Kölner MTA-Schülerinnen vergeben. Die Verleihung fand im Rahmen des 14. Deutschen MTA-Kongresses Ende März in Kassel statt.

Der Kongress wird vom Deutschen Verband Technischer Assistentinnen/ Assistenten in der Medizin e. V. (dvta) ausgerichtet, der mit rund 20 000 Mitgliedern einer der größten Fachverbände im Gesundheitswesen ist.

Der Preis, der alle zwei Jahre für MTA und MTA-Schüler vergeben wird, ist eine Kooperation von der Eppendorf AG mit der Fachzeitschrift MTA Dialog. *BD*



Bei der Verleihung des MTA-Preises (v.l.): Gertraud Schmidt (Jury-Mitglied und Schulleiterin MTLA-Schule Lemgo), Sandra Hoffarth (Preisträgerin, Universitätsklinikum Mainz), Ralf Claußen (Werbeleiter Eppendorf AG; Foto: EP).

25 Jahre BTAs aus Köln

Im Schatten des Doms

Im Schatten der ehrwürdigen Domtürme werden am Berufskolleg BK Kartäuserwall in Köln seit 25 Jahren Biologisch-technische Assistenten und Assistentinnen (BTA) ausgebildet. Das will man im September feiern.

Bis heute haben sich über 750 junge Menschen, überwiegend junge Frauen, am Kartäuserwall in die faszinierende Welt zwischen Mikroskop und Lightcycler eingearbeitet. Es war für die meisten sicher spannend, zuweilen stressig, und bot vor allem eine verlässliche berufliche Perspektive, sei es als BTA oder als Student/in in den Life Sciences. Die Schüler/Innen kamen vor allem aus dem Kölner

Raum, aber auch aus Flensburg oder Ochsenfurt. Jetzt arbeiten sie in Instituten, Universitäten und Betrieben von Aachen bis Berlin und Boston und von Kiel bis Penzberg.

Am 15. September 2007 gibt es ein Ehemaligentreffen. Alle, die am BK die BTA-Weihen erworben haben, sind herzlich eingeladen, auf dem Schulgelände mit zu feiern, auch als Mutter/Vater oder vielleicht sogar Opa/Oma mit ihren Kindern oder Enkeln. Damit auch alle Absolventen davon erfahren, möchten wir die Leserin/den Leser dieser Zeilen bitten, die Information weiterzutragen. Details zum Fest stehen auf www.bk-kartaewerwall.de. *Dr. K. Fuisting*

Krebs:

Mechanismen und Möglichkeiten

- Eine Forschergruppe am Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ) in Heidelberg hat **Substanzen aus chinesischen Heilkräutern** identifiziert, mit denen die häufig auftretende Chemo-Resistenz von Krebszellen überwunden werden kann. Die Moleküle Wogonin und Rocaglamid konnten im Mausversuch bösartige Tumoren zum Schrumpfen bringen. Gesunde Zellen wurden nicht oder nur geringfügig geschädigt.

- Wissenschaftler vom Biozentrum der Uni Würzburg haben **ein Gen identifiziert, dessen Mutationen zu verschiedenen Krebserkrankungen führen**. Sind seine beiden Kopien defekt, besteht bereits ab dem frühen Kindesalter ein stark erhöhtes Risiko für Hirn- und Nierentumoren sowie für Leukämien. Das neue PALB2-Gen arbeitet eng mit dem bereits bekannten Brustkrebsgen BRCA2 bei der Korrektur von DNA-Schäden zusammen.

- Wenn das menschliche T-Zell- Leukämievirus Typ 1, weiße Blutzellen zu permanentem Wachstum anregt, kommt es auch zur vermehrten Synthese bestimmter **microRNAs**, wie von einer Arbeitsgruppe am Institut für Klinische und Molekulare Virologie der Universität Erlangen-Nürnberg nachgewiesen wurde. Nun untersucht die Gruppe, warum in den durch Leukämieviren infizierten Zellen die Synthese bestimmter onkogener microRNAs stimuliert ist, und welche Rolle sie bei der Leukämie-Entstehung spielen.

- Forscher der Universität zu Köln und der Mouse Biology Unit des Europäischen Laboratoriums für Molekularbiologie (EMBL) in Monterotondo (Italien) konnten zeigen, dass **ein bestimmter Signalweg in Zellen vor einer Leberkrebsentwicklung schützt**. Blockiert man diesen Signalweg in der Leber von Mäusen, so erkranken sie an chronischer Hepatitis und Lebertumoren.

- Wissenschaftler des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf haben in über 20 Prozent der von ihnen untersuchten **Brustkrebs-Fälle eine Amplifikation des Gens ESR1** vorgefunden. ESR1 codiert einen Östrogen-Rezeptor. Die übermäßige Bildung dieses Rezeptors ist eine der wichtigen Ursachen für die Entstehung von Brustkrebs. Die ESR1-Amplifikation scheint eine der frühesten Genveränderungen bei Brustkrebs zu sein, da sie sogar in noch gutartigen Veränderungen des Brustgewebes nachgewiesen werden konnte. Genetiker vom DKFZ in Heidelberg haben zusammen mit amerikanischen Kollegen ein anderes Gen namens **DMBT1 auf Chromosom 7 identifiziert, das als Brustkrebs-Risiko-modifizierendes Gen** eingestuft wird. Offensichtlich steht ein niedriger DMBT1-Spiegel bereits vor Ausbruch der Erkrankung mit einem erhöhten Brustkrebsrisiko in Zusammenhang. In welcher Weise DMBT1 der Krebsentstehung entgegenwirkt und wie es bei manchen Menschen zu niedrigen DMBT1-Spiegeln kommt, ist noch nicht bekannt.

Biotechnologie: Herausragende Bedeutung für Europas Wirtschaft Mindestens für zwei Jahrzehnte

Die Biotechnologie wird in hohem Maße gefördert. Das BMBF gibt 60 Millionen Euro, die Industrie möglicherweise 90 Millionen, die Helmholtz-Gemeinschaft 24 Millionen; alle setzen auf Vernetzung und Cluster. Grund des Geldsegers: Experten halten sie für einen wichtigen Motor der europäischen Wirtschaft in den kommenden Jahrzehnten.

Der Parlamentarische Staatssekretär im deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) Thomas Rachel und der Staatssekretär im Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Dr. Joachim Wuermeling, eröffneten am 30. Mai die Konferenz „Auf dem Weg zur wissensbasierten Bio-Ökonomie“ in Köln gemeinsam im Rahmen der deutschen EU-Ratspräsidentschaft. Auf der Veranstaltung präsentierten internationale Experten die „Kölner Erklärung“ („Cologne Paper“) zur Zukunft der Biowissenschaften. Darin wird der Biotechnik im Verlauf der kommenden zwei Jahrzehnte eine herausragende Bedeutung für die europäische Wirtschaft zugesprochen. 51 unabhängige Vertreter aus Wissenschaft und Wirtschaft haben dafür einen Blick in die Zukunft geworfen, Perspektiven einer wissensbasierten „Bio-Ökonomie“ im Jahre 2030 diskutiert und Handlungsempfehlungen gegeben.

60 Millionen Euro vom BMBF, 90 Millionen von der Industrie

Im Rahmen der Konferenz stellte Rachel die Sieger des BMBF-Wettbewerbs zur Weißen Biotechnologie vor. Die neu gestartete BMBF-Cluster-Initiative „BioIndustrie 2021“ soll weitere erhebliche Investitionen – insbesondere von Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft – für die Forschung und Entwicklung in der Weißen Biotechnologie mobilisieren (siehe

auch „Cluster“ in CLB 12-2006, Seiten 476 ff). Im Rahmen des Wettbewerbs werden Netzwerke aus Forschungseinrichtungen und Unternehmen gebildet, die in der Lage sind, Ideen aus Hochschulen und Forschungsinstituten schnell als Produkte auf den Markt zu bringen. Hierfür stehen bis zu 60 Millionen Euro Projektfördermittel zur Verfügung – gemeinsam mit dem Beitrag aus der Industrie soll das Gesamtvolumen der Projekte rund 150 Millionen Euro betragen.

Als Sieger des Cluster-Wettbewerbs „BioIndustrie 2021“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung wurden von der Jury folgende Cluster aus ursprünglich 19 Ideenskizzen ausgewählt: Je 20 Millionen Euro gehen an: „Biokatalyse 2021 – Nachhaltige Biokatalyse auf neuen Wegen“ sowie an „CLIB 2021: Cluster Industrielle Biotechnologie“; 10 Millionen Euro gehen an: „Biopolymere/Biowerkstoffe; je 5 Millionen Euro gehen an: „Industrielle Prozesse mit biogenen Building Blocks und Performance Proteinen (IBP)“ sowie an „Integrierte BioIndustrie: Umsetzungskonzept für den Aufbau eines Clusters der industriellen Biotechnologie“.

Das Cluster „Nachhaltige Biokatalyse auf neuen Wegen“ setzt sich die systematische Erforschung von industriell relevanten Biokatalysatoren aus Mikroorganismen zum Ziel. Beim Cluster „CLIB 2021“ soll mit Hilfe der Biotechnologie die Transformation der chemischen Industrie weg von petrochemischen hin zu nachwachsenden Rohstoffen nachhaltig unterstützt werden.

Im Mittelpunkt des Clusters „Biopolymere/Biowerkstoffe“ steht die Vernetzung von Biotechnologie-Branche, chemischer Industrie und Kunststoffproduktion, um gemeinsam die Entwicklung biologischer Werkstoffe in den Anwenderbereichen Automobilbau, Verpackung

sowie Bauindustrie voranzutreiben. Die insgesamt 54 Unternehmen wollen dabei gemeinsam mit mehr als 20 Forschungseinrichtungen aus den unterschiedlichsten Fachrichtungen neue Wege aufzeigen, wie sich eine industrielle Produktion abseits von fossilen Rohstoffen realisieren lässt.

Im Zentrum der Cluster-Initiative „Industrielle Prozesse mit biogenen Building Blocks und Performance Proteinen“ (IBP) steht die Etablierung eines neuen Bioaffinerie-Konzeptes, mit dem sich Biomasse mit Holz- und Faserbestandteilen (Lignocellulose) stofflich effizient in industriell verwertbare Zwischen- und Endprodukte umwandeln lässt. Die Clusterinitiative „Integrierte BioIndustrie“ schließlich verfolgt das langfristige Ziel, ein international sichtbares Exzellenzzentrum der industriellen Biotechnologie aufzubauen, das sich inhaltlich auf die Bereiche Enzymkatalyse, mikrobielle Stoffproduktion sowie Aufreinigungsprozesse in Bioreaktoren konzentriert.

Helmholtz-Gemeinschaft: 24 Millionen Euro für Systembiologie

Die Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren startet eine Initiative zur Systembiologie und fördert das Vorhaben bis 2011 mit 24 Millionen Euro aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds. Die Initiative bildet ein Netzwerk aus Helmholtz-Zentren, Hochschulen und weiteren externen Partnern, die noch einmal eigene Mittel in ähnlicher Höhe investieren. Langfristiges Ziel ist es, die Ursachen komplexer Erkrankungen zu erforschen und neue Therapieansätze zu entwickeln.

Mit der zentrenübergreifenden und interdisziplinären Initiative sollen zelluläre Vorgänge systemisch aufgeklärt werden, um besser zu verstehen, wie zum Beispiel Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems, des Nervensystems oder

Krebs entstehen. „Gerade durch die enge Verbindung mit den Hochschulen wird die Initiative über die Grenzen der Helmholtz-Gemeinschaft zu einer Stärkung der Systembiologie in ganz Deutschland beitragen. Langfristig sollen die Ergebnisse in Diagnose, Prävention und Therapie vieler Volkskrankheiten einfließen“, so Prof. Dr. Jürgen Mlynek, Präsident der Helmholtz-Gemeinschaft.

Die Systembiologie ist eine noch junge Disziplin, die versucht, biologische Prozesse in ihrer Gesamtheit zu verstehen. „Auf diese Weise soll ein zusammenfassendes Bild über die Vorgänge auf allen Ebenen entstehen, vom Genom zum Proteom, von den Organellen bis zum Gesamtorganismus“, erklärt Prof. Dr. Otmar Wiestler, Helmholtz-Vizepräsident für Gesundheit und Stiftungsvorstand des Deutschen Krebsforschungszentrums (DKFZ). Die Systembiologie nutze dabei vor allem mathematische Modelle und Computersimulationen für die Erfassung biologischer Prozesse.

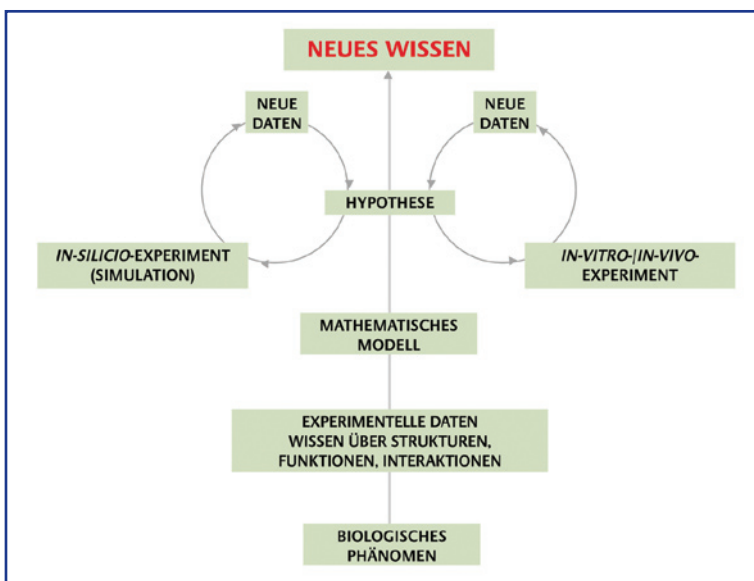
Die Bandbreite an geförderten Themen ist sehr groß. Schwerpunkte sind zum Beispiel:

- Signalübertragungsprozesse von Krebszellen,
- molekulare Grundlagen bei neurodegenerativen und Herz-Kreislauf-Erkrankungen,
- Einfluss von Schadstoffen auf den Zellstoffwechsel,
- Rolle nicht-kodierender RNA in regulatorischen Netzwerken,
- Struktur und Funktion von Nervenverbindungen im Gehirn, Modellierung von Hirnfunktionen.

Das Netzwerk stellt Ausbildungsmöglichkeiten für den Nachwuchs sowie Technologieplattformen für alle Partner bereit. An der von Prof. Dr. Roland Eils, Abteilungsleiter am DKFZ, geleiteten Initiative sind neben universitären und anderen Partnern folgende Helmholtz-Zentren beteiligt: Deutsches Krebsforschungszentrum, GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Max-Delbrück-Centrum Berlin-Buch, Forschungszentrum Jülich, Forschungszentrum Karlsruhe, Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung.

Die Initiative Systembiologie gehört zu den Leistungen der Helmholtz-Gemeinschaft im Rahmen des Pakts für Forschung und Innovation, um Exzellenz zu steigern und die Vernetzung mit Hochschulen auszubauen.

Der Prozess der Wissenserzeugung in der Systembiologie (Abb.: BMBF).



Trendbarometer Förderungen

- Die Helmholtz-Gemeinschaft wird die Allianzen „Physik an der Teraskala“ zur Erforschung der **Kräfte kurz nach dem Urknall** (Teilchenphysiker aus zwei Helmholtz-Zentren, dem Deutschen Elektronen-Synchrotron DESY und dem Forschungszentrum Karlsruhe, mit Kollegen aus insgesamt 17 Universitäten und dem Münchner Max-Planck-Institut für Physik) sowie „Mem-Brain“ zur Erforschung **keramischer Membranen**, die in Kohlekraftwerken die Emissionen von Schadstoffen und Kohlendioxid senken (Forschungszentrum Jülich, GKSS-Forschungszentrum, DESY, Hahn-Meitner-Institut, mit Universitäten, Forschungseinrichtungen und Industrie) mit bis zu 40 Millionen Euro aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds fördern. Dabei stocken die beteiligten Zentren die Fördersumme aus eigenen Mitteln um die gleiche Summe auf.
- Das Bundesministerium für Forschung und Entwicklung (BMBF) fördert das **systembiologische Kompetenznetzwerk HepatoSys** weitere drei Jahre mit 22 Millionen Euro. Langfristiges Ziel der deutschlandweit über 30 Arbeitsgruppen sind mathematische Modelle, die physiologische Prozesse von Leberzellen „in silico“ nachvollziehen können. Darunter verstehen Systembiologen die computergestützte Modellierung von experimentell gewonnenen Daten.
- Die Neurologische Universitätsklinik Tübingen erhält vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 1,1 Millionen Euro zur Gründung von gleich zwei interdisziplinären Verbänden zur Erforschung **kognitiver Störungen des Menschen**. Derzeit werden deutschlandweit sieben solcher Forschungsverbände unterstützt.
- Im Max-Planck-Institut (MPI) für neurologische Forschung in Köln steht der leistungsstärkste Kernspintomograph Europas. Seine moderne Bildgebungstechnik ermöglicht es, die **Arbeit von Nervenzellen im Gehirn** in einer bisher ungekannten Präzision zu analysieren. Mit dem 11,7 Tesla starken Kernspintomographen können auch sehr schwache Signale gemessen werden. Damit eröffnen sich neue Wege zu Diagnostik und Therapie neurologischer Erkrankungen, insbesondere des Schlaganfalls.
- Das Ministerium für Innovation, Wissenschaft, Forschung und Technologie des Landes Nordrhein-Westfalen fördert mit 500 000 Euro die neue Kompetenzplattform „**Polymere Materialien**“ an der Fachhochschule Aachen. Neben „Energie und Umwelt“, „Bioengineering“ und „Synergetic Automotive/Aerospace Engineering“ ist dies dort bereits die vierte vom Land bewilligte Kompetenzplattform. Die Forscher arbeiten an der Entwicklung polymerer Hochleistungswerkstoffe, intelligenter Polymermaterialien und hochselektiver Analysemethoden sowie an der Materialentwicklung auf Basis nachwachsender Rohstoffe und dem Einsatz polymerer Materialien in der Medizin.

Neue Multi-Laser-Quelle

Olympus präsentiert für sein weltweit führendes konfokales Laser-Scanning-Mikroskop (cLSM) FV1000 eine neue Multi-Laser Plattform. Dem Anwender steht dadurch ein noch größerer Wellenlängenbereich für die hochauflösende, konfokale Beobachtung lebender Zellen zur Verfügung.

Die Multi-Laser Plattform von Olympus unterstützt bis zu sechs Dioden- und Gaslaser für einen großen Wellenlängenbereich von nahem UV bis Rot. Derzeit sind Diodenlaser mit Wellenlängen von 405, 440, 473, 559 und 635 nm und Multi-Argon-Gaslaser sowie grüne beziehungsweise orange Helium-Neon-Laser mit 457, 488, 514,5, 543 und 594 nm erhältlich.

Über die breitbandige computergesteuerte AOTF-Technologie (Acousto-Optic Tunable Filter) und das neuartige Breitband-Glasfaser-Lichtleiter-System kann die Laser-Plattform einen enormen Wellenlängenbereich, 400 bis 650 nm, zur konfokalen Scan-Einheit des FV1000 filtern und übertragen. Mittels AOTF lassen sich innerhalb von Mikro-



sekunden die verfügbaren Laserlinien unabhängig voneinander auswählen, um sie aus- oder einzukoppeln beziehungsweise ihre Intensität flexibel zu modulieren.

Eine erweiterte Version der Multi-Laser Plattform wurde entwickelt, um alle verfügbaren Laserlinien gleichzeitig dem konfokalen Hauptscanner und einem optionalen Zweit-Scanner (SIM Scanner) bereitzustellen zu können. Dadurch wird die Flexibilität und Funktionalität des FV1000 mit SIM Scanner für zahlreiche Anwendungen, wie zum Beispiel Fluorescence Resonance

Energy Transfer (FRET), Fluorescence Loss In Photobleaching (FLIP) und Fluorescence Recovery After Photobleaching (FRAP), beträchtlich gesteigert.

Anwendern, die bereits mit dem FV1000 arbeiten, werden, dank des modularen Systemdesigns, die Upgrade-Möglichkeiten für die neue Multi-Laser Plattform angeboten.

Olympus Deutschland GmbH
20097 Hamburg
Tel 040 23773 4612
Fax 040 2308 17
www.olympus.de

Neue Planeten-Kugelmühle – kraftvoll, sicher, vielseitig

Die Retsch Planeten-Kugelmühlen überzeugen durch Leistung, Vielseitigkeit, Sicherheit und einfache Bedienung. Sie sind nicht nur für die



klassischen Misch- und Mahlprozesse bis in den Submikronbereich geeignet, sondern werden auch häufig für Kolloidvermahlungen und zum mechanischen Legieren eingesetzt. Neben den Tischgeräten mit einer beziehungsweise zwei Mahlstellen bietet Retsch auch ein Standgerät an, die PM 400 mit vier Mahlstellen.

Die neue PM 400 hat einen frei wählbaren Drehzahlbereich von 30 bis 400 min^{-1} in Verbindung mit einem wirksamen Sonnenraddurchmesser von 300 mm. Dies garantiert einen hohen Energieeintrag und damit Analysenfeinheiten in kürzester Zeit.

Der Startzeitpunkt der Zerkleinerung lässt sich voreinstellen, so dass der Mahlprozess problemlos über Nacht gestartet werden kann.

Sollte es während des Betriebs zu einem Stromausfall kommen, speichert die PM 400 alle Parameter bis zu diesem Zeitpunkt ab, unter anderem auch die Restlaufzeit. Ohne diese Informationen müsste die Probe verworfen und

der gesamte Zerkleinerungsprozess erneut durchgeführt werden.

Sämtliche Mahlparameter werden über einen einzigen Knopf eingestellt, ein Grafikdisplay zeigt die aktuellen Einstellungen an. Es können bis zu 10 Parameterkombinationen gespeichert werden.

Der leicht zugängliche Mahlraum der PM 400 ist schallgeschützt und mit einem kräftigen Lüfter ausgestattet, der auch die Mahlbecher kühlt.

Die Mahlbecher „comfort“ sind absolut staubdicht, einfach im Handling und in sieben Größen (12 – 500 ml) und sechs Werkstoffen erhältlich.

Retsch GmbH
42781 Haan
Tel 02129 5561 155
Fax 02129 5561 213
www.retsch.com

ANALYSEN

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

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

ARBEITSSCHUTZARTIKEL



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

CHEMIKALIEN



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

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

DEUTERIUMLAMPEN



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

DICHTUNGSSCHEIBEN AUS GUMMI MIT AUFVULKANISIERTER PTFE-FOLIE

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

FTIR-SPEKTROMETER-ZUBEHÖR



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

GEFRIERTROCKNER

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

GEFRIERTROCKNUNGSANLAGEN



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



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

HOHLKATHODENLAMPEN



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

KÜHL- UND TIEFKÜHLGERÄTE



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



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

KÜVETTEN

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

LABORCHEMIKALIEN



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

LABOREINRICHTUNGEN



Köttermann
Systemlabor

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

LABOREINRICHTUNGEN

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

LABORHILFSMITTEL



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

LABOR-SCHLÄUCHE UND -STOPFEN AUS GUMMI

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

LABORZENTRIFUGEN, KÜHLZENTRIFUGEN



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



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



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

LEITFÄHIGKEITS-MESSGERÄTE



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

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

MIKROSKOPE



hund
WETZLAR

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

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

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

OPTISCHE TAUCHSONDEN

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

PARTIKELANALYSE



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

PH-MESSGERÄTE



HANNA
instruments
Deutschland GmbH

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

REINIGUNGSMITTEL FÜR LABORGLAS



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

SAUERSTOFF-MESSGERÄTE



HANNA
instruments
Deutschland GmbH

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

STERILISATOREN

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

TEMPERATUR-MESSGERÄTE

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



TEMPERATUR-MESSGERÄTE



HANNA
instruments
Deutschland GmbH

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

THERMOMETER

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



VAKUUMKONZENTRATOREN

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

CLB-Geschichte

Forts. von Umschlagseite 3

Das Atom als Energiequelle

9

Einsaugen erhalten die Atome wie ein infolge der Gravitation auf die Erde fallender Stein kinetische Energie, die sie durch Stöße den anderen Atomen des Haufens mitteilen, so daß also der Haufen langsam aufgeheizt wird. Diese Temperaturerhöhung geht so lange weiter, bis unsere Kernprozesse auftreten und den Materiehaufen immer schneller höher heizen. Ein ungefähres Gleichgewicht stellt sich schließlich durch die nunmehr einsetzende und dauernd wachsende thermische Ausdehnung und die Ausstrahlung ein.

So sind es also zwei Arten von Prozessen, die für die Energieerzeugung in Sternen verantwortlich sind und die im Atom selbst — in der gravitierenden Masse und in der Lagerungs- oder potentiellen Energie der Kernbausteine — ihren Ursprung haben.

Die „Atomenergie“

Ich würde mein Thema nicht erschöpfen, wenn ich nicht zum Schluß noch auf jene „Atomenergie“ eingehen würde, die wir bereits heute im Laboratorium nutzbar machen können, und die zuerst den zu weit greifenden Namen erhalten hat. Hier beruht die Energieerzeugung auf der Spaltung der schwersten Kerne, also etwa des Urans. Wenn wir einen Urankern, und zwar den eines besonderen Uranisotops mit dem Atomgewicht 235, das im natürlichen Uran nur zu 0,7% vorhanden ist, mit einem Neutron beschießen, dessen Energie nicht größer als die eines Luftmoleküls bei Zimmertemperatur zu sein braucht, zerbricht dieser Kern in zwei etwa gleich große Stücke. Das Zerbrechen kommt allerdings mehr dem Zerspringen einer Bombe gleich: die beiden Bruchstücke fliegen mit ungeheurer Energie auseinander und „heizen“ dadurch die Materie, in die das Uran eingebettet ist. 24 Millionen Kilowattstunden können auf diese Weise bei der „Verbrennung“ von 1 Kilogramm Uran 235 gewonnen werden; viele Kunstgriffe müssen angewendet werden, wenn der Prozeß zu einem „Brenner“ und nicht zu einer „Bombe“ werden soll.

*

Wenn wir noch einmal zurückblicken, so sehen wir deutlich, wie alle Energie der Lageänderung von Elementarteilchen in atomaren oder subatomaren (Atomkern) Gebilden, oder in einem früheren Stadium der Weltentwicklung der allgemeinen Massenanziehung oder Gravitation entspringt. Seit Milliarden von Jahren gestaltet subatomare Energie den Kosmos, ihr kompliziertestes Geschöpf ist der Mensch. Seit Jahrtausenden baut und zerstört der Mensch mit atomarer Energie Kulturen und Epochen, seit einem Jahrzehnt hat er den Zugang zur kosmischen Macht der subatomaren Energie. Prometheus raubte den Göttern das Feuer; die Physiker haben ihnen ein sehr viel gefährlicheres Zündholz entwendet, Prometheus wurde an den Felsen geschmiedet, weil die Menschen sein Geschenk nicht zum Guten zu nutzen wußten. Werden wir Heutigen das Feuer der Kernenergie besser zu nutzen wissen? Es wäre müßig, die Physiker an die Klippen schmieden zu wollen; wir sitzen alle in einem Boot und dieses ist die ganze Erde.

Sauerstoff- und Stickstoffmolekülen. Wir erinnern noch einmal daran: ein Molekül ist eine Verbindung von mehreren, in unserem Fall zwei Atomen; also zwei Sauerstoffatome haben sich zu einem Sauerstoffmolekül, zwei Stickstoffatome zu einem Stickstoffmolekül vereinigt. In jedem Kubikmeter Luft sind etwa 10^{25} — das ist eine 1 mit 25 Nullen — solcher Moleküle enthalten; sie schwirren durcheinander wie die Bienen in einem Bienenschwarm, sie stoßen zusammen und stoßen gegen die Wände des Raumes. Sie haben also eine Geschwindigkeit und damit „kinetische Energie.“ Die Wärmeenergie eines Gases — ebenso die eines flüssigen oder festen Körpers — ist somit nichts anderes als die gesamte kinetische Energie seiner Moleküle. Je größer die kinetische Energie der Moleküle ist, desto höher ist die Temperatur des Körpers und umgekehrt. Wir haben damit die für alle weiteren Betrachtungen fundamentale Proportionalität zwischen Temperatur und mittlerer kinetischer Energie der Moleküle kennengelernt. Ich sage „mittlere kinetische Energie“, weil nicht alle Moleküle die gleiche Energie haben, es gibt schnellere und langsamere. Durch die gegenseitigen Stöße werden sie aber ihre Energie immer so ausgleichen, daß sie sich um einen mittleren Wert gruppiert. Hat allerdings ein Molekül eine erheblich höhere Energie, als diesem Mittelwert entspricht, so wird es bei den Stößen seine Energie an die große Masse der Moleküle abgeben, deren mittlere Energie und damit die Temperatur des Körpers erhöhen.

Und damit sind wir nun beim zentralen Punkt unserer Betrachtungen angelangt. Wenn es uns gelingt, einzelne Moleküle oder Atome mit besonders großer kinetischer Energie zu erzeugen, so werden diese das Gas — wir wollen in unsere Betrachtungen der Einfachheit halber nur Gase einbeziehen, für Flüssigkeiten und feste Körper gelten ganz analoge Überlegungen — „aufheizen“, seine Temperatur erhöhen, oder, wie man zu sagen pflegt, „Wärme erzeugen“. Da alle unsere Energiequellen — wie wir oben sahen — letzten Endes „Verbrennungsmaschinen“ sind, also Wärmekraftmaschinen, in denen „Wärme erzeugt“ wird, ziehen wir den Schluß, daß beim Verbrennungsvorgang Atome und Moleküle so hohe kinetische Energie erhalten, daß sie in der geschilderten Weise das ganze Gas aufzuheizen vermögen.

Sehen wir zu, wie sich der Verbrennungsvorgang abspielt. Wir wählen ein einfaches Beispiel, nämlich die Verbrennung von Leuchtgas. Leuchtgas enthält zu 50% Wasserstoffgas, weshalb wir uns auf die Betrachtung dieses Bestandteils beschränken können. Der andere „Reaktionspartner“

ist Sauerstoff, der aus der Luft in genügender Menge zur Verfügung steht. Nehmen wir also ein solches Gemisch von Wasserstoff und Sauerstoff; dann werden Wasserstoff- und Sauerstoffmoleküle zusammenstoßen und es passiert zunächst gar nichts. Wir müssen erst ein „Zündholz“ haben, das die Energie der Wasserstoff- und Sauerstoffmoleküle etwas erhöht; dann werden plötzlich die Wasserstoff- und Sauerstoffmoleküle miteinander reagieren. Bei der größeren Energie des Zusammenpralls werden die Elektronenhüllen der Moleküle ineinander eindringen, es finden Umlagerungen statt und es bilden sich zwei neue Moleküle, nämlich ein Wassermolekül und ein Sauerstoffatom. Diese beiden werden aber mit einer gegenüber der kinetischen Energie vor dem Zusammenprall 60 mal größeren kinetischen Energie auseinanderfliegen und damit sind wir am Ziel: Übertragung der kinetischen Energie auf das ganze Gas, also Erwärmung solange die Verbrennungsreaktion dauert. Wegen der Erwärmung können wir das „Zündholz“ wegnehmen, die „Verbrennung“ läuft allein weiter bis aller Wasserstoff oder Sauerstoff (je nach Überschuß) verbraucht ist.

Wir wissen, daß eine solche Verbrennung „regelt“ oder „explosionsartig“ verlaufen kann. Es ist nur eine Frage unseres technischen Geschicks, ob der Prozeß in der einen oder anderen Weise verläuft.

Wenn wir eine Verbrennung betrachten, so sehen wir Leuchterscheinungen. Bei der Umlagerung in den Elektronenhüllen entsteht also nicht nur Energie in Form von kinetischer Energie der Reaktionspartner, sondern auch Strahlungsenergie; wir werden später diese beiden Formen wiederfinden.

Fassen wir noch einmal zusammen: Beim Verbrennungsvorgang stoßen zwei Atome oder Moleküle zusammen. Während der Dauer ihrer engsten Berührung finden Umgruppierungen und damit verbunden Umlagerungen in den Elektronenhüllen statt. Bei dieser Umlagerung verwandelt sich Lagerungs- oder potentielle Energie in kinetische Energie der nach dem Zusammenstoß auseinanderfliegenden Atome bzw. Moleküle. Diese kinetische Energie nach dem Stoß beträgt ein Vielfaches derjenigen vor dem Stoß. Dieser hohe Überschuß an kinetischer Energie überträgt sich auf die Molekülgasamtheit — das Gas — und tritt als Erwärmung — Temperaturerhöhung — in Erscheinung. Das erwärmte Gas kann eine Wärmekraftmaschine betreiben; Quelle der Energie ist aber das Atom und zwar, hier, beim Verbrennungsvorgang, die Lagerungsenergie der Elektronenhülle.

Wir können daher mit vollem Recht behaupten, daß wir unsere Öfen mit Atomenergie heizen, daß unsere Hausfrauen mit Atomenergie kochen, daß wir unsere Automobile und Kraftmaschinen mit Atomenergie betreiben; und unsere Graecisten könnten, ohne einen Fehler zu begehen, in den von ihnen herausgegebenen Sagen des klassischen Altertums berichten, daß Prometheus vom Olymp die Atomenergie geraubt hätte.

Die Kernenergie

Die Energieerzeugungsprozesse, die wir bisher kennengelernt haben, waren Umlagerungsprozesse in der Elektronenhülle des Atoms. Nun besitzt aber unser Atom auch einen Kern, der aus mehr oder weniger Protonen und Neutronen aufgebaut ist, und wir werden uns mit Recht die Frage vorlegen, ob nicht bei inneren Umlagerungsvorgängen beim Zusammenstoß von Atomkernen ebenfalls Energie frei werden kann. Die so gewonnene Energie müßte naturgemäß ebenfalls als „Atomenergie“ bezeichnet werden, wäre aber schärfer als subatomare oder Kernenergie zu benennen.

Dies ist nun in der Tat so. Aber ebenso wie ein Gemisch von Wasserstoff und Sauerstoff bei Zimmertemperatur nicht zu brennen anfängt, weil die Energie, mit der Wasserstoffmoleküle und Sauerstoffmoleküle zusammenstoßen, nicht zu einer Durchdringung der Elektronenhüllen ausreicht, reichen normale Temperaturen nicht aus, um Kernreaktionen in Gang zu bringen.

Wir betrachten wieder ein einfaches Beispiel. Zwei Wasserstoffatome, bestehend aus Kern = 1 Proton und Hülle = 1 Elektron, sollen zusammenstoßen. Selbst wenn ihre kinetische Energie den höchsten im Laboratorium erzeugbaren Temperaturen entspräche, würden die Kerne nicht einmal „Tuchföhlung“ nehmen wegen der starken Abstoßungskraft, die die beiden Protonen voneinander fernhält. Erst bei Temperaturen von 20000000 Grad würden genügend Wasserstoffatome — oder sagen wir jetzt besser Protonen, weil sie ihre Elektronen bei so hohen Temperaturen längst verloren haben —, würden also genügend Wasserstoffkerne eine so große Energie besitzen, daß eine enge Vereinigung zustande käme. Durch eine Art Umlagerungsprozeß würde in dem Compoundgebilde Energie freigesetzt in der Weise, daß wieder zwei Partner mit viel größerer kinetischer Energie als vor dem Zusammenstoß auseinanderfliegen würden. In dem betrachteten Beispiel würde der Umlagerungsprozeß sich so ab-

spielen, daß aus den beiden Protonen ein schwerer Wasserstoffkern und ein positives Elektron hoher Energie entstehen.

Vergleichen wir nun einmal den Energiegewinn bei dem Hüllenprozeß und dem Kernprozeß, so finden wir: 1 Kilogramm Knallgas (1 Teil Wasserstoffgas, 8 Teile Sauerstoffgas) liefert eine Energie von 8 Kilowattstunden, während 1 Kilogramm Wasserstoff nach der obigen Kernreaktion „verbrannt“ eine Energie von 30000 Kilowattstunden liefern würde. Dabei ist diese Reaktion die schlechtest denkbare: Die Reaktion, bei der wir einen Lithiumkern und einen Wasserstoffkern vereinigen und nach der Umlagerung zwei Heliumkerne hoher kinetischer Energie erhalten, würde zum Beispiel 60 Millionen Kilowattstunden pro Kilogramm eines Gemisches aus etwa 7 Teilen Lithium und 1 Teil atomarem Wasserstoff erzeugen. Ganz allgemein können wir feststellen, daß bei solchen subatomaren Energieerzeugungsprozessen viele Millionen mal so viel Energie entsteht wie bei den Prozessen in der Elektronenhülle des Atoms.

Kernprozesse in den Sternen

Derartige Prozesse spielen sich in großem Maßstab in den Sternen ab, sie sind die Energiequellen unserer Sonne. Sie heizen die Sonne und sorgen dafür, daß sie über Jahrtausende ihre lebenspendenden Strahlen in den Weltraum schießt. Sie sind also letztlich auch unsere ausschließlichen Energiequellen, denn Kohle und Öl, deren wir uns als Brennstoffe bedienen, sind nichts anderes als über geologische Zeiträume konservierte Sonnenstrahlung.

Wir haben gehört, daß die Prozesse an Atomkernen erst bei außerordentlich hohen Temperaturen — wie sie im Inneren von Sternen herrschen — wirksam werden; diese müssen also erst einmal vorhanden sein. Wo aber ist das „Zündholz“, das unser Wasserstoffgas auf so hohe Temperaturen bringt? Auch hier wird die Antwort so lauten, daß das Atom selbst die Energiequelle ist.

Denken wir uns am Anfang das All und gleichmäßig darin verteilt Protonen und Elektronen, die uns bekannten Elementarteilchen. Sie werden sich zu Wasserstoffatomen vereinigen und den Raum gleichmäßig erfüllen. Tritt nunmehr an einer Stelle durch eine Schwankung eine etwas höhere Dichte unseres Wasserstoffgases auf, so wird infolge der Gravitation, einer der Masse unserer Atomkerne innewohnenden Eigenschaft, in diese Verdichtung immer mehr Wasserstoff eingesaugt werden. Bei diesem

Gesicherte Analyseergebnisse durch kontrollierte Bedingungen

Wesentliche Entscheidungen und Maßnahmen auf dem Gebiet des Umweltschutzes stützen sich auf Messergebnisse, die durch chemische, physikalische und biologische Analyseverfahren gewonnen werden. Für gesicherte Ergebnisse sind Untersuchungen unter kontrollierten Bedingungen unverzichtbar. Dies gilt insbesondere für

- ▶ Probenahme und –Probenkonservierung
- ▶ Probentransport und –lagerung
- ▶ Probenvorbereitung und –aufbereitung
- ▶ Messung sowie
- ▶ Ergebnisauswertung und Ergebnisdarstellung.

Seit Jahren anerkannte Wissensquelle

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 analysetechnische Informationen zu Normen zur Verbesserung der Ergebnisqualität
- ▶ Empfehlungen und Leitlinien aus der Hand der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).
- ▶ Zahlreiche übersichtliche und checklistenartige Darstellungen



AQS-Merkblätter

für die Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung

Herausgegeben von der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)

Loseblattwerk, 442 Seiten, EUR (D) 76,- (inkl. 7% USt. und zzgl. Versandkosten), ca. 1 Ergänzungslieferung pro Jahr
ISBN 978 3 503 03197 9

Weitere Informationen online unter [www.ESV.info/978 3 503 03197 9](http://www.ESV.info/978_3_503_03197_9)

Bestellungen bitte an den Buchhandel oder direkt an:

Erich Schmidt Verlag GmbH & Co.
Genthiner Str. 30G, 10785 Berlin
Fax 030/25 00 85-275

ESV

ERICH SCHMIDT VERLAG

www.ESV.info

E-Mail: ESV@ESVmedien.de